

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня
магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: “Удосконалення організації та управління перевезеннями
дрібнопартійних вантажів автотранспортом підприємства ТОВ «NTN»”

Виконав: студент 6 курсу, групи МНм-61
спеціальності 275 Транспортні технології
(на автомобільному транспорті)
(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Константюк М. М. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Бабій М.В. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Плекан У.М. (прізвище та ініціали)
Зав. кафедри	(підпис)	Цьонь О.П. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Сташків М.Я. (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

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

«14» листопада 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 275 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)
(шифр і назва спеціальності)

студенту Константюку Михайлу Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення організації та управління перевезеннями дрібнопартійних вантажів автотранспортом підприємства ТОВ «NTN»

Керівник роботи Бабій М.В., к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «14» листопада 2025 року № 4/7-971

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Маршрутна мережа доставки вантажів

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Значення автомобільного вантажного транспорту в системі доставки вантажів.

2. Оцінювання ефективності функціонування ТОВ «TNT».

3. Методи раціональної побудови та організації процесу вантажних перевезень. 4. Застосування евристичних алгоритмів у задачах організації доставки дрібнопартійних вантажів.

5. Застосування методу Кларка–Райта для оптимізації системи дрібнопартійних перевезень

ТОВ «TNT». 6. Розроблення робочого плану маршрутів доставки вантажів.

7. Науково-практичне обґрунтування системи доставки вантажів ТОВ «TNT».

8. Аналіз виробничих факторів. 9. Правила безпека в надзвичайних ситуаціях для водіїв транспортних засобів.

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Безпека в надзвичайних ситуаціях			

7. Дата видачі завдання 14.11.2025 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розділ 1. Теоретичні основи функціонування ринку автомобільних вантажних перевезень	28.11.2025 р.	
2	Розділ 2. Методичні підходи та практичні засоби підвищення результативності автомобільних вантажних перевезень	05.12.2025 р.	
3	Розділ 3. Маршрутне планування доставки вантажів і організація руху транспорту	12.12.2025 р.	
4	Розділ 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	15.12.2025 р.	
5	Загальні висновки	17.12.2025 р.	
6	Перелік посилань	18.12.2025 р.	

Студент

(підпис)

Константюк М. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Бабій М.В.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИНКУ АВТОМОБІЛЬНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	
1.1. Значення автомобільного вантажного транспорту в системі доставки вантажів	8
1.2. Оцінювання ефективності функціонування ТОВ «TNT»	12
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	
2.1. Методи раціональної побудови та організації процесу вантажних перевезень	23
2.2. Застосування евристичних алгоритмів у задачах організації доставки дрібнопартійних вантажів	32
2.3. Методи побудови маршрутів доставки дрібнопартійних вантажів	44
РОЗДІЛ 3. МАРШРУТНЕ ПЛАНУВАННЯ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ І ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ ТРАНСПОРТУ	
3.1. Застосування методу Кларка–Райта для оптимізації системи дрібнопартійних перевезень ТОВ «TNT»	53
3.2. Розроблення робочого плану маршрутів доставки вантажів	60
3.3 Науково-практичне обґрунтування системи доставки вантажів ТОВ «TNT»	66
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	
4.1. Аналіз виробничих факторів	70
4.2. Правила безпека в надзвичайних ситуаціях для водіїв транспортних засобів	73
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	78
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	80

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню організації та управління перевезеннями дрібнопартійних вантажів автотранспортом підприємства ТОВ «NTN». Актуальність теми зумовлена високою часткою автомобільного транспорту у структурі вантажних перевезень, значним впливом транспортної складової на собівартість продукції та зростанням вимог клієнтів до швидкості, надійності й якості логістичного сервісу, зокрема в сегменті експрес-доставки та дрібнопартійних відправлень.

Об'єктом дослідження є процес автомобільних вантажних перевезень дрібнопартійних вантажів, а предметом – організаційно-технологічні та управлінські рішення щодо побудови маршрутів і планування роботи рухомого складу в умовах функціонування підприємства ТОВ «NTN».

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності системи дрібнопартійних перевезень шляхом удосконалення організації єдиного технологічного процесу доставки вантажів і застосування сучасних методів маршрутизації.

Для досягнення поставленої мети розв'язано такі основні завдання: проаналізовано роль і місце автомобільного вантажного транспорту в системі доставки вантажів та сучасні тенденції розвитку ринку експрес-доставки; виконано оцінювання ефективності функціонування ТОВ «TNT» з урахуванням структури автопарку, просторової організації мережі представництв і конкурентного середовища; узагальнено методичні підходи до формування єдиного технологічного процесу автомобільних перевезень; систематизовано логістичні схеми міжміських дрібнопартійних перевезень; проаналізовано евристичні алгоритми маршрутизації (метод Кларка–Райта, Фішера–Якумара, Коскосідіса–Пауелла) та обґрунтовано вибір підходів для умов досліджуваного підприємства.

У роботі використано методи системного й логістичного аналізу, економіко-статистичні методи, елементи теорії транспортних процесів та математичного програмування, а також евристичні алгоритми розв'язання задач розвезення дрібнопартійних вантажів. Інформаційну базу становлять дані про діяльність ТОВ «TNT» (структура автопарку, мережа представництв, характеристики ринку експрес-доставки), а також нормативно-правові документи та наукові публікації у сфері транспортної логістики.

Наукова новизна роботи полягає в подальшому розвитку методичних підходів до організації дрібнопартійних перевезень на основі інтеграції логістичних схем доставки з евристичними методами маршрутизації. На прикладі ТОВ «TNT» адаптовано й застосовано алгоритм, побудований на методі Кларка–Райта, для формування розвізних і маятникових маршрутів із урахуванням неоднорідності автопарку та просторової структури клієнтської мережі. Це дало змогу сформулювати раціональний набір маршрутів із закріпленням за ними транспортних засобів відповідної вантажопідйомності та режимів роботи.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що запропоновані підходи до організації єдиного технологічного процесу доставки вантажів та удосконалений алгоритм маршрутизації можуть бути використані ТОВ «NTN» та іншими автотранспортними підприємствами, які спеціалізуються на перевезенні дрібнопартійних вантажів, для зменшення загального пробігу, підвищення коефіцієнта використання вантажопідйомності рухомого складу, зниження експлуатаційних витрат і підвищення якості логістичного сервісу. Матеріали роботи можуть також застосовуватися у навчальному процесі при підготовці фахівців з транспортних технологій та логістики.

ВСТУП

Сфера автомобільних перевезень належить до ключових компонентів підприємницької діяльності, оскільки практично кожен суб'єкт господарювання у процесі функціонування потребує систематичного транспортування сировини, матеріалів, комплектуючих виробів і готової продукції. Забезпечення цих перевезень здійснюється як за рахунок експлуатації власного парку транспортних засобів, так і шляхом залучення послуг спеціалізованих автотранспортних підприємств та логістичних операторів. Від організації роботи автомобільного транспорту, рівня його технічного стану, оптимальності маршрутних схем та ефективності управління перевізним процесом значною мірою залежить стабільність виробничо-збутової діяльності підприємств та їх конкурентоспроможність на ринку.

Розвинена транспортна система держави є однією з фундаментальних характеристик її технологічного та економічного поступу. В умовах активної інтеграції України до європейського й світового економічного простору зростають вимоги до якості, доступності та надійності транспортних послуг. Сучасна транспортна інфраструктура має не лише задовольняти внутрішні потреби національної економіки, а й забезпечувати ефективну участь країни у міжнародному поділі праці, формувати передумови для реалізації транзитного потенціалу, розвитку міжнародної кооперації та залучення інвестицій. Саме тому високорозвинена, збалансована та технологічно сучасна транспортна система розглядається як базис для повноцінного входження України до світового співтовариства та зайняття нею позицій, що відповідають рівню економічно розвиненої держави.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ РИНКУ АВТОМОБІЛЬНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1. Значення автомобільного вантажного транспорту в системі доставки вантажів

За статистичними оцінками, щодоби автомобільним транспортом перевозяться мільйони тонн вантажів, що підтверджує його ключову роль у забезпеченні внутрішньогосподарських, регіональних та міжрегіональних зв'язків. У сфері автомобільних перевезень зосереджено переважну більшість ліцензованих суб'єктів транспортної діяльності – понад дев'ять десятих від їх загальної кількості. У комерційних та некомерційних вантажних і пасажирських автомобільних перевезеннях задіяно десятки тисяч господарюючих суб'єктів, діяльність яких розгортається в умовах високої внутрішньогалузевої та міжвидової конкуренції. В автотранспортних підрозділах підприємств різних галузей економіки працює значна кількість працівників, а частка зайнятих в автомобільному транспорті становить понад половину від загальної чисельності працюючих у транспортному комплексі (без урахування залізниць) [1]. Це свідчить про вагомий внесок галузі як у створення робочих місць, так і у формування валової доданої вартості.

В умовах пожвавлення реального сектору економіки автомобільний транспорт традиційно демонструє випереджальну динаміку зростання обсягів внутрішніх перевезень порівняно з іншими видами транспорту. Попит на вантажні автоперевезення формується під впливом двох ключових чинників: динаміки та структури змін обсягів промислового, аграрного, будівельного й торговельного виробництва в країні, а також рівня платоспроможності підприємств та організацій, що виступають замовниками транспортних послуг.

З огляду на це вантажні перевезення автомобільним транспортом можна розглядати як один з найбільш «ринкових» сегментів економіки, що чутливо реагує на коливання ділової активності. Практичний досвід підтверджує відому закономірність: зростання ринкової економіки супроводжується і значною мірою зумовлюється випереджальним розвитком автомобільного транспорту. Це пояснюється тим, що вантажопотоки, які виникають у процесі розширення ринків товарів і послуг, насамперед обслуговуються саме тим видом транспорту, який найбільш чутливо реагує на попит, має високу швидкість та гнучкість – автомобільним.

На відміну від багатьох інших видів транспорту, автомобільний транспорт відіграє дедалі важливішу роль і в міжнародних перевезеннях вантажів. Його переваги – висока маневреність, відносно велика швидкість доставки, можливість здійснення перевезень за схемою «від дверей до дверей» у прямому сполученні без додаткових перевантажень – роблять його особливо привабливим для учасників зовнішньоекономічної діяльності. Автомобільний транспорт став незамінною складовою змішаних (мультимодальних) перевезень, забезпечуючи підвезення вантажів до терміналів інших видів транспорту та їх розвезення кінцевим споживачам. Обсяги міжнародних автомобільних перевезень, виконаних вітчизняними та іноземними перевізниками, у докризові періоди щороку сягали мільйонів тонн, що відображено в офіційних статистичних даних [2].

На етапі становлення та розвитку ринкових відносин в Україні сформувалися об'єктивні передумови для прискореного розвитку автомобільного транспорту, що супроводжувалося зростанням його впливу на соціально-економічний розвиток держави. Для перевезень вантажів чітко проявилася тенденція, характерна для практики економічно розвинених країн: середні темпи зростання обсягів автомобільних вантажних перевезень є співставними, а часто й вищими за середні темпи економічного зростання, випереджаючи при цьому збільшення обсягів перевезень іншими видами транспорту.

Автомобільний транспорт фактично не має повноцінної альтернативи при перевезенні дороговартісних вантажів на малі та середні відстані, у транспортному забезпеченні роздрібної торгівлі, внутрішньовиробничої та міжскладської логістики, будівельної індустрії, агропромислового комплексу, а також малого й середнього бізнесу. Це підтверджується як значними обсягами перевезень, так і вагомою автотранспортною складовою у формуванні собівартості продукції окремих галузей економіки. Зокрема:

- у промисловості частка витрат на автомобільні перевезення становить щонайменше 15 %;

- у будівництві – сягає близько 30 %;

- у сільському господарстві та торгівлі – може досягати 40 % і більше.

У сукупності транспортні витрати, доповнені витратами на виконання навантажувально-розвантажувальних операцій та складське оброблення вантажів, становлять не менше 30 млрд грн на рік, що еквівалентно приблизно 6 % від валового внутрішнього продукту (ВВП) країни. Такий рівень витрат засвідчує надзвичайно високу значущість автомобільного транспорту як елемента логістичної інфраструктури та одночасно формує вагомі резерви для оптимізації витрат у ланцюгах постачання.

У процесі поглиблення міжнародної економічної інтеграції істотно зросло значення автомобільного транспорту й у зовнішній торгівлі. У загальній вартості зовнішньоторговельних вантажів, що перевозяться усіма видами транспорту, частка автомобільних перевезень, до яких, як правило, належить найбільш цінна та швидко реалізовувана продукція, є співставною з часткою залізничного та морського транспорту [1]. Це свідчить про зростання ролі автотранспорту у формуванні експортно-імпортних потоків та забезпеченні конкурентоспроможності національних виробників на зовнішніх ринках.

Водночас зазначений високий рівень автотранспортних витрат зумовлений не лише значним обсягом виконуваної роботи, а й недоліками в системі державного регулювання галузі. Недостатня узгодженість нормативно-правової бази, фрагментарність підходів до тарифоутворення, недосконалість механізмів

контролю якості транспортних послуг, відсутність цілісної стратегії розвитку автомобільних перевезень призводять до неефективного використання ресурсів, зростання собівартості перевезень та стримування інноваційного розвитку транспортних підприємств. Це підсилює актуальність наукових досліджень, спрямованих на оптимізацію організації вантажних автомобільних перевезень та вдосконалення інструментів регулювання і управління в автотранспортній галузі.

Автомобільний транспорт в Україні посідає дедалі вагомніше місце в загальній системі вантажних перевезень, виступаючи ключовою ланкою при забезпеченні внутрішньорегіональних та локальних транспортних зв'язків. Особливо доцільним його використання є на коротких та середніх відстанях, а також у разі доставки вантажів до залізничних станцій, річкових пристаней і морських портів, де автомобіль виконує функції підвізного та розвізного транспорту. Важливою сферою застосування автотранспорту є обслуговування місцевого й сільськогосподарського вантажообороту, де через розосередженість виробництва та споживання продукції інші види транспорту часто є економічно або технічно малоефективними. За обсягами вантажообороту автомобільний транспорт не поступається провідним магістральним видам – залізничному та морському, що свідчить про його системоутворюючу роль у національній транспортній мережі.

У структурі перевезень вантажів за видами транспорту найбільша кількість відправок припадає саме на автомобільний транспорт – понад дві третини загального обсягу (приблизно 73,8 %). Друге місце займає залізничний транспорт із часткою близько 15,5 %, тоді як трубопровідний транспорт забезпечує приблизно 9,1 % відправлень вантажів. Решта обсягу розподіляється між іншими видами транспорту (повітряним, внутрішнім водним тощо). Така структура підтверджує домінуюче значення автомобільного транспорту в організації вантажних потоків різного призначення.

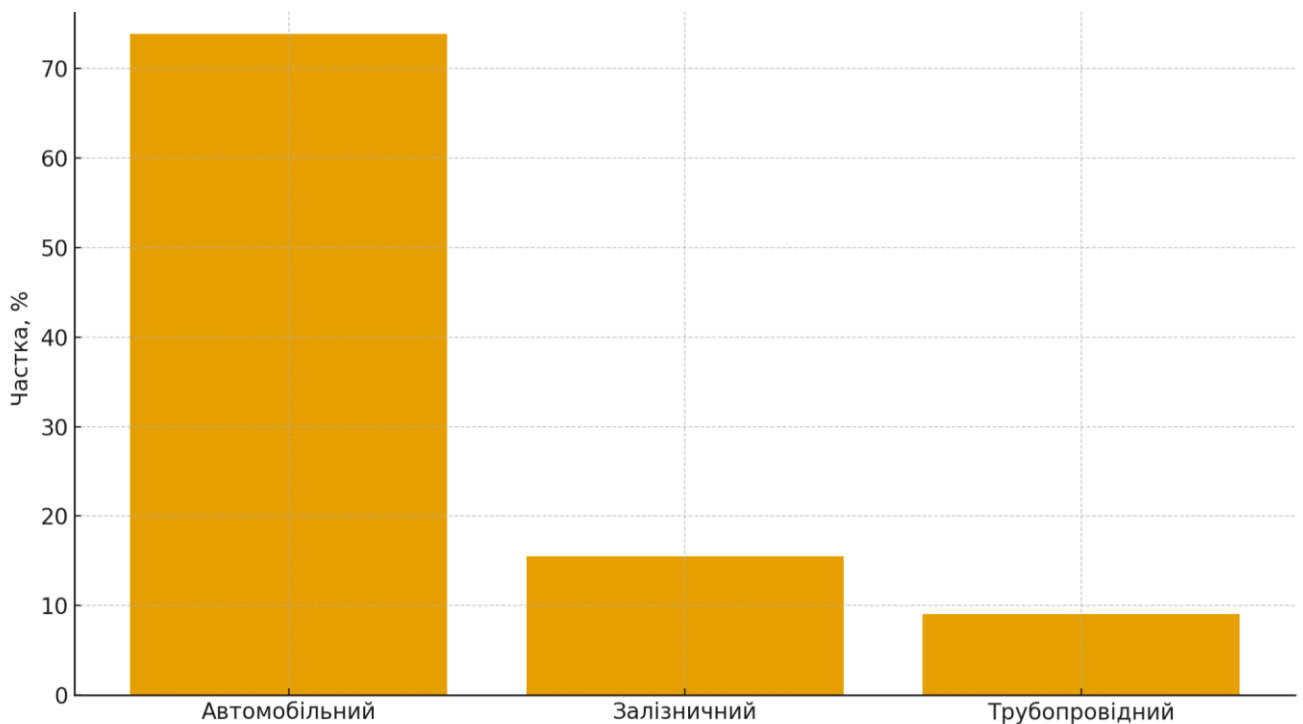


Рисунок 1.1 – Відправлення вантажів за видами транспорту

Номенклатура вантажів, що перевозяться автомобільним транспортом, є досить широкою. Переважну її частину становлять продукція сільського господарства, вантажі харчової та легкої промисловості, будівельні матеріали, а також цінні, дрібнооптові та швидкопсувні товари. До останніх належать продукти харчування, одяг, взуття, меблі, фармацевтична продукція та інші товари народного споживання, для яких особливо важливими є своєчасність доставки, збереження якості та можливість формування малих і середніх партій відправлень. Саме автомобільний транспорт найповніше відповідає цим вимогам, забезпечуючи доставку вантажів безпосередньо до складів, торговельних мереж і кінцевих споживачів.

1.2. Оцінювання ефективності функціонування ТОВ «TNT»

Компанія ТОВ «TNT» є ексклюзивним представником міжнародної компанії Express (TNT) та офіційним носієм бренду TNT на території України.

Діяльність підприємства ґрунтується на дотриманні корпоративних принципів, цінностей та етичних стандартів партнера, що забезпечує високий рівень довіри, стабільність ділових відносин і довгострокову взаємовигідну співпрацю.

TNT Express розпочала роботу на українському ринку у 1993 році та на сьогодні надає широкий спектр послуг з експрес-доставки. Лінійка сервісів охоплює, зокрема, послугу 9:00 Express (гарантована доставка документів до 9:00 наступного робочого дня до великих міст Європи) та економічний сервіс Economy Express, орієнтований на менш термінові відправлення з доставкою у понад 36 країн світу в термін від 3 до 7 днів. Штат компанії налічує понад 700 працівників, а щотижневе операційне навантаження перевищує 10 000 операцій з оброблення документів та вантажів. Постійне розширення географії покриття, удосконалення логістичних схем і підвищення якості обслуговування клієнтів є стратегічними пріоритетами розвитку TNT Express в Україні.

Компанія приділяє значну увагу забезпеченню високих стандартів сервісу, орієнтується на превентивне управління ризиками та запобігання виникненню небажаних ситуацій у процесі надання послуг. Основою для цього є впровадження та постійне вдосконалення процесів відповідно до принципів системи менеджменту якості. Головний офіс ТОВ «TNT» розташований у м. Київ за адресою: просп. Московський, 28-А(В), 04073, що забезпечує зручний доступ до основних транспортних магістралей та ключових ділових районів столиці.

Під торговою маркою «Аеро-Експрес» (TNT) компанія має розгалужену мережу представництв у більшості регіонів України. Філії та агентські пункти діють у таких містах, як Біла Церква, Бердянськ, Вінниця, Дніпро, Житомир, Запоріжжя, Івано-Франківськ, Калуш, Кам'янець-Подільський, Кропивницький, Кременчук, Кривий Ріг, Луцьк, Львів, Маріуполь, Миргород, Мукачеве, Миколаїв, Одеса, Полтава, Рівне, Суми, Тернопіль, Ужгород, Харків, Хмельницький, Черкаси, Чернігів, Чернівці. Така просторова диверсифікація дозволяє забезпечити високий рівень територіального охоплення, скоротити час доставки та забезпечити клієнтам доступ до послуг у більшості обласних центрів і важливих промислово-економічних центрів країни.

Організаційна структура ТОВ «TNT» має виражений функціональний характер і включає низку спеціалізованих підрозділів, зокрема: внутрішньоукраїнський відділ перевезень, транспортний відділ, комерційний, фінансовий та юридичний відділи, планово-економічний підрозділ, відділи експорту й імпорту, відділ роботи із затриманими вантажами, відділ спеціальних сервісів, загальний відділ, відділ кадрів, відділ роботи з клієнтами, відділ інформаційних технологій, відділ бухгалтерського обліку тощо. Така структура забезпечує чіткий розподіл функцій, відповідальності та повноважень, що сприяє підвищенню керованості компанії, скороченню часу на ухвалення рішень та підвищенню якості логістичного сервісу.

Автопарк ТОВ «TNT» налічує близько 151 автомобіля різної вантажопідйомності й функціонального призначення. Це дає змогу гнучко формувати транспортні ресурси відповідно до специфіки вантажопотоків, типів відправлень і вимог клієнтів. У структурі парку представлені як рейсові та кур'єрські автомобілі для виконання регулярних і розвізних маршрутів, так і транспортні засоби адміністративного призначення та автомобілі, що використовуються для роботи з клієнтами. Деталізований перелік рухомого складу наведено у таблиці 1.1, що дає можливість провести подальший аналіз відповідності параметрів автопарку характеру та обсягам перевезень.

Порівняльний аналіз ринку експрес-доставки свідчить, що, на відміну від значної кількості подібних служб у США (де їх налічується понад 500), в Україні кількість операторів, які забезпечують повне територіальне покриття, не перевищує кількох десятків. Водночас на вітчизняному ринку присутні всі основні світові лідери галузі: DHL, UPS, «Аеро-Експрес» (TNT), Federal Express. Це підтверджує привабливість українського ринку експрес-доставки для глобальних логістичних операторів. При цьому UPS та DHL працюють у форматі представництв відповідних іноземних компаній, тоді як інтереси Federal Express і «Аеро-Експрес» (TNT) реалізуються через приватні українські підприємства. Важливим гравцем на ринку залишається також національний оператор EMS-

Ukraine, який обслуговує не лише бізнес-сегмент, а й має клієнтів серед державних і урядових структур.

Таким чином, ТОВ «TNT» функціонує в умовах інтенсивної конкуренції на ринку експрес-доставки, однак завдяки розгалуженій мережі, диверсифікованому портфелю послуг, сучасній організаційній структурі та потужному автопарку посідає вагомі позиції серед операторів цього сегмента транспортно-логістичних послуг.

Таблиця 1.1

Рухомий склад компанії ТОВ «TNT»

№ п/п	Тип транспортного засобу	Кількість, од.	Призначення
1	Легковий автомобіль бізнес-класу (седан)	1	адміністративні
2	Легковий автомобіль малого класу (універсал)	1	адміністративні
3	Легковий автомобіль малого класу (фургон)	5	адміністративні
4	Легковий автомобіль малого класу (седан)	3	адміністративні
5	Легковий автомобіль представницького класу	1	адміністративні
6	Легковий автомобіль середнього класу (седан)	1	кур'єрські
7	Легкий вантажний фургон (довга база)	2	кур'єрські
8	Легкий вантажний фургон (посилене шасі, довга база)	1	кур'єрські
9	Легкий вантажний фургон (вантажопасажирський)	2	кур'єрські
10	Вантажний автомобіль середньої вантажопідйомності (фургон)	2	кур'єрські
11	Вантажний автомобіль середньотонажний (бортовий/фургон)	2	кур'єрські
12	Легкий комерційний фургон	7	кур'єрські
13	Позашляховик підвищеної прохідності	2	кур'єрські

14	Мікроавтобус	1	кур'єрські
15	Вантажний автомобіль малої вантажопідйомності (бортовий)	3	кур'єрські
16	Легковий автомобіль малого класу (універсал)	4	кур'єрські
17	Легковий автомобіль малого класу (фургон)	10	кур'єрські
18	Легковий автомобіль малого класу (хетчбек)	1	кур'єрські
19	Легковий автомобіль малого класу (хетчбек)	5	рейсові
20	Легковий автомобіль малого класу (седан)	2	рейсові
21	Легкий вантажний фургон (коротка база)	2	рейсові
22	Вантажний автомобіль середньотонажний (приблизно 12 т)	36	рейсові
23	Вантажний сідельний тягач великої вантажопідйомності	22	рейсові
24	Вантажний сідельний тягач великої вантажопідйомності	24	рейсові
25	Легкий вантажний фургон	3	рейсові
26	Легковий автомобіль малого класу (фургон)	1	рейсові
27	Легкий комерційний фургон	2	сейли
28	Легковий автомобіль малого класу (універсал)	4	сейли
29	Легковий автомобіль малого класу (фургон)	1	сейли

Обсяг ринку послуг експрес-доставки в Україні протягом останніх років демонструє позитивну динаміку, проте темпи його зростання дещо сповільнилися під впливом загальнооекономічної кризи та погіршення платоспроможності значної частини клієнтів. За експертними оцінками, ринок зріс орієнтовно на 10%, при цьому істотного спаду обсягів перевезень не спостерігалось: загальний обсяг ринку оцінюється більш ніж у 490 млн дол. США. Прогнозується, що відносно високі темпи приросту збережуться щонайменше протягом найближчих двох–трьох років, що зумовлено подальшим розвитком електронної комерції, розширенням географії ділової активності та зростанням вимог клієнтів до швидкості й надійності доставки.

Аналітики ринку відзначають, що сегмент експрес-доставки у найбільших ділових центрах країни – Києві, Харкові, Дніпрі та інших промислово розвинених містах – уже пройшов етап формування та набув рис відносно усталеної конкурентної структури. У цих агломераціях основні гравці ринку закріпили свої позиції, сформували розгалужені мережі обслуговування та

напрацювали сталі клієнтські бази. У зв'язку з цим у середньостроковій перспективі очікується посилення конкурентної боротьби саме за регіональні ринки експрес-доставки, де ще зберігається потенціал для розширення зон покриття, зростання обсягів перевезень і запровадження нових логістичних сервісів.

При організації міжміських партійних перевезень автомобільним транспортом загального користування застосовують кілька типових логістичних схем, у межах яких здійснюється перетворення вихідних транспортних зв'язків між вантажовідправниками та вантажоодержувачами (схематично ці варіанти відображено на рисунках 1.2–1.5). Кожна із зазначених схем відрізняється просторовою організацією маршрутів, конфігурацією вантажопотоків, кількістю проміжних пунктів оброблення вантажів і рівнем централізації транспортного процесу.

Схема прямого перевезення зі збірно-розподільною обробкою вантажів. У рамках цієї схеми перевезення здійснюються від складу (або вантажного термінала) вантажовідправника безпосередньо до складу вантажоодержувача, але при цьому передбачається етап консолідації вантажів у пункті відправлення та їх подальша децентралізована доставка в пункті призначення. На початковому етапі відбувається збір партій вантажів від кількох підприємств у зоні формування відправлення, після чого вони об'єднуються в укрупнену партію для міжміського транспортування. У пункті прибуття вантажі розукрупнюються і розвозяться за різними адресами кінцевих одержувачів у межах відповідного міста або регіону (рис. 1.2).

Застосування такої схеми дозволяє більш повно використовувати вантажопідйомність автомобілів на міжміських плечах перевезень, зменшувати кількість порожніх пробігів, скорочувати витрати на організацію транспортного процесу та підвищувати регулярність доставки. Водночас вона висуває підвищені вимоги до точності планування маршрутів, узгодження графіків завантаження і розвантаження, а також до ефективної взаємодії між учасниками логістичного ланцюга.

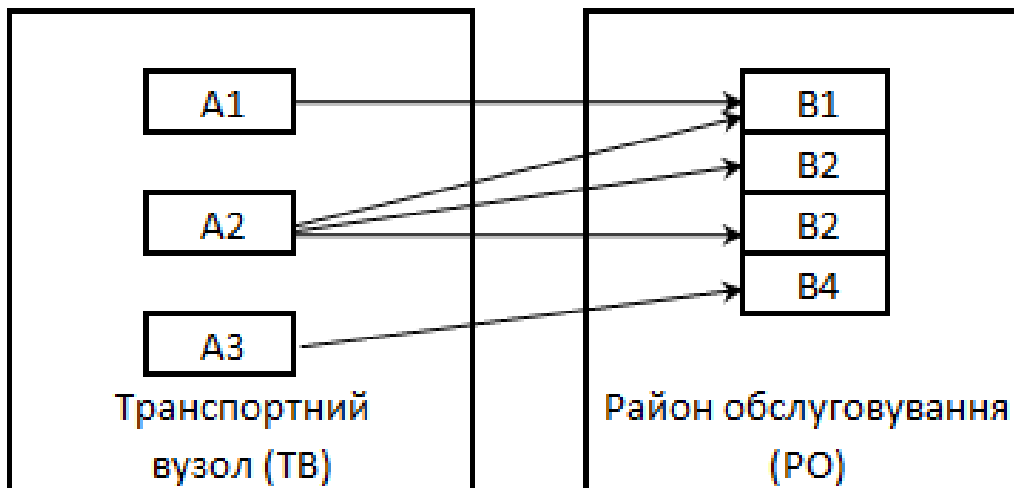


Рисунок 1.2 – Організація доставки вантажів за схемою «склад відправника – склад одержувача»

Основною перевагою розглянутої схеми організації перевезень є забезпечення безпосередньої доставки вантажів за принципом «від дверей до дверей», коли автомобіль здійснює прямий заїзд до складу (або території) вантажовідправника та вантажоодержувача. Такий підхід дає можливість мінімізувати кількість проміжних перевантажень, спростити логістичний ланцюг, скоротити ризики пошкодження вантажів і підвищити рівень сервісу для клієнта.

Водночас зазначена схема має і суттєві недоліки. Під час виконання збірно-розвізних операцій пробіг автомобіля, як правило, використовується нерационально: значну його частину складають холості або малозавантажені рейси, а коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортного засобу залишається невисоким. Додаткові витрати часу виникають на багаторазові операції завантаження та розвантаження у кожному пункті заїзду, а також на оформлення супровідних документів, узгодження графіків роботи складів і стоянки автомобіля під вантажними операціями. Зазначені обставини призводять до збільшення тривалості транспортного циклу та зростання експлуатаційних витрат. У зв'язку з цим така схема найбільш доцільна при внутрішньообласних перевезеннях, коли відстані порівняно невеликі, а

щільність розміщення вантажовідправників і вантажоодержувачів є відносно високою.

Схема доставки вантажів з перевантаженням на складі лише в пункті відправки або лише в пункті призначення. У другому випадку організації транспортного процесу застосовується схема, за якої перевантаження та консолідація вантажів здійснюються або тільки в пункті відправки (рис. 1.3), або лише в пункті призначення (рис. 1.4).

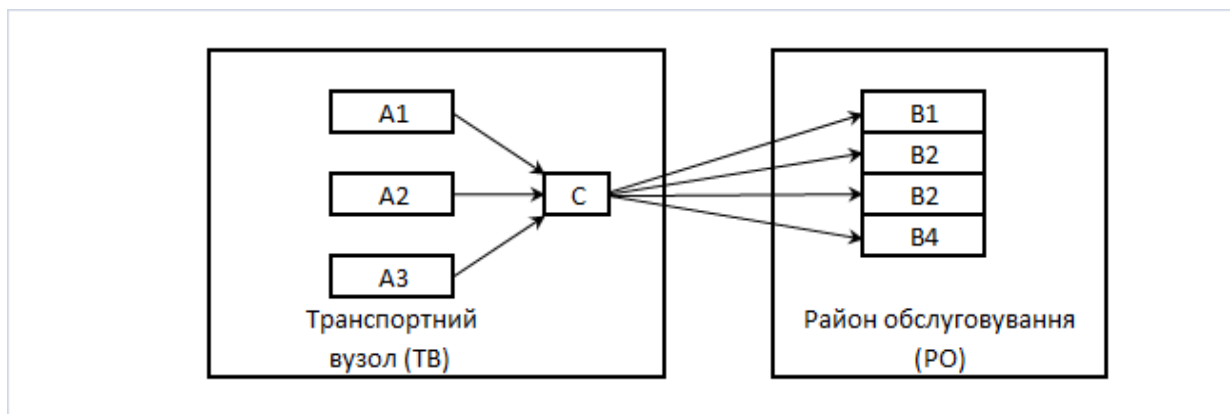


Рисунок 1.3 – Логістична схема доставки вантажів з консолідацією на складі пункту відправлення

За варіантом, проілюстрованим на рисунку 1.3, вантажі від окремих відправників спочатку завозять автомобілями малої або середньої вантажопідйомності на склад (термінал) у пункті відправки. На цьому складі здійснюється їх сортування за напрямками, формування укрупнених партій та підбір вантажів відповідно до маршрутів міжміського сполучення. Після завершення операцій консолідації вантажі завантажуються у транспортні засоби, призначені для виконання магістральних (міжміських) перевезень, і прямують безпосередньо до складів або об'єктів вантажоодержувачів, де, залежно від умов постачання, можуть бути розвантажені з мінімальною кількістю проміжних операцій. Така схема дозволяє раціонально використовувати вантажопідйомність автомобілів на основному плечі перевезення, зменшити кількість зупинок у дорозі та підвищити регулярність руху.

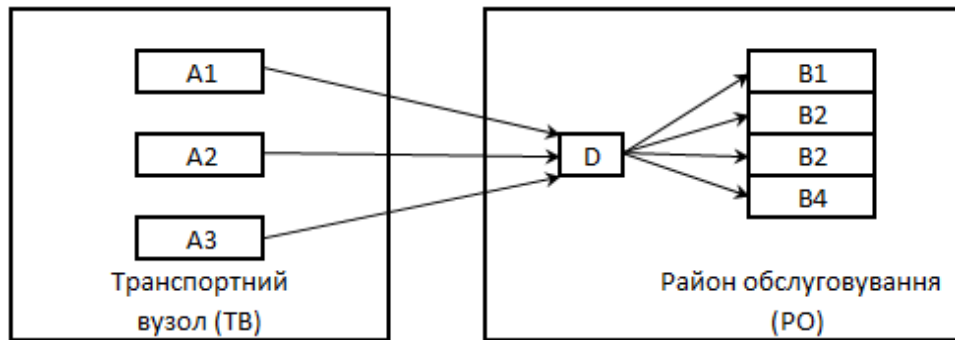


Рисунок 1.4 – Організація перевезення вантажів із перевантаженням на складі пункту призначення

За схемою, що відповідає рисунку 1.4, навпаки, консолідація вантажів відбувається на стороні одержувача. У цьому випадку вантажі у відправників завантажуються безпосередньо в автомобілі, які виконують міжміські перевезення, з використанням більшої вантажопідйомності та, як правило, без проміжних перевантажень у пункті відправки. Після прибуття в пункт призначення автомобіль прибуває на центральний склад (логістичний центр), де вантажі розукрупнюються, сортуються за кінцевими адресами та далі розвозяться до конкретних вантажоодержувачів автомобілями малої вантажопідйомності. Таким чином, у першому випадку (рис. 1.3) транспортні засоби малої вантажопідйомності виконують підвізні операції до складу відправлення, а в другому (рис. 1.4) – розвізні операції зі складу призначення до кінцевих споживачів.

Схема перевезень великоваговими автопоїздами лише між вантажними складами з організацією наскрізного руху за системою тягових плеч. Третій варіант організації перевезень передбачає використання великовагових автопоїздів (сідельних тягачів з напівпричепами або автопоїздів із причепами) виключно на ділянках між вантажними складами пунктів відправки і пунктів отримання (рис. 1.5). При цьому застосовується система так званих тягових плеч, коли магістральні автомобілі працюють за фіксованими маршрутами між

окремими складськими або термінальними пунктами, здійснюючи «наскрізний» рух за стабільним графіком.

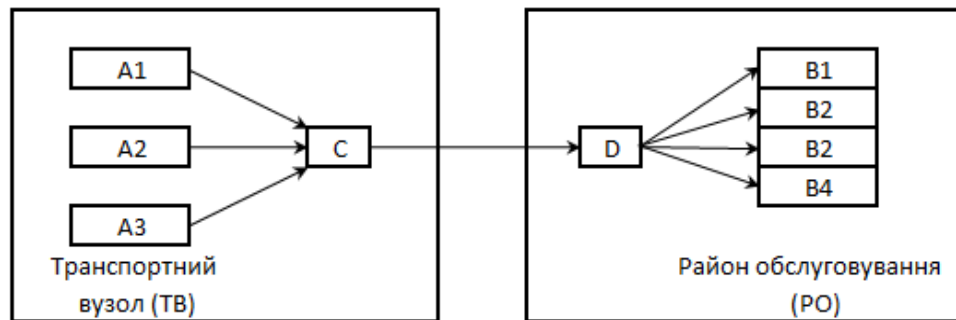


Рисунок 1.5 – Логістична схема магістральних перевезень між вантажними складами пунктів відправлення і призначення

У межах цієї схеми операції збирання дрібних партій вантажів у зоні відправлення, їх доставлення на вантажні склади, а також розвезення вантажів кінцевим вантажоодержувачам з вантажних складів у пункті призначення виконуються переважно автомобілями малої та середньої вантажопідйомності. Вони забезпечують «тонке налаштування» обслуговування клієнтів – підвезення та вивезення вантажів із промислових підприємств, складів, торговельних об'єктів, логістичних центрів тощо. Великовагові автопоїзди в цьому разі використовуються тільки на основних магістральних плечах перевезення, де можливо максимально завантажити їх вантажопідйомність, забезпечити стабільні швидкісні режими руху та мінімізувати собівартість транспортної роботи в перерахунку на одиницю перевезеної продукції.

Застосування системи тягових плеч дозволяє:

- підвищити ефективність використання великовагового рухомого складу за рахунок зменшення простоїв під вантажними операціями;
- оптимізувати структуру автопарку, розмежувавши функції між магістральними автопоїздами та місцевими розвізними автомобілями;
- поліпшити керованість транспортного процесу завдяки чіткій маршрутизації та стабільним графікам руху між складами;

– знизити експлуатаційні витрати й підвищити рівень надійності та передбачуваності термінів доставки.

Таким чином, кожна із розглянутих схем організації міжміських партійних перевезень має власні переваги та обмеження, а вибір конкретного варіанта залежить від просторової структури вантажопотоків, відстаней перевезення, номенклатури вантажів, рівня концентрації відправлень і вимог споживачів до термінів та умов доставки.

З-поміж розглянутих технологічних схем організації перевезень ТОВ «Аеро-Експрес» у сфері міжміських перевезень вантажів застосовує третю, найбільш прогресивну систему, що передбачає використання великовагових автопоїздів на магістральних плечах між вантажними складами підприємства (схема наведена на рис. 1.3). Для міських перевезень компанія використовує першу схему організації транспортного процесу, за якої перевезення здійснюється за принципом «від дверей до дверей»: вантаж доставляється безпосередньо від вантажовідправника до вантажоодержувача без додаткового складування, тривалого зберігання та повторного перевантаження на складі підприємства. Це дає можливість мінімізувати простой вантажу, скоротити час логістичного циклу та підвищити рівень сервісу для клієнтів.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ТА ПРАКТИЧНІ ЗАСОБИ ПІДВИЩЕННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

2.1. Методи раціональної побудови та організації процесу вантажних перевезень

Технологічний процес доставки вантажів має інтегрований, міжгалузевий характер і повинен розглядатися як цілісний логістичний комплекс, у якому в єдину систему об'єднано діяльність вантажовідправника, транспортного підприємства (перевізника) та вантажоодержувача. Рівень ефективності такого процесу в значній мірі визначається ступенем технологічної узгодженості роботи автомобільного транспорту з виробничими підприємствами, споживачами продукції та постачальницько-збутовими структурами. Чим вища погодженість їхніх дій, тим меншими є сукупні витрати, скорочується тривалість логістичного циклу та підвищується якість обслуговування клієнтів. Досягнення зазначених цілей забезпечується завдяки цілеспрямованій координації процесів фізичного розподілу продукції та системи управління матеріальними потоками, що охоплює планування, контроль і регулювання руху вантажів.

Організацію транспортного процесу, побудовану на заздалегідь розробленій технології взаємодії автотранспортних підприємств, вантажовідправників і вантажоодержувачів, у наукових джерелах визначають як єдиний технологічний процес. Він розглядається не як сума окремих дій, а як узгоджена послідовність взаємозалежних часткових процесів, кожний з яких виконує свою функцію в загальній системі доставки вантажів. У межах даної роботи, спираючись на раніше сформовану класифікацію, аналізуються

насамперед об'єктні технологічні процеси автотранспортних підприємств і організацій [8], тобто такі, що безпосередньо пов'язані з виконанням вантажних автомобільних перевезень.

Основною структурною одиницею будь-якого технологічного процесу, яка використовується для його нормування, планування, організації обліку та здійснення контролю, є технологічна операція. Під час проектування технології організації перевезень визначальною є задача виявлення характерних закономірностей перебігу виробничо-транспортного процесу з метою формування раціонального складу операцій. Йдеться про необхідність відібрати такі операції та їх поєднання, що забезпечують найменші витрати часу, праці, пально-мастильних та інших матеріальних ресурсів при заданому рівні надійності та якості транспортного обслуговування. У дослідженні окреслюється комплекс завдань, які необхідно розв'язати при проектуванні технологічних процесів: спочатку формується перелік операцій, далі виявляються та усуваються причини, що спричиняють порушення заданих технологічних режимів і нормативів.

Наступним кроком є нормування відібраного комплексу операцій з орієнтацією на досягнення мінімуму витрат часу, трудових, фінансових, енергетичних і матеріальних ресурсів за умови дотримання вимог безпеки та надійності. При цьому розробляються технічно й економічно обґрунтовані нормативи тривалості операцій, їх послідовності, режимів роботи рухомого складу й персоналу. Третьою ключовою задачею виступає формування системи заходів, спрямованих на забезпечення стабільної та безперервної роботи технологічного процесу, тобто підвищення його надійності в умовах змін попиту на перевезення, дорожньо-транспортної ситуації, технічного стану автомобілів тощо.

У структурі єдиного технологічного процесу виділяють транспортну групу технологічних операцій, яка охоплює безпосередньо операції перевезення вантажів. Для автомобільного транспорту це сукупність прийомів, методів та організаційних рішень, що забезпечують переміщення вантажів від виробників

(або базових складів постачальників) до кінцевих споживачів. Процес доставки вантажу від відправника до одержувача традиційно включає три основні елементи:

- завантаження продукції на рухомий склад у пункті відправлення з урахуванням вимог щодо збереження вантажу, рівномірного розміщення та максимально можливого використання вантажопідйомності й місткості транспортного засобу;

- транспортування вантажу автомобілем від пункту відправлення до пункту призначення за обраним маршрутом із дотриманням встановлених норм безпеки руху, режимів праці та відпочинку водіїв і регламентів технічної експлуатації транспортних засобів;

- вивантаження продукції з рухомого складу в пункті призначення, передача вантажу одержувачу та завершення супровідних документальних процедур.

Кожен із зазначених елементів має власну внутрішню структуру операцій і потребує розроблення детальної технології виконання. Сукупність раціонально організованих операцій завантаження, транспортування та вивантаження формує ефективний технологічний процес доставки вантажів, що є основою підвищення результативності функціонування системи вантажних автомобільних перевезень.

Різноманітність умов функціонування автомобільного транспорту, специфіка вантажів, відмінності у виробничих та логістичних процесах споживачів зумовлюють необхідність формування розгалуженої системи показників, за якими оцінюється ефективність як окремих елементів транспортного процесу, так і діяльності автотранспортного підприємства в цілому. До такої системи входять технологічні, технічні, експлуатаційні, економічні та організаційні показники, що нерідко мають різні розмірності, відображають різні аспекти функціонування системи перевезень і не можуть бути безпосередньо інтегровані в один універсальний критерій. Тому для прийняття обґрунтованих управлінських рішень важливо не лише їх коректно

визначити, а й вибудувати раціональну систему пріоритетів і взаємозв'язків між ними.

Увесь комплекс питань, які розглядаються під час проектування технологічного процесу доставки вантажів, охоплює технологічні, технічні та економічні аспекти і спрямований на досягнення ключової мети – мінімізацію часу перебування продукції в запасах за заданих обсягів виробництва й споживання. Це дозволяє зменшити обсяг «заморожених» оборотних коштів, підвищити швидкість обігу матеріальних ресурсів і забезпечити безперервність виробничих процесів у суміжних галузях. Мінімізація витрат трудових ресурсів досягається завдяки підвищенню продуктивності праці при виконанні кожної операції технологічного процесу, упорядкуванню та стандартизації операцій, застосуванню сучасних засобів механізації й автоматизації навантажувально-розвантажувальних і транспортно-складських робіт.

Планування перевезень здійснюється на кількох ієрархічних рівнях. На стратегічному та тактичному етапах формуються перспективні й поточні плани, у межах яких визначаються структура та кількість рухомого складу, створюється та розвивається мережа автотранспортних підприємств, приймаються рішення щодо їх розміщення і спеціалізації, вибору напрямків обслуговування вантажовласників тощо. На основі цих рішень формуються оперативні плани, зміст яких полягає у складанні добових і змінних завдань з використання рухомого складу в процесі перевезень. Такі плани мають бути погоджені із середньодобовим обсягом перевезень, з наявним парком транспортних засобів, а також з інформацією про фактичний випуск автомобілів за типами й моделями, яку надає технічна служба автотранспортного підприємства.

Розв'язання задач оперативного планування може здійснюватися як традиційними методами (вручну), так і з використанням сучасних засобів обчислювальної техніки, спеціалізованих програмних продуктів для планування маршрутів та управління транспортом (TMS-систем). Оперативне планування перевезень охоплює: визначення добових і змінних обсягів перевезень; вибір доцільних типів і моделей рухомого складу; розроблення та раціоналізацію

маршрутів перевезень; складання графіків роботи для кожного водія з урахуванням вимог законодавства щодо режимів праці та відпочинку. Вихідною інформацією для формування обсягів перевезень є заявки замовників, які підлягають систематизації та аналізу. Ступінь передбачуваності потоку заявок визначається рівнем впливу випадкових факторів на процеси виробництва й споживання матеріальних ресурсів. Збирання даних про потреби в перевезеннях в оперативному режимі дає змогу своєчасно коригувати плани й підтримувати необхідний рівень транспортного обслуговування.

Одним із ключових завдань організації перевезень є вибір таких транспортних засобів, які найбільш повно відповідають конкретним умовам експлуатації та характеристикам вантажопотоків. При цьому фактично розв'язуються дві взаємопов'язані задачі: визначається спеціалізація рухомого складу (універсальний чи спеціалізований автомобіль, наявність надбудов, ізотермічних кузовів, цистерн тощо) і підбирається вантажопідйомність транспортного засобу. Оцінка ефективності використання різних варіантів рухомого складу здійснюється шляхом порівняння результатів експлуатаційних та економічних розрахунків. На етапі довгострокового планування до уваги береться розширене коло факторів: транспортно-експлуатаційні умови, стан і категорія автомобільних доріг, природно-кліматичні особливості регіону, інтенсивність вантажопотоків, а також соціально-екологічні наслідки застосування того чи іншого типу автомобілів.

Для порівняльного аналізу доцільно розглядати лише ті типи рухомого складу, які за своїми технічними параметрами (вантажопідйомність, габаритні розміри, прохідність, тип кузова, паливна ефективність) та економічними характеристиками (експлуатаційні витрати, собівартість перевезень) відповідають заданим умовам експлуатації та забезпечують мінімізацію витрат, прямо або опосередковано пов'язаних із доставкою вантажів. При цьому основними факторами, що визначають вибір, є: вид, фізико-хімічні властивості та характер вантажу; розмір і частота формування партій вантажу; технологія навантажувально-розвантажувальних робіт; дорожньо-кліматичні умови та стан

під'їзних шляхів до пунктів навантаження й розвантаження; допустимі терміни та швидкість доставки вантажів [9].

Показниками, за якими здійснюють порівняльну оцінку різних варіантів рухомого складу, є, зокрема, технічна та експлуатаційна продуктивність, собівартість перевезень, рентабельність експлуатації. Окремі дослідники наголошують, що вибір кращого варіанта організації перевезень і відповідного типу рухомого складу доцільно здійснювати на основі порівняння сукупних витрат на рівні народного господарства (або регіональної економіки), пов'язаних із здійсненням транспортного процесу [9]. До таких витрат пропонується відносити: собівартість перевезення; можливі втрати вантажу в процесі транспортування; обсяг матеріальних ресурсів, які перебувають у сфері обігу; витрати на утримання допоміжних засобів, що забезпечують транспортний процес; капіталовкладення в рухомий склад, навантажувально-розвантажувальне обладнання та іншу інфраструктуру.

Кількість транспортних засобів при повномашинних відправленнях доцільно визначати з урахуванням загального обсягу перевезень, номінальної вантажопідйомності автомобіля, коефіцієнтів використання вантажопідйомності й пробігу, а також часу обороту автомобіля на маршруті. У разі дрібнопартійних перевезень, коли розмір партії вантажу у відправників або одержувачів є меншим за вантажомісткість автомобіля, вибір вантажопідйомності рухомої одиниці, як правило, здійснюється з урахуванням прагнення максимально наблизити розмір партії перевезень до вантажопідйомності автомобіля. У літературі запропоновано кілька підходів до визначення оптимальної вантажопідйомності автомобіля для дрібнопартійних перевезень. Один із них базується на можливості тимчасової затримки відправлення окремих партій вантажу для формування укрупненої партії, що відповідає вантажопідйомності автомобіля. Інший підхід пов'язаний із повним перебором можливих варіантів структури парку та схем об'їзду вантажовідправників і вантажоодержувачів на маршруті.

У більшості практичних випадків задачі визначення обсягів перевезень і вибору типів рухомого складу на автомобільному транспорті мають переважно

розрахунковий, а не строго оптимізаційний характер. Вони вирішуються шляхом послідовних наближень, використання нормативів, типових методик та накопиченого практичного досвіду, що, однак, дає змогу досягати прийнятних за точністю й економічною ефективністю рішень для конкретних умов експлуатації.

У процесі формулювання задачі маршрутизації особливої ваги набуває урахування ролі всіх без винятку елементів транспортного процесу, оскільки вибір структури та параметрів маршрутів безпосередньо впливає на ефективність вантажних перевезень. Побудова маршрутів руху рухомого складу повинна здійснюватися з урахуванням широкого спектра факторів, серед яких ключовими є: масовість та регулярність перевезень; розміри окремих партій вантажів; просторове розташування вантажовідправників і вантажоодержувачів; тип, конструктивні особливості та вантажопідйомність транспортних засобів; допустимі терміни доставки вантажів; технологія та умови виконання навантажувально-розвантажувальних операцій. Важливим елементом процесу маршрутизації, на що наголошують багато дослідників, є також вибір траси маршруту на наявній транспортній мережі, тобто визначення конкретної послідовності ділянок шляху, якими рухатиметься транспортний засіб. Зазначені особливості зумовлюють багатofакторний, комплексний характер задачі маршрутизації та її високу різноманітність з огляду на практичні умови застосування.

До вихідних даних, необхідних для постановки та розв'язання задач маршрутизації, відносять: обсяги перевезень між окремими пунктами (вантажовідправниками й вантажоодержувачами) у розрізі номенклатури вантажів і періодів часу; типи транспортних засобів, що можуть бути залучені до роботи, та їх фактичну кількість у парку; схему географічного розміщення пунктів навантаження й розвантаження; параметри транспортної мережі (категорія та пропускна здатність доріг, наявність обмежень руху, режим роботи інфраструктурних об'єктів), а також організаційно-технічні умови руху на

окремих її ділянках. Сукупність цих даних формує інформаційну базу для побудови раціональних маршрутів.

У практиці вантажних автомобільних перевезень виділяють низку типових форм руху рухомого складу, які відрізняються структурою обслуговуваної мережі та послідовністю відвідування пунктів:

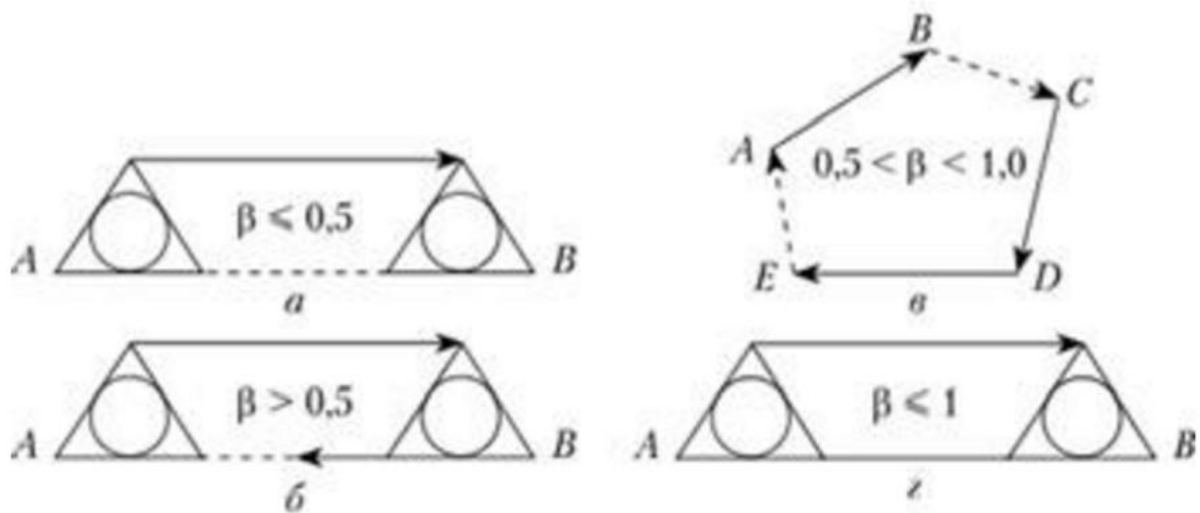
- маятникові маршрути, коли автомобіль здійснює рейси між двома фіксованими пунктами з повторюваним циклом «туди–назад»;
- радіальні маршрути, за яких рух здійснюється від центрального пункту (складу, термінала) до низки периферійних пунктів;
- кільцеві маршрути, що передбачають послідовний об'їзд кількох пунктів з поверненням у вихідну точку по замкненій схемі;
- розвізні маршрути, орієнтовані переважно на доставку вантажів від одного пункту відправлення до великої кількості одержувачів;
- збірні маршрути, основною метою яких є збирання дрібних партій вантажів від багатьох відправників для подальшого їх укрупнення;
- розвізно-збірні маршрути, що поєднують функції доставки та збору вантажів;
- комбіновані маршрути, де застосовуються різні схеми руху залежно від ділянки мережі;
- дільничні маршрути, які обслуговують окремі відрізки транспортної мережі або певні групи пунктів.

Методи маршрутизації, згідно з підходами окремих авторів, доцільно поділяти на два основні класи:

методи, орієнтовані на маршрутизацію помашинних відправлень вантажів, коли кожний автомобіль обслуговує, як правило, одну велику партію від одного відправника до одного одержувача;

методи, призначені для маршрутизації дрібних партій вантажів, коли один транспортний засіб протягом рейсу послідовно обслуговує значну кількість пунктів навантаження й розвантаження з невеликими обсягами вантажів у кожному пункті.

Окремі дослідники виокремлюють також проміжний тип – змішані перевезення, для яких задача маршрутизації не може бути сформульована ні як суто розвізна (типова для дрібнопартійних потоків), ні як класична задача планування помашинних відправлень. У таких випадках виникає необхідність комбінування різних підходів до побудови маршрутів, застосування гнучких схем їх коригування та використання спеціалізованих алгоритмів, що враховують як наявність крупних регулярних відправлень, так і змінні дрібнопартійні потоки. Це додатково ускладнює завдання маршрутизації, проте дає можливість досягти більш високого рівня ефективності використання рухомого складу та якості транспортного обслуговування вантажовласників.



а – маятниковий маршрут із зворотним холостим пробігом; б – маятниковий маршрут із зворотним неповністю навантаженим пробігом; в – маятниковий маршрут із зворотним навантаженим пробігом; г – кільцевий маршрут; β – коефіцієнт використання пробігу.

Рисунок 2.1 – Зображення існуючих схем маршрутів

Найбільш поширеним різновидом задач добового планування на автомобільному транспорті є задачі організації помашинних відправлень вантажів, для яких характерна велика кількість можливих варіантів планів перевезень. Це зумовлено різноманітністю поєднання вантажовідправників і вантажоодержувачів, типів вантажів, маршрутів руху та режимів роботи

рухомого складу. У наукових підходах до розв'язання задач маршрутизації помашинних відправлень зазвичай виокремлюють дві основні групи методів. Перша група базується на безпосередньому використанні постановок задачі лінійного програмування, коли транспортний процес описується системою лінійних обмежень, а цільова функція відображає мінімізацію витрат або часу доставки. У рамках другої групи методів задача маршрутизації формулюється як більш загальна задача лінійного програмування (у тому числі мережевого типу), що дозволяє враховувати додаткові обмеження, пов'язані з технологією перевезень, режимами роботи водіїв та особливостями структури транспортної мережі.

2.2. Застосування евристичних алгоритмів у задачах організації доставки дрібнопартійних вантажів

Ефективність організації доставки дрібнопартійних вантажів у значній мірі визначається своєчасністю формування відвантажувальних партій, коректним обґрунтуванням термінів завезення продукції до споживачів та раціональною маршрутизацією перевезень. Саме на етапі побудови розвізних маршрутів виникають найбільші труднощі, оскільки зі зростанням кількості пунктів обслуговування та варіантів поєднання відправлень задача набуває комбінаторного характеру. Для розгалужених мереж споживачів застосування точних методів розв'язання задач маршрутизації, що гарантують знаходження оптимального рішення, як правило, пов'язане з надмірними обчислювальними витратами та значним часом розрахунків, що обмежує їх практичну придатність в оперативному плануванні.

З огляду на це доцільним є використання евристичних методів розв'язання задач розвезення продукції, які дозволяють отримувати близькі до оптимальних рішення за прийнятний час. Серед найбільш відомих і поширених підходів у задачах маршрутизації дрібнопартійних перевезень вагоме місце посідає метод Кларка і Райта [22], концепція якого ґрунтується на оцінці «економії» від укрупнення окремих маятникових маршрутів у єдиний розвізний маршрут. Ідея полягає в поетапному об'єднанні простих «зіркових» схем обслуговування (коли кожен споживач обслуговується окремим маятниковим маршрутом) у більш складні розвізні ланцюги за критерієм максимального виграшу у пробігу та витратах.

Разом з тим зазначений метод має низку істотних обмежень, які необхідно враховувати при його практичному застосуванні. До таких недоліків належать, зокрема, відсутність чітко формалізованої процедури вибору типу транспортного засобу на етапі формування розвізного маршруту; можливість нераціонального визначення послідовності об'їзду пунктів, що призводить до збільшення загального пробігу рухомого складу та відповідно – до зростання експлуатаційних витрат; ризик «заціклення» обчислювального процесу при реалізації алгоритму на ЕОМ, коли алгоритм не забезпечує виходу на кінцевий результат у розумні строки. Зазначені недоліки зумовлюють необхідність удосконалення евристичних процедур, адаптації методу Кларка і Райта до конкретних умов перевезень та поєднання його з іншими алгоритмічними підходами з метою підвищення надійності й якості одержуваних рішень.

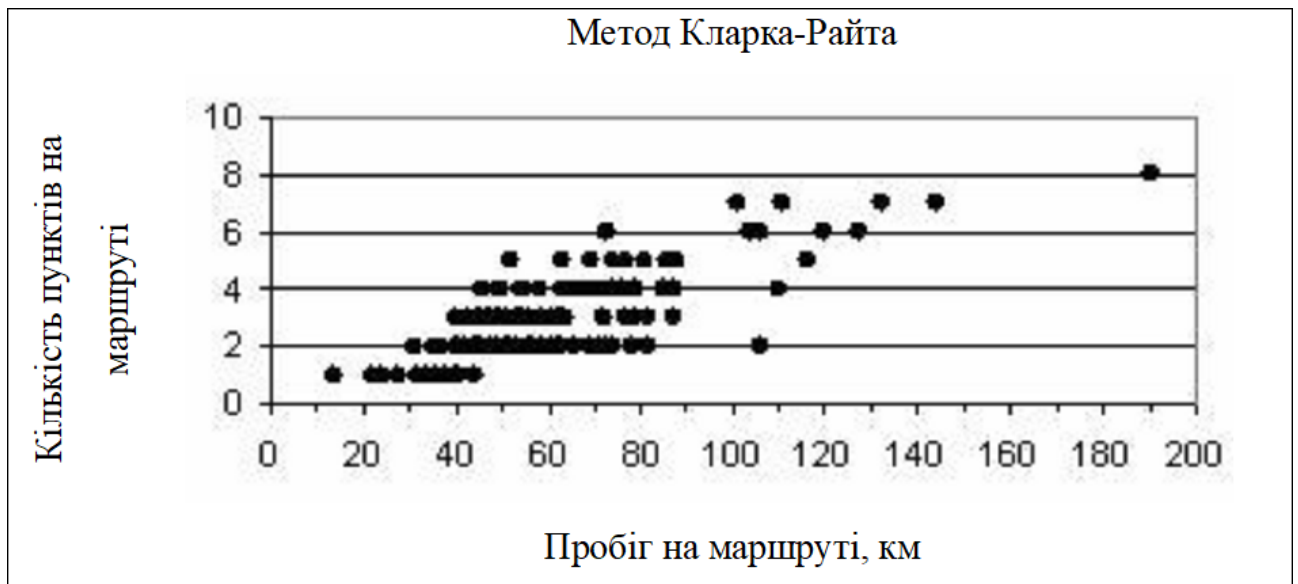


Рисунок 2.2 – Залежність загального пробігу від кількості обслуговуваних пунктів для 186 маршрутів, сформованих за методом Кларка–Райта

Зазначені недоліки частково можуть бути усунуті шляхом використання методу сум у розв’язанні задачі типу «комівояжера», який передбачає послідовну перестановку пар пунктів у вже побудованому попередньому маршруті з метою його вдосконалення. Такий підхід дає змогу скоротити загальний пробіг і поліпшити структуру маршруту без повного перерахунку всієї схеми обслуговування.

Подальший розвиток методу Кларка і Райта отримав у вигляді евристичного підходу до задачі розвезення, побудованого на основі узагальненої задачі призначення, запропонованого Фішером і Якумаром [23]. Сутність цього підходу полягає у відображенні процесу формування маршрутів як задачі розподілу пунктів обслуговування між наявними транспортними засобами з урахуванням їх вантажопідйомності та вартості переміщень між пунктами.

Розглянемо цей алгоритм детальніше, використовуючи такі позначення:

- n – кількість пунктів мережі; при цьому відправнику (складу) надається номер n ;
- p – число неоднорідних транспортних засобів (автомобілів) різної вантажопідйомності;
- Q_k – вантажопідйомність автомобіля з номером k ;

- $g_i = q_i$ – заявка на перевезення (обсяг вантажу), що надходить від споживача з номером i ;
- c_{ij} – елемент матриці вартостей, який характеризує витрати (або довжину шляху, час руху тощо) при переїзді між суміжними пунктами i та j транспортної мережі $G = (V, E)$, де V – множина вершин (пунктів), а E – множина ребер (транспортних зв'язків).

На рисунках 2.3–2.7 подано порівняльні графічні залежності між кількістю пунктів на маршруті та його довжиною для трьох різних евристичних методів, що дає змогу оцінити їхню ефективність та особливості поведінки при зміні структури транспортної мережі та параметрів попиту.

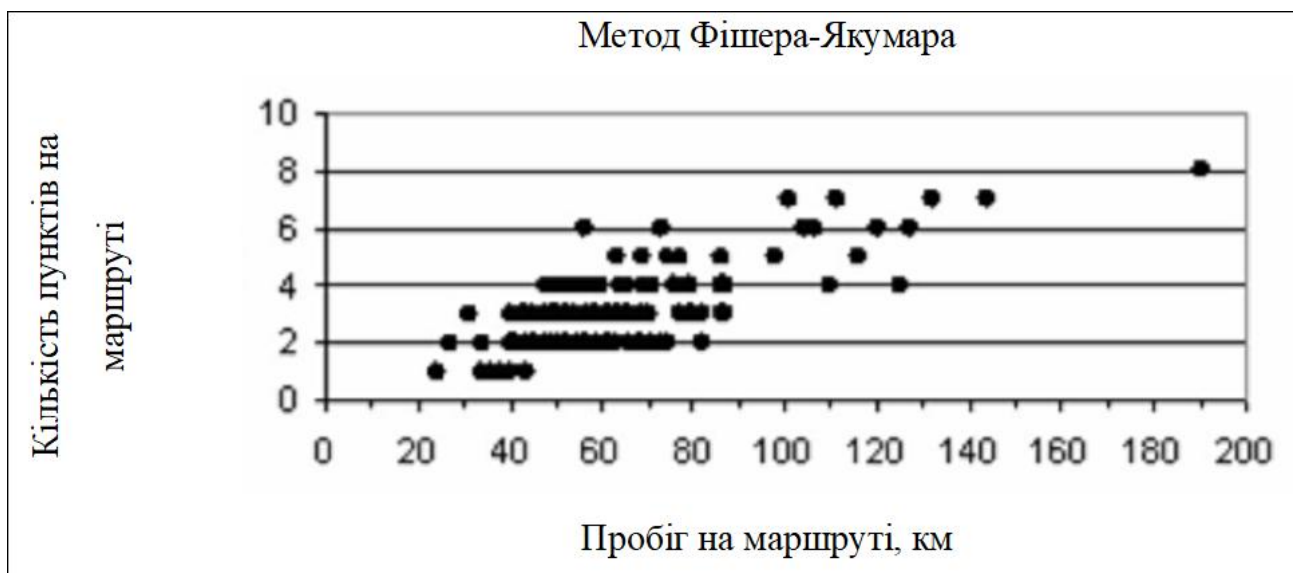


Рисунок 2.3 – Залежність пробігу від кількості пунктів для 192 маршрутів, сформованих за методом Фішера–Якумара

Припустимо, що $x_{ijk} = 1$ – якщо транспортний засіб з номером k здійснює безпосередній перехід з пункту i до пункту j , і $x_{ijk} = 0$ – в протилежному випадку; $y_{ik} = 1$ – якщо пункт i закріплений за транспортним засобом з номером k (обслуговується цим ТЗ), і $y_{ik} = 0$ – якщо він ним не обслуговується.



Рисунок 2.4 – Залежність пробігу від кількості пунктів для 195 маршрутів, сформованих за методом Коскосідіса–Пауелла

Тоді математична модель перевезення може бути подана формулою:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^p c_{ij} x_{ijk} \rightarrow \min . \quad (2.1)$$

При обмеженнях

$$\sum_{i=1}^n q_i y_{ik} \leq Q_k, k = \overline{1, p}, \quad (2.2)$$

$$\sum_{k=1}^p y_{ik} = \begin{cases} p & i = n; \\ 1, & i = \overline{1, n-1} \end{cases}, \quad (2.3)$$

$$y_{ik} \in \{0,1\}, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, p}, \quad (2.4)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} = y_{jk}, \quad j = \overline{1, n}, \quad (2.5)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ijk} = y_{ik}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2.6)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ijk} \leq |S| - 1, S \leq V, 2 \leq |S| \leq n - 1, \quad (2.7)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\}, \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (2.8)$$

Алгоритм розпочинається з поділу всієї множини пунктів на p підмножин (зон) таким чином, що в межах кожної зони обслуговування споживачів здійснюється автомобілем з номером k . Після формування цих зон обираються p опорних (резидентних) пунктів, відносно яких оцінюється доцільність закріплення споживачів за тим чи іншим транспортним засобом. Для цього обчислюється коефіцієнт d_{ik} , значення якого визначається за формулою:

$$d_{ik} = \min \left\{ \begin{matrix} c_{ni} + c_{ik} + c_{kn} \\ c_{nk} + c_{ki} + c_{in} \end{matrix} \right\}, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, p}. \quad (2.9)$$

Після обчислення значень коефіцієнтів d_{ik} розв'язується узагальнена задача призначення, у межах якої здійснюється закріплення споживачів за окремими транспортними засобами. У результаті формується p попередніх замкнутих маршрутів перевезення, тобто для кожного автомобіля будується свій контур обслуговування. На завершальному етапі для кожного із цих маршрутів окремо розв'язується задача комівояжера, що дає змогу уточнити оптимальну послідовність об'їзду закріплених пунктів. Таким чином, формуються остаточні маршрути доставки дрібнопартійних вантажів до споживачів.

Водночас метод Фішера і Якумара має суттєвий недолік: обрані на початку розрахунку резидентні (опорні) пункти залишаються незмінними протягом усього процесу роботи алгоритму. Це означає, що їх положення в мережі не коригується залежно від проміжних результатів, що, своєю чергою, призводить до завищення сумарної довжини всіх побудованих маршрутів та, відповідно, до збільшення витрат на перевезення.

З метою усунення цього недоліку було запропоновано евристичний алгоритм Коскосідіса і Пауелла [24], у якому вибір початкового пункту для маршруту може змінюватися в ході роботи алгоритму. Така гнучкість надає можливість адаптивно перебудовувати структуру маршрутів, поліпшуючи їхню конфігурацію за рахунок зміни «опорних» точок.

На відміну від підходу Фішера і Якумара, у даному алгоритмі не розв'язується узагальнена задача призначення. Натомість безпосередньо обчислюються втрати (або виграші), пов'язані з включенням тієї чи іншої пари пунктів до певного маршруту. Після того як попередньо сформовано всі маршрути, алгоритм передбачає можливість обміну пунктами між двома маршрутами за умови, що:

- не порушується обмеження за вантажопідйомністю відповідних автомобілів;
- такий обмін призводить до зниження загальних витрат, зокрема скорочення пробігу рухомого складу.

Крім того, в алгоритмі передбачено додаткові процедури вдосконалення структури маршрутної мережі, а саме:

- включення нових пар пунктів до вже сформованих маршрутів, якщо це дає позитивний ефект за обраним критерієм;
- перегляд і локальна перебудова існуючих маршрутів з метою подальшого зменшення критерію оптимальності (загальної відстані, витрат на проїзд, часу доставки тощо).

Надалі розглянемо експериментальні результати застосування трьох описаних вище евристичних алгоритмів для формування планів розвезення

дрібнопартійних вантажів. Обчислення виконувалися для декількох варіантів транспортних мереж, що включають 17, 40 та 60 споживачів відповідно. Окрім геометрії мережі, задавався також набір транспортних засобів різної вантажопідйомності, що забезпечує більшу гнучкість у процесі планування маршрутів доставки дрібнопартійних вантажів та дозволяє оцінити ефективність алгоритмів в умовах неоднорідного парку автомобілів.

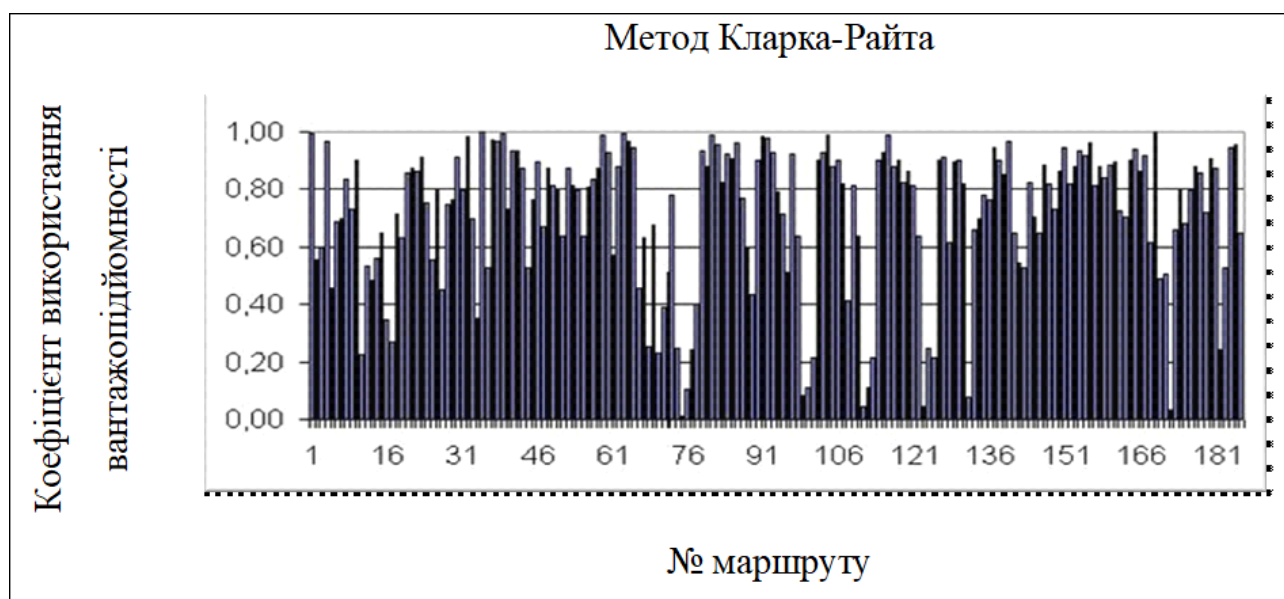
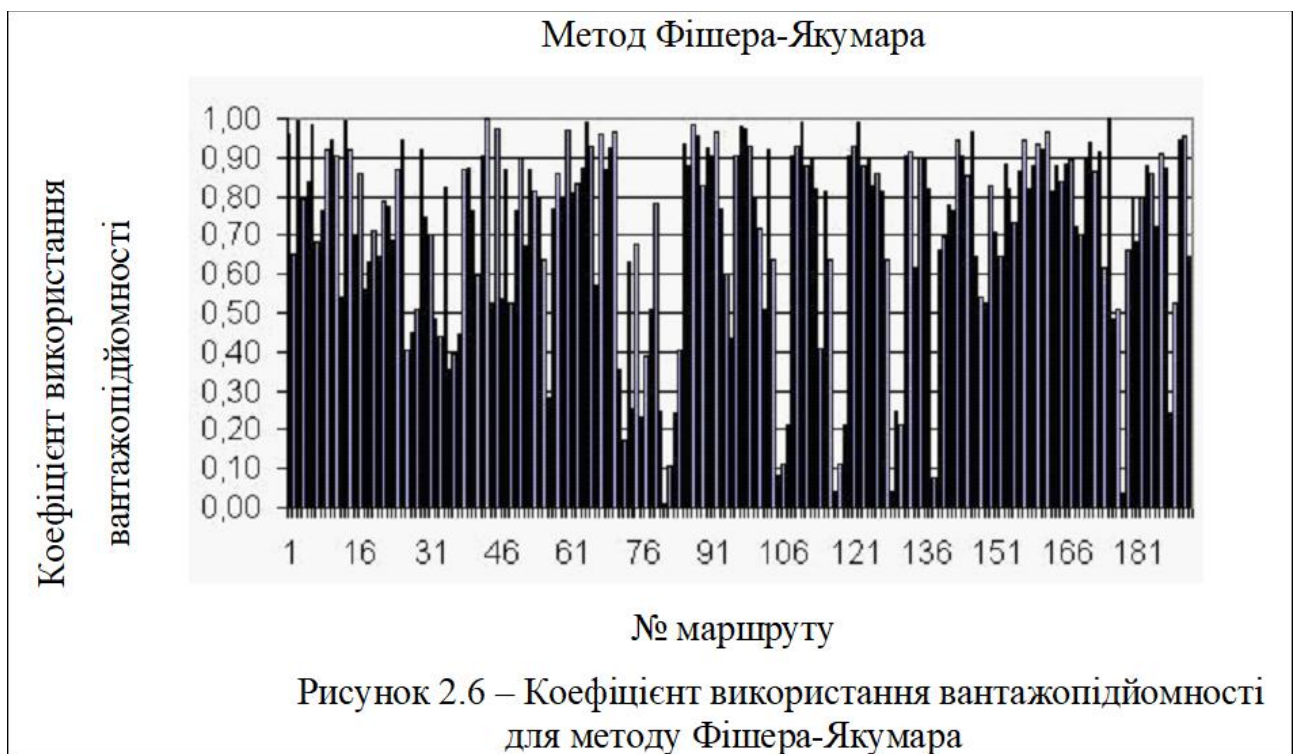


Рисунок 2.5 – Значення коефіцієнта використання вантажопідйомності для маршрутів, сформованих методом Кларка–Райта

У процесі формування розвізних маршрутів було зафіксовано виникнення проблемних ситуацій, пов'язаних з невключенням окремих пунктів до остаточного варіанта маршруту або «зацикленням» роботи програмного модуля, коли алгоритм не виходив на кінцеве рішення. Найчастіше такі випадки спостерігались саме під час застосування методу Кларка–Райта. Це пояснюється тим, що даний метод здійснює перебір варіантів об'єднання пунктів за величиною «виграшу» у пробігу в порядку спадання, і в окремих ситуаціях включення до маршруту пункту з великим значенням цього виграшу може призводити до перевищення допустимої вантажопідйомності транспортного

засобу. У результаті виникають конфігурації, для яких подальше коректне продовження розрахунку або неможливе, або вимагає додаткового втручання.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що довжина маршрутів, сформованих за методом Кларка–Райта, зазвичай змінюється в діапазоні від 20 до 90 км, тоді як кількість пунктів обслуговування на одному маршруті варіюється від 1 до 4. Такий розкид значень відображає як різну конфігурацію транспортної мережі та просторове розташування споживачів, так і вплив обмежень за вантажопідйомністю рухомого складу, які суттєво звужують можливості укрупнення маршрутів при збереженні їх допустимості.





Застосування методу Фішера і Якумара характеризується більш «компактним» розподілом значень пробігу автомобілів: отримані маршрути мають довжину, що переважно лежить у межах 35–90 км. При цьому кількість пунктів обслуговування на одному маршруті не перевищує чотирьох, що свідчить про відносно стабільну структуру побудованих розвізних схем і достатньо рівномірне завантаження маршрутної мережі.

Близькі за характером результати демонструє й метод Коскосідіса–Пауелла, однак для нього спостерігається зміщення діапазону пробігу вправо: довжина маршрутів здебільшого знаходиться в інтервалі 35–95 км. Діапазон кількості пунктів на одному маршруті для цього методу також становить від 1 до 4, що вказує на подібну за структурою побудову маршрутів, але за умов дещо збільшеного загального пробігу. Така особливість може бути пов’язана з більш гнучкими правилами формування й коригування маршрутів, коли заради поліпшення інших показників (наприклад, завантаження автомобілів або збалансованості зон обслуговування) допускається деяке зростання довжини шляху.

Таблиця 2.1

Приведені показники отримані із використанням відомих методів

№ п/п	Кількість обслужених пунктів	Загальний пробіг, км	Середня відстань перевезень, км	Кількість обслужених пунктів	Загальний пробіг, км	Середня відстань перевезень, км	Кількість обслужених пунктів	Загальний пробіг, км	Середня відстань перевезень, км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Метод Кларка-Райта		Метод Фішера-Якумара				Метод Кососідіса-Пауелла		
17 пунктів									
1	17	286	17,6	17	272	15,4	17	300	18,4
2	14	283	19,3	16	277	16,1	17	292	15,9
3	10	308	28,9	15	414	25,4	15	358	26,3
4	17	357	22,7	17	483	30,1	17	397	22,2
5	17	321	21,4	15	379	28,1	17	336	21,0
6	16	224	11,2	14	188	14,2	16	303	20,7
7	17	291	15,4	16	288	18,6	17	322	19,8
8	17	271	14,1	17	354	18,2	17	332	21,9
9	17	245	16,7	17	213	14,9	17	305	19,6
10	15	308	18,9	15	337	25,2	15	286	21,7
11	17	326	18,1	17	352	19,1	17	326	18,4
40 пунктів									
12	40	769	19,7	40	758	16,5	40	805	21,4
13	40	619	13,1	40	753	21,3	40	648	18,8
14	40	846	22,9	40	863	23,1	39	744	21,7
15	40	785	20,9	40	789	21,2	40	764	20,6
16	40	770	17,6	40	764	17,4	40	777	18,1

60 пунктів									
17	60	1352	21,1	60	1261	22,7	60	1419	23,0
18	55	1304	21,3	55	1290	25,9	56	1354	21,8
19	60	1389	19,7	60	1372	25,1	60	1411	23,9

Застосування методу Кларка–Райта доцільне передусім у тих випадках, коли траєкторія руху має виражений радіальний характер, пункти обслуговування істотно віддалені один від одного, а планувальна структура вулично-дорожньої мережі наближена до радіальної або радіально-кільцевої. За таких умов побудова маршрутів за принципом укрупнення маятникових перевезень дає змогу ефективно скорочувати пробіг та зменшувати кількість окремих рейсів.

Навпаки, метод Фішера–Якумара та метод Коскосідіса–Пауелла доцільно застосовувати у разі щільного розташування пунктів обслуговування, наявності чітко виражених зон (кластерів) споживачів та переважання прямокутної схеми планування вулично-дорожньої мережі. За такої конфігурації мережі зональний розподіл пунктів і адаптивне формування маршрутів дозволяють краще збалансувати завантаження транспортних засобів і знизити сумарні витрати.

Для кожного з трьох методів було визначено коефіцієнти використання вантажопідйомності за всіма побудованими маршрутами, що дало змогу оцінити ефективність завантаження рухомого складу при доставці продукції. Графічні результати наведено на рис. 2.12–2.14. Середнє значення коефіцієнта використання вантажопідйомності для методів Кларка–Райта, Фішера–Якумара та Коскосідіса–Пауелла становить відповідно 0,718; 0,717 та 0,725, середньоквадратичне відхилення – 0,249; 0,249 та 0,247, а коефіцієнт варіації – 0,347; 0,348 та 0,341. Отже, метод Коскосідіса–Пауелла забезпечує дещо вищий середній рівень завантаження транспортних засобів і водночас характеризується найменшою відносною мінливістю показників.

Для інтегральної оцінки ефективності кожного евристичного підходу було сформовано зведені показники по всіх розрахованих задачах, які наведено в

таблиці 2.1. Аналіз цих даних показує, що для мережі з 17 пунктами споживання менші значення середньої відстані перевезень отримано при використанні методів Коскосідіса–Пауелла та Кларка–Райта, проте в останнього спостерігається менша кількість обслуговуваних пунктів. Для 40 пунктів знову найкращі результати щодо середньої відстані забезпечують методи Коскосідіса–Пауелла і Кларка–Райта. При обслуговуванні 60 споживачів більш вигідними виявляються методи Фішера–Якумара та Коскосідіса–Пауелла, які дозволяють досягти кращого компромісу між довжиною маршрутів і рівнем завантаження автомобілів.

Узагальнюючи результати з позицій ступеня використання вантажопідйомності та середньої відстані перевезення, можна рекомендувати для великих транспортних мереж (із кількістю споживачів понад 200) застосування розглянутих евристичних алгоритмів у такій послідовності зменшення пріоритету:

- метод Коскосідіса–Пауелла;
- метод Фішера–Якумара;
- метод Кларка–Райта.

2.3. Методи побудови маршрутів доставки дрібнопартійних вантажів

Вантажні перевезення автомобільним транспортом посідають одну з ключових позицій у системі господарських зв'язків та є важливою складовою економічної діяльності сучасної України. Саме автомобільний транспорт забезпечує високу гнучкість, мобільність і доступність логістичних послуг, формуючи значну частку інтегральної (комплексної) корисності логістичного

продукту для вантажовласника. Вирішальним чинником розвитку ринку автотранспортних перевезень виступає його економічна й соціальна ефективність, яка може бути досягнута лише за умови науково обґрунтованого вибору раціонального виду транспорту, типу рухомого складу та маршрутів переміщення вантажів. Правильно організована маршрутизація перевезень сприяє підвищенню продуктивності та оперативності перевізного процесу, скороченню порожніх пробігів, більш повному використанню вантажопідйомності автомобілів, підвищенню коефіцієнтів використання навантажувально-розвантажувального обладнання та інфраструктури. Маршрутизація автомобільних перевезень, що полягає у формуванні оптимальних (або наближених до оптимальних) маршрутів за умов наявності альтернативних варіантів переміщення вантажів, забезпечує раціональність транспортного обслуговування та високу рентабельність перевезень. Водночас залишається невирішеним комплекс проблем, пов'язаних із удосконаленням існуючих та розробленням нових методів і алгоритмів формування маршрутів вантажних автомобільних перевезень, зокрема для умов складної міської транспортної мережі.

Завдання вибору раціональних або оптимальних схем переміщення вантажів між кінцевим (обмеженим) числом пунктів за допомогою одного чи кількох транспортних засобів у теорії і практиці організації перевезень відносять до задач маршрутизації. Маршрутизація перевезень розглядається як один із найбільш досконалих способів організації матеріальних потоків, що істотно впливає на прискорення обороту рухомого складу за рахунок скорочення непродуктивних простоїв і нераціональних пробігів, а також забезпечує ефективніше використання транспортних ресурсів. Особливої актуальності набуває проблема вдосконалення методів формування маршрутів дрібнопартійних перевезень вантажів у транспортних мережах міст, де спостерігається висока щільність вантажовласників і значне загострення конкуренції на ринку автотранспортних послуг. Поглиблення конкурентної боротьби змушує перевізників постійно шукати нові джерела підвищення

конкурентоспроможності. Керівники і менеджери автотранспортних підприємств пов'язують такі переваги з підвищенням якості транспортного обслуговування, зниженням собівартості перевезень, поліпшенням умов і швидкості обслуговування клієнтів, своєчасним реагуванням на зміну вимог до транспортних послуг, переходом на нові стандарти організації діяльності та впровадженням сучасних логістичних і інформаційних технологій у транспортний процес.

Однією з ключових задач, яку доводиться вирішувати практично кожному перевізникові, є економічно обґрунтоване й ефективне планування маршруту за наявною мережею автомобільних доріг. Серед широкого кола задач планування вантажних автомобільних перевезень виокремлюють специфічний клас задач, пов'язаних із плануванням дрібнопартійних перевезень, коли розмір окремої відправки або поставки істотно менший за вантажопідйомність автомобіля. У разі прямого (адресного) виконання таких перевезень, як правило, не забезпечується повне завантаження рухомого складу, що призводить до зростання питомих витрат. З метою підвищення ефективності використання вантажопідйомності автомобілів перевезення дрібних партій вантажів організовують за розвізними (або збірними) маршрутами, у межах яких один транспортний засіб обслуговує послідовно кілька вантажовласників. Суть розв'язання зазначеного завдання полягає у формуванні таких маршрутів руху транспортних засобів, які дозволяють виконати заданий обсяг перевезень із мінімальним загальним пробігом або витратами часу на доставку. Для цього застосовують різні методи побудови базового (початкового) маршруту, а також різноманітні стратегії обслуговування вантажовласників – від простих евристичних правил до складних оптимізаційних алгоритмів [25]. Розроблення ефективних маршрутів і проєктів планів перевезень сприяє своєчасному та безперебійному виконанню поставок продукції, підвищенню надійності транспортного обслуговування та забезпечує узгоджену взаємодію між постачальниками, одержувачами й автотранспортними організаціями в єдиній логістичній системі.

Процес планування маршрутів дрібнопартійних автомобільних перевезень у транспортних системах міст є складною багатокритеріальною задачею, тісно пов'язаною з аналізом великих масивів вхідної інформації. До таких даних належать: кількість постачальників і перевізників, число вантажоодержувачів, склад і структура парку автомобілів (за типами, вантажопідйомністю та спеціалізацією), обсяги попиту кожного споживача, а також динаміка змін цього попиту в часі. Додатково процес ускладнюється необхідністю урахування широкого спектра технологічних та організаційних обмежень: допустимих швидкостей та напрямків руху, пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі, регламентованого часу транспортного циклу, режимів роботи складів, обмежень за масою та габаритами транспортних засобів тощо.

Основною метою планування є розробка таких сценаріїв функціонування транспортної системи, які б забезпечували задоволення потреб значної кількості споживачів у перевезенні товарів широкого асортименту, з різними рівнями попиту й вираженими його коливаннями. При цьому формування маршрутів доставки має здійснюватися в умовах постійного виникнення нових вимог до підвищення ресурсної ефективності та екологічності, що, своєю чергою, стимулює впровадження ресурсозберігаючих технологій як у промисловості, так і в транспортній галузі. Збільшенню частки перевезень малими партіями сприяє розширення сегмента малих та середніх виробничих і торговельних підприємств, які здійснюють порівняно невеликі обсяги операційної діяльності, а також ширше застосування спеціалізованого рухомого складу (ізотермічні фургони, малотоннажні автомобілі, автомобілі з підйомними механізмами тощо).

Проведений огляд існуючих методів планування автомобільних перевезень малими партіями показує, що переважна більшість з них ґрунтується на класичній постановці задачі комівояжера, яка зводиться до визначення найкоротшого маршруту об'їзду всієї множини клієнтів одним транспортним засобом [26]. На цій основі формуються різні модифікації й узагальнення, що враховують практичні особливості транспортного процесу. Загальна методика

планування перевезень вантажів малими партіями, як правило, розглядає декілька типових варіантів:

- організацію розвезення вантажу з урахуванням початкового місцезнаходження транспортного засобу;
- побудову збірно-розвізних маршрутів, коли один автомобіль послідовно збирає та/або розвозить дрібні партії вантажів;
- формування маршрутів із урахуванням обраного критерію ефективності, що відображає переважно інтереси власника або оператора рухомого складу.

З позицій утримувача (оператора) транспортних засобів критерії ефективності зазвичай формуються виходячи з мінімізації його витрат або максимізації доходу. До таких критеріїв можуть належати: загальна довжина маршруту, кількість одиниць рухомого складу, необхідних для виконання заданої роботи, рівень завантаження автомобіля, коефіцієнти використання пробігу тощо. Однак за такого підходу не завжди адекватно враховуються інтереси споживачів транспортних послуг, зокрема вимоги до термінів доставки, надійності постачань, стабільності графіка обслуговування, гнучкості реакції на зміну попиту.

Тому при плануванні перевезень вантажів малими партіями постає завдання формування узагальненого критерію ефективності, який би відображав інтереси всіх ключових учасників – як перевізника, так і клієнтів. У даній роботі запропоновано відповідний критерій для цього класу задач, що поєднує показники, орієнтовані на оператора транспортних засобів (витрати, завантаження, пробіг), із показниками, що характеризують якість обслуговування споживачів (час доставки, ритмічність, надійність) [27]. Такий підхід дає змогу переходити від однобічно орієнтованого планування до компромісних рішень, які є прийнятними для обох сторін і підвищують загальну ефективність функціонування міських транспортно-логістичних систем.

У даному дослідженні як узагальнений критерій ефективності обрано функцію сукупного оптимального прибутку транспортної організації та її

клієнтів. Такий підхід дозволяє одночасно врахувати інтереси обох сторін перевізного процесу:

$$\Pi = \Pi_{\text{тз}} + \Pi_{\text{кл}} \rightarrow \text{opt}, \quad (2.10)$$

де Π – сумарний (сукупний) прибуток у системі «перевізник–клієнт»;

$\Pi_{\text{тз}}$ – прибуток, який отримує власник (оператор) транспортного засобу;

$\Pi_{\text{кл}}$ – прибуток (або економічний виграш), який отримує клієнт у разі своєчасного прибуття транспортного засобу в кожну вершину (пункт) транспортної мережі.

Прибуток власника транспортного засобу насамперед визначається обсягом виконаної транспортної роботи за умови, що витрати на один кілометр пробігу залишаються сталими або змінюються в незначних межах. У цьому разі зростання завантаження автомобіля та раціональне формування маршрутів безпосередньо сприяють збільшенню доходу перевізника. Водночас, якщо в умовах договору передбачено, що за несвоєчасну доставку вантажу перевізник зобов'язаний компенсувати клієнтові завдані збитки (штрафні санкції, пені, неустойки), то фактичний прибуток власника транспортного засобу зменшується на суму таких штрафів, що має бути відображено в розрахунках критерію.

З-поміж багатьох можливих варіантів організації перевезень малими партіями найбільш змістовним і наближеним до реальних умов є варіант, за якого вантаж повинен бути доставлений у відносно стислий (обмежений) проміжок часу. У такій постановці задача суттєво ускладнюється, оскільки кожна затримка доставки, навіть незначне відхилення від запланованого часу прибуття транспортного засобу до клієнта, призводить до зниження ефективності роботи споживача: порушення виробничого або торговельного циклу, виникнення додаткових простоїв, недоотримання прибутку тощо. Саме тому в моделі доцільно враховувати не лише витрати та пробіг перевізника, а й часову чутливість клієнтів, що відображається у складовій $\Pi_{\text{кл}}$ і дозволяє перейти від одностороннього до справді інтегрального критерію ефективності.

Аналіз процедур формування маршрутів доцільно розглянути на прикладі діяльності компанії «TNT», яка позиціонує себе як логістичний оператор, орієнтований на індивідуальний підхід до кожного споживача транспортних послуг. Компанія надає послуги автомобільних вантажних перевезень у різних режимах, пропонуючи клієнтам економічно обґрунтовані варіанти доставки з урахуванням специфіки вантажу, географії перевезень та часових обмежень. Зокрема, ТОВ «TNT» здійснює експрес-доставку по м. Києву в режимі надстрокового замовлення (орієнтовно в межах 1–4 годин з моменту виклику), що потребує високого рівня оперативності планування та гнучкого управління маршрутами руху автомобілів. Експрес-доставка вантажів по території України та за її межі реалізується за принципом «від дверей до дверей», тобто з безпосереднім обслуговуванням вантажовідправника й вантажоодержувача у місцях їхньої дислокації.

Тарифна політика компанії побудована таким чином, щоб забезпечити кожному клієнтові можливість вибору найбільш зручних та економічно вигідних умов обслуговування. Важливою складовою конкурентоспроможності виступає використання індивідуального програмного забезпечення, розробленого з урахуванням специфіки наданих послуг. Таке програмне забезпечення дозволяє клієнтам у режимі реального часу відстежувати стан будь-якого відправлення, що суттєво підвищує прозорість логістичного процесу та довіру до перевізника. Додаткові конкурентні переваги формуються завдяки роботі професійного та мотивованого персоналу, який надає консультативну підтримку з усіх питань, пов'язаних із доставкою вантажів, а також завдяки гнучкій системі оплати, звітності та наданню знижок корпоративним клієнтам.

Компанія «TNT» здійснює розроблення індивідуальних логістичних рішень на основі потреб конкретних клієнтів, що передбачає адаптацію маршрутних схем, графіків доставки та структури сервісу під особливості вантажопотоків. Співробітники підприємства контролюють процес перевезення вантажу на всіх етапах його руху, забезпечуючи безперервність логістичного ланцюга. Автомобільні перевезення, що виконуються ТОВ «TNT»,

характеризуються високим рівнем доступності, адресності, маневреності, гнучкості та динамічності. Компанія забезпечує можливість використання різноманітних маршрутів і схем доставки, гарантує високий ступінь збереження вантажу, підтримує відправлення малими партіями, а також надає клієнтам право вибору перевізника і можливість замовлення транспортного засобу за відносно короткий час до відвантаження (орієнтовно за три години).

Ключовим стратегічним пріоритетом підприємства є інтегрованість логістичної системи, що проявляється у широкому спектрі послуг, які надаються, безперервному удосконаленні логістичних процесів та розширенні мережі власних представництв. Якщо розглядати поставлені завдання через призму концепції логістичної системи «точно в строк» (Just-in-Time), можна констатувати, що діяльність ТОВ «TNT» орієнтована на максимальне наближення до вимог клієнтів щодо термінів і параметрів обслуговування. Персонал компанії поділяє «філософію сервісу», яка передбачає не лише вчасну, а й своєчасну з точки зору клієнта доставку вантажу – у конкретні часові інтервали, погоджені заздалегідь, при чітко визначених витратах і параметрах якості послуг. При вирішенні транспортних завдань менеджери ТОВ «TNT» активно використовують сучасні теоретичні та методологічні напрацювання в галузі логістики, теорії транспортних процесів і управління ланцюгами поставок.

Окрім застосування існуючих методичних підходів, у компанії сформовано власну транспортну стратегію, визначено її цілі та базові принципи. Одним із важливих напрямів досліджень є розроблення аналітичних методів для розподілу маршрутів між транспортними засобами, вивчення компромісів між рівнем запасів, параметрами транспортування, термінами доставки та розміщенням запасів на регіональних складах. Перспективним напрямом вважається інтеграція експертних систем підтримки управлінських рішень із транспортно-маршрутними системами на основі взаємопов'язаної оптимізації матеріальних, інформаційних та фінансових потоків. Реалізація такого підходу стала можливою завдяки широкій комп'ютеризації ланок логістичної системи, їх підключенню до єдиної інформаційної мережі з високою швидкістю передавання

даних і можливістю роботи з віддаленими терміналами. Це, своєю чергою, забезпечує ефективний моніторинг руху вантажів і контроль транспортних потоків у реальному часі.

Усі зазначені заходи спрямовані на зниження транспортних витрат та забезпечення доставки вантажів «точно в строк». Можна стверджувати, що за умови кваліфікованого управління матеріальними потоками на всьому шляху їхнього руху – від виробника до кінцевого споживача – діяльність ТОВ «TNT» сприяє зменшенню витрат на транспортування та підвищенню загальної ефективності логістичної системи.

Удосконалення планування маршрутів перевезень та покращення схем і стратегій обслуговування клієнтів у компанії здійснюється за кількома основними напрямками. По-перше, це підвищення якості робіт, пов'язаних із формуванням ринкових зон обслуговування, прогнозуванням матеріальних потоків, їх обробленням в обслуговувальних каналах («склад–склад», «склад–двері», «двері–двері») та організацією оперативного управління й регулювання матеріальних потоків. По-друге, це підвищення якості розв'язання завдань, що охоплюють розроблення системи організації транспортного процесу: планів перевезень, планів розподілу видів діяльності, схем формування вантажопотоків, графіків руху транспортних засобів тощо. По-третє, це вдосконалення планування робіт, пов'язаних з управлінням запасами на складських комплексах, розміщенням вантажів і їх обслуговуванням транспортними засобами та інформаційними системами.

РОЗДІЛ 3. МАРШРУТНЕ ПЛАНУВАННЯ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ І ОРГАНІЗАЦІЯ РУХУ ТРАНСПОРТУ

3.1. Застосування методу Кларка–Райта для оптимізації системи дрібнопартійних перевезень ТОВ «TNT»

Для комплексного розв’язання задачі маршрутизації перевезень дрібнопартійних вантажів на прикладі компанії ТОВ «TNT» доцільно застосувати алгоритм Кларка–Райта. Використання цього методу для організації партійних перевезень дає змогу одночасно:

- сформувати раціональні маршрути доставки вантажів;
- обґрунтувати типи рухомого складу, що залучаються до обслуговування клієнтів;
- визначити необхідну кількість автомобілів за кожним типом.

Основні етапи реалізації методу Кларка–Райта для умов ТОВ «TNT» можна подати в такій послідовності.

1. Формування початкового плану використання автомобілів різної вантажопідйомності. Виходячи з умов транспортного обслуговування, розглядаємо систему, у якій необхідно забезпечити доставку вантажів 25 одержувачам. Спочатку для кожного такого одержувача припускається окремий маятниковий маршрут із відправленням вантажу від складу до клієнта і поверненням порожнього (або частково завантаженого) автомобіля. Для кожного з цих початкових маршрутів призначається автомобіль мінімально

можливої вантажопідйомності, що здатен забезпечити перевезення відповідної партії вантажу.

Максимальний розмір разової партії вантажу становить 10,7 т. З урахуванням того, що коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності для вантажів 4-го класу, які перевозяться товариством, дорівнює 0,391, та беручи до уваги масу тари, можна показати, що для перевезення такої партії потрібен автомобіль фактичною вантажопідйомністю не менше ніж 27 т. У зв'язку з цим як автомобіль максимальної вантажопідйомності обирається автопоїзд у складі тягача MAN TGA 18.480 4×2 BLS з напівпричепом Schmitz SPR 24, вантажопідйомністю 27 т. Саме цей рухомий склад доцільно використовувати для обслуговування напрямку з найбільшим разовим обсягом поставки, тоді як в інші пункти доставки надходять партії вантажу, що у декілька разів менші за зазначену величину.

Для решти одержувачів максимальний обсяг партії становить до 3,1 т. З урахуванням значення коефіцієнта статичного використання вантажопідйомності вибір робиться на користь автомобіля-фургона MAN 26.403 вантажопідйомністю 12 т, який є доцільним варіантом для перевезення дрібних партій у міських та приміських умовах.

Додатковою передумовою формування розвізних маршрутів у рамках методу Кларка–Райта є обмеження за часом доставки: кожний розвізний маршрут, сформований у результаті маршрутизації, не повинен перевищувати 14,5 год загального часу в наряді. До цього часу входять, зокрема, 0,2 год на завантаження і розвантаження 1 т вантажу в проміжних пунктах. Виняток можливий лише у випадках, коли виконання зазначеної умови є фізично неможливим через значну віддаленість пункту доставки. Крім того, кожен маршрут повинен включати орієнтовно 4–5 пунктів завою, що забезпечує компроміс між завантаженням автомобіля та допустимою тривалістю рейсу.

Між обраними варіантами рухомого складу (максимальної та малої вантажопідйомності) доцільно передбачити ще автомобіль середньої вантажопідйомності, який дозволяє гнучко реагувати на зміну розмірів партій

вантажу та структури попиту. У якості такого можна використовувати автопоїзд на базі того ж тягача MAN TGA 18.480 4×2 BLS з модифікованим напівпричепом Schmitz SPR 24/1 вантажопідйомністю близько 20 т. Наявність трьох градацій вантажопідйомності (12, 20 і 27 т) сприяє кращому узгодженню розмірів партій вантажу з можливостями рухомого складу, що, у свою чергу, позитивно впливає на результати маршрутизації, виконаної методом Кларка–Райта.

Таблиця 3.1

Формування початкового плану використання рухомого складу

Рухомий склад	MAN 26403 q _{min} = 12 т	MAN TGA 18.480 4 x2 BLS +н/п Schmitz SPR 24/1 q _c = 20 т	MAN TGA 18.480 4 x2 BLS +н/п Schmitz SPR 24 q _{max} =27 т
Зайняті автомобілі	18,17,15,14,13,11,9,8,7	5,4,3,2,1	4,4,5,6,7
Вільні автомобілі	1,3,4,5,7,9,10,12	1,2,3,4	

На другому етапі застосування методу Кларка–Райта формують початковий план руху автомобілів між пунктами завезення вантажу і складають таблицю, яка дає змогу оцінити ефект (виграш) від об'єднання окремих маятникових рейсів у спільні розвізні маршрути. Вихідною умовою є те, що початковий план повністю складається з маятникових маршрутів, і на кожному з них автомобіль обслуговує лише одного споживача за схемою «склад – одержувач – склад».

У розрахунковій таблиці для кожного пункту завезення фіксуються дві групи показників:

- час руху між відповідними пунктами (склад – клієнт, клієнт – склад, клієнт – клієнт);
- очікуваний виграш від можливого об'єднання двох маятникових маршрутів в один розвізний.

Час переміщення автомобіля між пунктами завезення проставляється у правій частині рядка, що відповідає конкретному пункту доставки. Величина

виграшу записується у лівій частині цього ж рядка й відображає зменшення загального часу руху, якого можна досягти в разі об'єднання двох маятникових маршрутів в один розвізний. При цьому виграш розраховується як різниця між:

- сумою часів завезення вантажу до кожного з двох пунктів при окремому (маятниковому) обслуговуванні;
- часом завезення, який матиме місце при виконанні спільного розвізного маршруту.

Схему часу проїзду між усіма пунктами, що беруть участь у перевезеннях, наведено у таблиці 3.3, яка є базовою для подальших кроків маршрутизації.

Для підвищення зручності й наочності розрахунків кожному пункту доставки (місту, складу, торговельному об'єкту) присвоюють умовний індекс і заносять його разом із характеристиками до узагальнювальної таблиці. У цій таблиці додатково фіксуються: добові обсяги перевезень у кожен пункт;

- розрахунковий час розвантаження, який надалі використовується для перевірки дотримання обмежень за часом роботи автомобіля на маршруті й формування кінцевих розвізних схем.

Таблиця 3.2

Маркування маршрутів руху

№ п/п	Назва міста	Індекс	Час на завантаження, год	Маса перевезень, т
1	2	3	4	5
1	Київ	P0		
2	Вінниця	P1	1,0	5,2
3	Дніпро	P2	1,4	7,0
4	Маріуполь	P3	1,9	9,5
5	Житомир	P4	0,3	1,3
6	Запоріжжя	P5	0,4	2,1
7	Камянець	P6	0,1	0,3
8	Кіровоград	P7	0,2	1,1
9	Кривий Ріг	P8	0,1	0,7
10	Ковель	P9	0,1	0,1
11	Краматорськ	P10	0,3	1,7
12	Сіверськодонецьк	P11	0,3	1,3

продовження таблиці 3.2

13	Львів	P12	3,6	17,9
14	Миколаїв	P13	0,4	1,9
15	Одеса	P14	2,1	10,7
16	Полтава	P15	0,5	2,3
17	Рівне	P16	0,4	1,9
18	Мелітополь	P17	1,0	5,0
19	Суми	P18	0,6	2,8
20	Тернопіль	P19	0,6	3,1
21	Харків	P20	1,4	7,2
22	Херсон	P21	0,6	2,8
23	Хмельницький	P22	0,4	1,9
24	Черкаси	P23	0,5	2,6
25	Чернівці	P24	0,3	1,5
26	Чернігів	P25	0,5	2,7

Таблиця 3.3

Матриця часу руху автомобіля між пунктами доставки

	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
P0	-												
P1	4,7	-											
P2	9,7	11,7	-										
P3	13,2	15,8	4,6	-									
P4	2,4	2,3	12,1	15,6	-								
P5	11,0	13,6	1,5	3,9	13,4	-							
P6	7,8	3,6	14,2	18,7	5,2	15,4	-						
P7	5,4	5,7	5,3	9,5	7,4	5,5	9,6	-					
P8	11,4	13,5	1,7	6,3	13,8	3,2	12,9	3,4	-				
P9	8,3	8,2	15,9	21,5	5,9	13,6	7,5	13,3	17,6	-			
P10	14,7	19,2	7,2	2,7	21,5	6,6	22,9	12,1	8,9	23,1	-		
P11	7,1	6,9	14,6	20,2	4,7	12,4	6,2	12,1	16,4	1,3	21,8	-	
P12	12,0	6,5	17,7	22,2	7,7	15,1	5,8	12,9	19,5	4,0	25,1	2,8	-
P13	8,9	8,6	6,2	11,1	12,3	6,9	12,2	3,2	2,3	15,4	15,6	14,2	15,5
P14	8,9	7,8	8,5	13,3	10,1	9,0	11,4	5,3	5,5	16,8	17,8	15,6	17,6
P15	6,1	10,8	3,6	7,1	8,5	4,9	13,3	4,5	5,3	14,4	8,6	13,2	16,2
P16	5,8	5,7	17,4	19,0	3,4	16,8	5,0	11,4	19,1	2,5	20,5	1,3	4,2
P17	17,7	15,3	8,1	10,7	14,6	6,6	19,0	10,4	7,5	20,4	13,4	19,1	21,3
P18	6,3	10,9	7,8	12,8	8,7	8,7	13,5	9,2	9,5	14,6	4,6	13,3	16,3
P19	7,8	4,2	15,9	20,0	5,4	17,8	3,5	9,9	17,7	4,1	23,4	2,9	2,3
P20	8,7	13,3	3,9	6,1	12,5	5,2	17,0	7,0	5,6	17,0	6,1	15,7	18,7
P21	10,0	9,5	6,8	10,2	11,3	5,4	13,1	4,1	8,6	17,1	14,7	15,8	20,7
P22	5,7	2,2	13,9	18,0	3,4	15,9	1,5	7,9	15,6	6,0	21,4	4,8	4,4
P23	3,5	6,2	5,9	9,9	5,8	7,4	9,9	2,3	7,6	11,8	12,8	10,5	13,5
P24	9,8	5,7	16,2	20,7	7,1	17,4	1,5	11,6	17,9	7,4	23,5	6,1	5,1
P25	2,7	7,2	12,2	15,8	4,9	13,6	9,7	6,6	13,9	18,5	17,3	17,3	12,5

продовження таблиці 3.3

	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25
P13	-												
P14	2,2	-											
P15	7,6	9,8	-										
P16	15,7	13,5	12,1	-									
P17	5,1	7,1	11,5	21,0	-								
P18	12,4	14,5	4,7	12,1	16,3	-							
P19	13,7	12,0	15,0	2,9	19,9	14,1	-						
P20	10,1	15,1	2,6	14,6	11,9	3,5	17,9	-					
P21	0,9	3,1	8,6	15,2	4,0	13,3	15,1	10,5	-				
P22	10,7	10,0	11,9	3,5	17,5	12,0	2,0	15,5	11,7	-			
P23	5,5	7,6	5,1	9,2	12,7	9,8	10,5	7,6	6,4	8,4	-		
P24	11,7	9,4	16,2	6,0	17,8	16,1	3,2	18,8	13,0	3,5	12,0	-	
P25	11,6	9,6	8,7	8,3	20,2	6,4	10,3	11,1	12,6	8,3	6,0	12,6	-

Таблиця 3.4

Початковий план руху між пунктами завезення вантажу та розраховані
виграші

P0																
4,7	P1	P1														
9,7	2,6	11,7	P2	P2												
13,2	2,1	15,8	18,3	4,6	P3	P3										
2,4	4,8	2,3	0,0	12,1	0,0	15,6	P4	P4								
11,0	2,1	13,6	19,3	1,5	20,3	3,9	0,0	13,4	P5	P5						
7,8	8,8	3,6	3,3	14,2	2,3	18,7	4,9	5,2	3,4	15,4	P6	P6				
5,4	4,3	5,7	9,8	5,3	9,2	9,5	0,4	7,4	10,9	5,5	3,6	9,6	P7	P7		
11,4	2,6	13,5	19,4	1,7	18,3	6,3	0,0	13,8	19,3	3,2	6,3	12,9	13,4	3,4	P8	P8
8,3	4,8	8,2	2,1	15,9	0,1	21,5	4,8	5,9	5,7	13,6	8,6	7,5	0,4	13,3	2,1	17,6
14,7	0,2	19,2	17,3	7,2	25,3	2,7	0	21,5	19,1	6,6	0	22,9	8,0	12,1	17,3	8,9
7,1	4,8	6,9	2,1	14,6	0,1	20,2	4,8	4,7	5,7	12,4	8,6	6,2	0,4	12,1	2,1	16,4
10,0	8,1	6,5	2,0	17,7	1,0	22,2	4,7	7,7	5,9	15,1	12,0	5,8	2,5	12,9	2,0	19,5
8,9	5,0	8,6	12,4	6,2	11,0	11,1	0	12,3	13,1	6,9	4,5	12,2	11,2	3,2	18,0	2,3
8,9	5,8	7,8	10,1	8,5	8,8	13,3	1,1	10,1	10,9	9,0	5,3	11,4	9,0	5,3	14,8	5,5
6,1	0,0	10,8	12,3	3,6	12,3	7,1	0,0	8,5	12,3	4,9	0,6	13,3	7,1	4,5	12,3	5,3
5,8	4,8	5,7	0	17,4	0,0	19,0	4,8	3,4	0,0	16,8	8,6	5,0	0	11,4	0	19,1
17,7	7,0	15,3	19,3	8,1	20,1	10,7	5,5	14,6	22,1	6,6	6,5	19,0	12,7	10,4	21,5	7,5
6,3	0,0	10,9	8,2	7,8	6,7	12,8	0,0	8,7	8,7	8,7	0,6	13,5	2,5	9,2	8,2	9,5
7,8	8,2	4,2	1,5	15,9	1,0	20,0	4,7	5,4	1,0	17,8	12,1	3,5	3,2	9,9	1,5	17,7
8,7	0,0	13,3	14,5	3,9	15,8	6,1	0	12,5	14,5	5,2	0	17,0	7,1	7,0	14,5	5,6
10,0	5,2	9,5	12,9	6,8	13,1	10,2	1,1	11,3	15,7	5,4	4,7	13,1	11,3	4,1	12,9	8,6
5,7	8,2	2,2	1,5	13,9	1,0	18,0	4,7	3,4	0,9	15,9	12,1	1,5	3,2	7,9	1,5	15,6
3,5	1,9	6,2	7,3	5,9	6,7	9,9	0,0	5,8	7,1	7,4	1,4	9,9	6,6	2,3	7,3	7,6
9,8	8,8	5,7	3,3	16,2	2,3	20,7	5,1	7,1	3,4	17,4	16,1	1,5	3,6	11,6	3,3	17,9
2,7	0,2	7,2	0,2	12,2	0,2	15,8	0,2	4,9	0,2	13,6	0,8	9,7	1,5	6,6	0,2	13,9

P9	P9														
0,0	23,1	P10	P10												
14,1	1,3	0,0	21,8	P11	P11										
14,3	4,0	0	25,1	14,3	2,8	P12	P12								
1,8	15,4	8,1	15,6	1,8	14,2	3,5	15,5	P13	P13						
0,4	16,8	5,9	17,8	0,4	15,6	1,3	17,6	15,6	2,2	P14	P14				
0,0	14,4	12,3	8,6	0,0	13,2	0	16,2	7,4	7,6	5,2	9,8	P15	P15		
11,6	2,5	0,0	20,5	11,6	1,3	11,6	4,2	0	15,7	1,2	13,5	-0,2	12,1	P16	P16
5,6	20,4	19,0	13,4	5,6	19,1	6,3	21,3	21,5	5,1	19,4	7,1	12,3	11,5	2,4	21,0
0,0	14,6	16,4	4,6	0,0	13,3	0,0	16,3	2,8	12,4	0,6	14,5	7,7	4,7	0,0	12,1
11,9	4,1	0	23,4	11,9	2,9	15,4	2,3	3,0	13,7	4,7	12,0	0	15,0	10,6	2,9
0,0	17,0	17,4	6,1	0,0	15,7	0,0	18,7	7,5	10,1	2,5	15,1	12,3	2,6	0	14,6
1,3	17,1	10,1	14,7	1,3	15,8	0	20,7	18,0	0,9	15,8	3,1	7,6	8,6	0,6	15,2
8,0	6,0	0	21,4	8,0	4,8	11,4	4,4	3,9	10,7	4,7	10,0	0,0	11,9	8,0	3,5
0,0	11,8	5,4	12,8	0,0	10,5	0,0	13,5	6,9	5,5	4,7	7,6	4,5	5,1	0,0	9,2
10,7	7,4	1,0	23,5	10,7	6,1	14,7	5,1	7,0	11,7	9,3	9,4	0	16,2	9,5	6,0
0	18,5	0,2	17,3	0	17,3	0,2	12,5	0,0	11,6	2,0	9,6	0,2	8,7	0,2	8,3

P17	P17														
7,7	16,3	P18	P18												
5,5	19,9	0,0	14,1	P19	P19										
14,5	11,9	11,5	3,5	0	17,9	P20	P20								
23,7	4,0	3,0	13,3	2,7	15,1	8,2	10,5	P21	P21						
5,9	17,5	0,0	12,0	11,5	2,0	0	15,5	4,1	11,7	P22	P22				
8,5	12,7	0	9,8	0,8	10,5	4,5	7,6	7,1	6,4	0,8	8,4	P23	P23		
9,6	17,8	0,0	16,1	14,3	3,2	0	18,8	6,8	13,0	12,1	3,5	1,2	12,0	P24	P24
0,2	20,2	2,6	6,4	0,1	10,3	0,3	11,1	0,2	12,6	0,2	8,3	0,2	6,0	0	12,6

Розрахунок виграшу за часом проілюструємо на прикладі елемента матриці, що розташований у стовпці P2 та рядку P6 (таблиця 3.5). Даний елемент відповідає варіанту об'єднання двох маятникових маршрутів: маршруту P0–P2–P0 та маршруту P0–P6–P0, у результаті чого формується єдиний розвізний маршрут P0–P2–P6–P0.

У початковому плані рух здійснювався окремо за двома маятниковими схемами, і в загальному часі проїзду враховувалися відстані (часи руху) від пункту P2 до P0 та від пункту P6 до P0, сумарне значення яких становить:

$$t_{P2 \rightarrow P0} + t_{P6 \rightarrow P0} = 9,7 + 7,8 = 17,5.$$

Після об'єднання маршрутів у розвізний P0–P2–P6–P0 замість двох окремих переміщень до пункту P0 виконується безпосередній проїзд від P2 до P6, тривалість якого дорівнює 14,2 (год). Отже, виграш за часом від об'єднання

цих двох маятникових маршрутів в один розвізний обчислюється як різниця між попереднім сумарним часом і новим значенням: $\Delta t = 17,5 - 14,2 = 3,3$, і саме це значення заноситься у відповідну клітинку матриці виграшів (позиція перетину рядка P6 і стовпця P2).

3.2. Розроблення робочого плану маршрутів доставки вантажів

Після виконання розрахунків і побудови початкового плану проїзду та виграшів цей план переписують у спрощеному вигляді, залишаючи в ньому лише значення виграшів. Такий підхід дозволяє зосередитися на процедурах об'єднання маятникових маршрутів, не перевантажуючи схему надлишковою інформацією про часи руху.

Додатково в робочому плані для кожного маршруту вводиться індекс, який може набувати одного з трьох значень:

- «2» – маршрут відповідає простому маятниковому рейсу, коли автомобіль обслуговує одного споживача за схемою «склад–пункт–склад»;
- «1» – пункт розглядається як початковий або кінцевий на розвізному маршруті (фактично це «крайні» вершини в ланцюгу обслуговування);
- «0» – пункт розташований усередині розвізного маршруту, тобто автомобіль проходить через нього між іншими пунктами заводу.

Структуру такого робочого плану подано в таблиці 3.5.

Наступний крок алгоритму полягає в послідовному об'єднанні маятникових маршрутів. Спочатку обирають пару маршрутів із максимальним значенням виграшу – саме їх доцільно першими трансформувати в один розвізний маршрут. Об'єднання вважається допустимим лише за умови, що:

- сукупний обсяг вантажу на новоствореному маршруті не перевищує вантажопідйомність закріпленого автомобіля (з урахуванням можливого повного завантаження);

- загальний час доставки (руху та навантажувально-розвантажувальних операцій) не перевищує допустимий час роботи автомобіля на лінії, встановлений вихідними умовами задачі.

У процесі об'єднання індекси маршрутів перепризначаються: для пунктів, що стали крайніми на новому розвізному маршруті, індекс змінюється на «1», а рядок, для якого індекс набуває значення «0» (пункт опинився всередині сформованого ланцюга), у подальших кроках алгоритму вже не розглядається як кандидат для нових об'єднань. Процедуру продовжують доти, доки не залишиться жодної пари маятникових чи проміжних маршрутів, об'єднання яких є доцільним з точки зору прийнятого критерію.

Як видно з таблиці 3.5, найбільший виграш за часом, що дорівнює 25,3 год, досягається у разі об'єднання маятникових маршрутів P0–P3–P0 та P0–P10–P0 у розвізний маршрут P0–P3–P10–P0. У цьому випадку загальний обсяг перевезень становитиме: $Q = 9,2 + 1,5 = 10,7$ т, а сумарний час доставки (з урахуванням руху та виконання навантажувально-розвантажувальних операцій із розрахунку 0,2 год на 1 т вантажу) становитиме: $T = 13,2 + 1,4 + 2,7 = 17,3$ год.

Отримане значення часу перевищує встановлену межу 14,5 год, однак з огляду на значну відстань до пункту P10 скоротити тривалість рейсу практично неможливо. Для обслуговування такого маршруту потрібен автомобіль вантажопідйомністю не менше 27 т. Оскільки на підприємстві наявний рухомий склад із відповідними характеристиками, об'єднання зазначених маятникових маршрутів визнається допустимим і доцільним.

Після виконання об'єднання індикатори рядків, що відповідають пунктам P3 та P10 (у вихідному варіанті – рядкам P1 і P14), набувають значення «1», а інформація про наявні та зайняті автомобілі різної вантажопідйомності коригується відповідно до нового стану робочого плану. Це забезпечує можливість подальших кроків маршрутизації з урахуванням фактичного завантаження транспортного парку.

Таблиця 3.6 – Робочий план виграшів

+	Обсяг заводу	I	P0																										
	5,2	1	4,7	P1																									
	7,0	1	9,7	2,6	P2																								
	9,2	1	13,2	2,1	18,3	P3																							
	1,3	1	2,4	4,8	0,0	0,0	P4																						
	2,1	1	11,0	2,1	19,3	20,3	0,0	P5																					
	0,3	0	7,8	8,8	3,3	2,3	4,9	3,4	P6																				
	1,1	1	5,4	4,3	9,8	9,2	0,4	10,9	3,6	P7																			
	0,7	1	11,4	2,6	19,4	18,3	0,0	19,3	6,3	13,4	P8																		
	0,1	1	8,3	4,8	2,1	0,1	4,8	5,7	8,6	0,4	2,1	P9																	
	1,5	1	14,7	0,2	17,3	25,3	-4,4	19,1	-0,3	8,0	17,3	0,0	P10																
	1,3	0	7,1	4,8	2,1	0,1	4,8	5,7	8,6	0,4	2,1	14,1	0,0	P11															
	17,9	2	12,0	8,1	2,0	1,0	4,7	5,9	12,0	2,5	2,0	14,3	-0,3	14,3	P12														
	1,9	1	8,9	5,0	12,4	11,0	-1,0	13,1	4,5	11,2	18,0	1,8	8,1	1,8	3,5	P13													
	10,7	2	8,9	5,8	10,1	8,8	1,1	10,9	5,3	9,0	14,8	0,4	5,9	0,4	1,3	15,6	P14												
	2,3	1	6,1	0,0	12,3	12,3	0,0	12,3	0,6	7,1	12,3	0,0	12,3	0,0	-0,1	7,4	5,2	P15											
	1,9	1	5,8	4,8	-1,9	0,0	4,8	0,0	8,6	-0,2	-1,9	11,6	0,0	11,6	11,6	-1,0	1,2	-0,2	P16										
	5,0	1	17,7	7,0	19,3	20,1	5,5	22,1	6,5	12,7	21,5	5,6	19,0	5,6	6,3	21,5	19,4	12,3	2,4	P17									
	2,8	2	6,3	0,0	8,2	6,7	0,0	8,7	0,6	2,5	8,2	0,0	16,4	0,0	0,0	2,8	0,6	7,7	0,0	7,7	P18								
	3,1	2	7,8	8,2	1,5	1,0	4,7	1,0	12,1	3,2	1,5	11,9	-0,9	11,9	15,4	3,0	4,7	-1,1	10,6	5,5	0,0	P19							
	7,2	1	8,7	0,0	14,5	15,8	-1,5	14,5	-0,5	7,1	14,5	0,0	17,4	0,0	0,0	7,5	2,5	12,3	-0,2	14,5	11,5	-1,5	P20						
	2,8	0	10,0	5,2	12,9	13,1	1,1	15,7	4,7	11,3	12,9	1,3	10,1	1,3	-0,7	8,0	15,8	7,6	0,6	23,7	3,0	2,7	8,2	P21					
	1,9	1	5,7	8,2	1,5	1,0	4,7	0,9	12,1	3,2	1,5	8,0	-0,9	8,0	11,4	3,9	4,7	0,0	8,0	5,9	0,0	11,5	-1,1	4,1	P22				
	2,6	1	3,5	1,9	7,3	6,7	0,0	7,1	1,4	6,6	7,3	0,0	5,4	0,0	0,0	6,9	4,7	4,5	0	8,5	-0,1	0,8	4,5	7,1	0,8	P23			
	1,5	1	9,8	8,8	3,3	2,3	5,1	3,4	16,1	3,6	3,3	10,7	1,0	10,7	14,7	7,0	9,3	-0,3	9,5	9,6	0,0	14,3	-0,4	6,8	12,1	1,2	P24		
	2,7	2	2,7	0,2	0,2	0,2	0,2	0,8	1,5	0,2	-7,5	0,2	-7,5	0,2	0	2,0	0,2	0,2	0,2	2,6	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	-0,1	P25	

Сформований раніше маршрут P0–P3–P10–P0 можна вважати таким, що є граничним за двома показниками:

- автомобіль на ньому максимально завантажений (використано повну вантажопідйомність 27 т);
- час доставки досягає граничного значення, яке допускається умовами задачі.

Далі процес маршрутизації за методом Кларка–Райта розгортається послідовно, шляхом поетапного об'єднання маятникових маршрутів у розвізні, за умови дотримання обмежень за часом та вантажопідйомністю автомобіля. Наведемо основні кроки.

Формування розвізних маршрутів

1. Об'єднання маршрутів P0–P21–P0 та P0–P17–P0. Отримуємо розвізний маршрут P0–P21–P17–P0 з виграшем 23,7 год. Розрахунковий час у наряді:

$$(10 + 0,6) + 4 = 14,6 \text{ год},$$

сумарний обсяг перевезень:

$$2,8 + 5 = 7,8 \text{ т}.$$

2. Об'єднання маршрутів P0–P21–P17–P0 та P0–P13–P0. Формується маршрут P0–P13–P21–P17–P0 з виграшем 18 год. Час у наряді:

$$(8,9 + 0,4) + (1 + 0,6) + 4 = 15 \text{ год},$$

загальна маса вантажу:

$$1,9 + 2,8 + 5 = 9,7 \text{ т},$$

маршрут вважається сформованим.

3. Об'єднання маршрутів P0–P2–P0 та P0–P8–P0. Отримуємо розвізний маршрут P0–P2–P8–P0 з виграшем 19,4 год. Час у наряді:

$$(9,7 + 1,4) + 1,7 = 12,8 \text{ год},$$

обсяг перевезень:

$$9,1 + 0,7 = 9,8 \text{ т},$$

маршрут сформовано.

4. Об'єднання маршрутів P0–P6–P0 та P0–P24–P0. Формується маршрут P0–P6–P24–P0 з виграшем 16,1 год. Час у наряді:

$$(7,8 + 0,1) + 1,5 = 9,4 \text{ год},$$

обсяг вантажу:

$$0,3 + 1,5 = 1,8 \text{ т.}$$

5. Об'єднання маршрутів P0–P11–P0 та P0–P9–P0. Отримуємо маршрут P0–P11–P9–P0 з виграшем 14,1 год. Час у наряді:

$$(7,1 + 0,3) + 1,3 = 8,7 \text{ год},$$

вантажопотік:

$$7,1 + 1,3 = 8,4 \text{ т.}$$

6. Об'єднання маршрутів P0–P15–P0 та P0–P20–P0. Формується розвізний маршрут P0–P15–P20–P0 з виграшем 12,3 год. Час у наряді:

$$(6,1 + 0,5) + 2,6 = 9,2 \text{ год},$$

маса вантажу:

$$2,3 + 7,2 = 9,5 \text{ т}$$

маршрут приймається як сформований.

7. Об'єднання маршрутів P0–P6–P24–P0 та P0–P22–P0. Отримуємо маршрут P0–P22–P6–P24–P0 з виграшем 12,1 год. Час у наряді:

$$(5,7 + 0,4) + (1,5 + 0,1) + 1,5 = 9,2 \text{ год},$$

сумарний обсяг:

$$1,9 + 0,3 + 1,5 = 3,7 \text{ т},$$

маршрут сформовано.

8. Об'єднання маршрутів P0–P11–P9–P0 та P0–P16–P0. Формується маршрут P0–P16–P11–P9–P0 з виграшем 14,1 год. Час у наряді:

$$(5,8 + 0,4) + (1,3 + 0,3) + 1,3 = 9,1 \text{ год},$$

обсяг перевезень:

$$1,9 + 1,3 + 0,1 = 3,3 \text{ т},$$

маршрут також сформовано.

9. Об'єднання маршрутів P0–P1–P0 та P0–P4–P0. Отримуємо маршрут P0–P4–P1–P0 з виграшем 4,8 год. Час у наряді:

$$(2,4 + 0,3) + 2,3 = 5 \text{ год},$$

вантажопотік:

$$5,2 + 1,3 = 6,5 \text{ т},$$

маршрут вважається сформованим.

10. Окремі маятникові маршрути без доцільного об'єднання – P0–P14–P0 → час у наряді 12 год, обсяг 17,9 т – маршрут прийнято без об'єднання. – P0–P23–P0 та P0–P7–P0 → маршрут P0–P23–P7–P0, виграш 6,6 год, час: $(3,5 + 0,5) + 2,3 = 6,3 \text{ год}$, маса: $1,1 + 2,6 = 3,7 \text{ т}$ – сформовано. – P0–P18–P0 → 7 год, 2,8 т – маятниковий маршрут зберігається. – P0–P25–P0 → 3 год, 2,7 т – маршрут сформовано. – P0–P5–P0 → 11 год, 2,1 т – маршрут сформовано. – P0–P19–P0 → 7,8 год, 3,1 т – маршрут сформовано. – P0–P12–P0 → 12 год, 17,9 т – маятниковий маршрут з максимальним завантаженням.

У результаті проведеної маршрутизації дрібнопартійних перевезень:

- Сформовано 8 розвізних маршрутів, на яких доцільно використовувати:
 - – 4 автопоїзди у складі тягачів MAN TGA 18.480 4×2 BLS з напівпричепами Schmitz SPR 24 вантажопідйомністю 27 т;
 - – 1 автопоїзд на базі тягача MAN TGA 18.480 4×2 BLS з напівпричепом Schmitz SPR 24/1 вантажопідйомністю 20 т;
 - – 3 автомобілі типу MAN 26.403 вантажопідйомністю 12 т.

Залишилося 6 маятникових маршрутів, для обслуговування яких до роботи залучаються: – 3 автомобілі вантажопідйомністю 27 т; – 4 автомобілі вантажопідйомністю 12 т.

Таким чином, застосування методу Кларка–Райта дозволило сформувати збалансовану систему розвізних та маятникових маршрутів, забезпечити повніше використання вантажопідйомності рухомого складу та зберегти допустимі значення часу роботи автомобілів на лінії.

3.3 Науково-практичне обґрунтування системи доставки вантажів ТОВ «TNT»

При розробленні оновленої системи доставки вантажів у міжміському сполученні для ТОВ «TNT» було виконано маршрутизацію перевезень, обґрунтовано вибір більш раціонального рухомого складу та складено нові графіки руху автомобілів. При цьому збережено ключову вимогу – швидкість і надійність доставки залишаються на рівні, прийнятному для сегмента експрес-перевезень.

Після впровадження маршрутів, сформованих за методом Кларка–Райта, доцільно порівняти основні експлуатаційні показники до та після маршрутизації.

Скорочення загального пробігу за рейс визначаємо як різницю між пробігом до впровадження маршрутизації (на підприємстві) та пробігом за новою схемою роботи:

$$\Delta L_{\text{заг}} = L_{\text{підпр}} - L_{\text{пр}}, \quad (3.1)$$

де $\Delta L_{\text{заг}}$ – скорочення загального пробігу, км;

$L_{\text{підпр}}$ – загальний пробіг автомобілів за рейс до впровадження маршрутизації, км;

$L_{\text{пр}}$ – загальний пробіг після маршрутизації, км.

За даними розрахунків: $L_{\text{підпр}} = 14943 \text{ км}$, $L_{\text{пр}} = 13317 \text{ км}$, отже: $\Delta L_{\text{заг}} = 14943 - 13317 = 1626 \text{ км}$.

Поліпшення використання вантажопідйомності оцінюємо як приріст коефіцієнта статичного завантаження:

$$\Delta \gamma_p = \gamma_{\text{пр}} - \gamma_{\text{рпідпр}}, \quad (3.2)$$

де $\gamma_{\text{рпр}}$ – коефіцієнт після впровадження нової системи перевезень; $\gamma_{\text{рпідпр}}$ – коефіцієнт за попередньою схемою роботи.

За результатами розрахунків: $\Delta\gamma_p = 0,330 - 0,216 = 0,114$.

Це означає суттєве поліпшення рівня завантаження рухомого складу при розвозі дрібнопартійних вантажів.

Середня відстань доставки вантажу зменшилася:

$$\Delta l_i = l_{\text{іпідпр}} - l_{\text{іпр}}, \quad (3.3)$$

де $l_{\text{іпідпр}}$ – середня відстань доставки до маршрутизації;

$l_{\text{іпр}}$ – середня відстань доставки після маршрутизації.

Зокрема: $\Delta l_i = 362 - 314 = 48 \text{ км}$.

Скорочення середньої відстані доставки без зміни загального обсягу перевезень свідчить про раціональнішу просторову організацію маршрутів.

Середній розмір партії вантажу, що завозиться на маршруті, зріс:

$$\Delta g_p = g_{\text{рпр}} - g_{\text{рпідпр}}, \quad (3.4)$$

де $g_{\text{рпр}}$ – середній розмір партії після маршрутизації;

$g_{\text{рпідпр}}$ – аналогічний показник за базовою схемою роботи.

$$\Delta g_p = 3,8 - 3,6 = 0,2 \text{ т}.$$

Збільшення середньої партії вантажу свідчить про краще узгодження розмірів відправок з вантажопідйомністю автомобілів.

Скорочення сумарного часу перебування автомобілів у роботі можемо подати у вигляді:

$$\Delta T_e = T_{\text{епідпр}} - T_{\text{епр}}, \quad (3.5)$$

де $T_{\text{епідпр}}$ та $T_{\text{епр}}$ – відповідно автомобіле-години до та після маршрутизації.

За результатами: $\Delta T_e = 397 - 339 = 58$ авто-год.

Це означає, що при тому ж обсязі перевезень парк працює меншу кількість годин, тобто використовується ефективніше.

Зменшення чисельності рухомого складу, необхідного для виконання заданої транспортної роботи:

$$\Delta A_e = A_{\text{епідпр}} - A_{\text{епр}}, \quad (3.6)$$

де $A_{\text{епідпр}}$ – кількість автомобілів, що працювали до маршрутизації;

$A_{\text{епр}}$ – кількість автомобілів після оптимізації.

$$\Delta A_e = 18 - 15 = 3 \text{ авто.}$$

Тобто для забезпечення того ж обсягу перевезень потрібно на три автомобілі менше.

Для оцінки зміни вантажообігу використовуємо:

$$\Delta W = W_{\text{підпр}} - W_{\text{пр}}, \quad (3.7)$$

де $W_{\text{підпр}}$ – вантажообіг за попередньою схемою перевезень, т·км;

$W_{\text{пр}}$ – вантажообіг після впровадження маршрутизації.

За даними: $\Delta W = 58199 - 51418 = 6781$ ткм.

При цьому варто підкреслити, що загальний обсяг перевезень (тоннаж) та кількість пунктів заводу залишаються незмінними, а зміни стосуються насамперед структури маршрутів і використання парку. Узагальнені результати наведемо у порівняльній таблиці.

Таблиця 3.6

Зміна експлуатаційних показників

№ п/п	Показник	На підприємстві	За роботою	Зміна показника
1	Коефіцієнт використання вантажопідйомності при розвозі, γ_p	0,216	0,330	0,114
2	Обсяг перевезеного вантажу P , т	169,53	169,53	–
3	Середній розмір партії вантажу, що завозиться, g_p , т	3,6	3,8	0,2
4	Середня відстань доставки вантажу l_i , км	362	314	48
5	Автомобілі в експлуатації A_e , од.	18	15	3
6	Автомобіле-години в експлуатації T_e , авто·год	397	339	58
7	Загальний пробіг за рейс $L_{\text{заг}}$, км	14943	13317	1626
8	Вантажообіг W , т·км	58199	51418	6781

Отже, на основі розрахунків можна зробити висновок, що запропонована система перевезень є доцільною для практичного застосування: при незмінному обсязі перевезень та кількості вантажоодержувачів досягається краще використання вантажопідйомності, скорочення пробігу й автомобіле-годин, а також зменшення потреби у кількості задіяних автомобілів.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Аналіз виробничих факторів

Робоче місце водія розташоване в кабіні автомобіля і характеризується комплексним впливом фізичних, хімічних, психофізіологічних та організаційних факторів виробничого середовища, які формуються як у процесі руху транспортного засобу, так і під час виконання допоміжних операцій (маневрування, очікування завантаження/розвантаження, оформлення супровідної документації тощо).

До шкідливих виробничих факторів, що можуть проявлятися на робочому місці водія, належать насамперед хімічні домішки у повітрі робочої зони. Під час руху у вулично-дорожній мережі великого міста, а також під час перебування автомобіля на складських територіях або в заторах, у повітрі підвищується концентрація вихлопних газів двигунів внутрішнього згоряння, пилу та аерозолів з дорожнього покриття. Додатковим джерелом забруднення повітря в кабіні є можливі випаровування паливно-мастильних матеріалів, гальмівної рідини та інших технічних рідин у разі порушення герметичності систем або недостатньої ефективності вентиляції. Такі фактори можуть спричиняти подразнення слизових оболонок, погіршення самопочуття та зниження працездатності водія.

Важливу групу шкідливих чинників становлять параметри мікроклімату в кабіні транспортного засобу. У теплий період року за інтенсивної сонячної радіації та тривалої роботи двигуна можливе підвищення температури повітря, що супроводжується зростанням теплового навантаження на організм працівника. В осінньо-зимовий період за недостатньої ефективності системи

опалення можливі знижені температури й протяги. Коливання температури, відносної вологості та швидкості руху повітря відносно оптимальних і допустимих значень призводять до погіршення самопочуття, зростання стомлюваності та ризику професійних захворювань.

Окремо слід відзначити фактор освітленості робочого місця. Умови освітлення в кабіні змінюються залежно від пори доби, погодних умов та характеру маршруту. Недостатня природна або штучна освітленість панелі приладів, простору перед автомобілем та робочої документації ускладнює зорову роботу, сприяє швидкому розвитку зорової втоми, а також збільшує ймовірність помилок під час керування транспортним засобом. Надмірна яскравість, сліпуча дія прямих сонячних променів або світла фар зустрічних автомобілів також негативно впливають на стан зорового аналізатора та концентрацію уваги водія.

Суттєвим виробничим фактором є підвищений рівень шуму та вібрації. Джерелами шуму виступають двигун, трансмісія, система випуску відпрацьованих газів, шини при взаємодії з дорожнім покриттям, а також потоки повітря навколо кузова. Вібраційний вплив формується за рахунок нерівностей дороги, роботи підвіски та силового агрегата. Тривалий вплив шуму та загальної вібрації може призводити до функціональних змін з боку нервової, серцево-судинної та опорно-рухової систем, сприяє розвитку передчасної втоми, зниженню швидкості реакцій та точності керування.

До небезпечних виробничих факторів, які характерні для робочого місця водія, насамперед належать ризик виникнення дорожньо-транспортних пригод і пов'язані з ними механічні травми. В умовах інтенсивного руху вулично-дорожньої мережі міста Києва з високою насиченістю транспортних потоків, наявністю регульованих і нерегульованих перехресть, пішохідних переходів, паркувальних зон тощо постійно існує загроза зіткнення, наїзду або різких маневрів, що потенційно небезпечні як для самого водія, так і для учасників дорожнього руху. До небезпечних факторів також відносять можливість ураження електричним струмом під час обслуговування електрообладнання,

підключення допоміжних пристроїв або використання зарядних пристроїв та бортової мережі.

Значну роль у формуванні умов праці відіграють психофізіологічні фактори трудового процесу. Робота водія автомобіля з перевезення дрібнопартійних вантажів відноситься до категорії діяльності з підвищеним нервово-емоційним напруженням. Працівник протягом зміни змушений безперервно контролювати дорожню обстановку, стежити за показниками приладів, інформацією з навігаційних систем, дорожніми знаками та сигналами світлофорів, виконувати маневри в умовах обмеженого простору та щільних транспортних потоків. Робота супроводжується високим рівнем відповідальності за збереження вантажу, дотримання термінів доставки, безпеку власного життя та життя інших учасників руху.

До фізичних навантажень належать тривале перебування у вимушеній сидячій позі, статична напруга м'язів спини та шийно-плечового пояса, регулярне виконання одноманітних рухів кінцівками під час керування органами управління (рульове колесо, педалі, важелі). Такі умови сприяють розвитку загальної і локальної м'язової втоми, появі больових відчуттів у ділянці хребта, що негативно позначається на стійкості уваги й швидкості реакції водія.

Організаційні аспекти умов праці водія також мають суттєвий вплив на його стан. Робота, пов'язана з експрес-доставкою дрібнопартійних вантажів, часто виконується за напруженими графіками, з необхідністю дотримання жорстких часових інтервалів прибуття до клієнтів, можливим продовженням робочого дня, роботою у години пік. Нерегулярність режимів праці та відпочинку, а також можливі зміни маршрутів внаслідок дорожньої ситуації (затори, ремонти, обмеження руху) створюють додатковий стресовий вплив і підвищують загальну втомлюваність працівника.

Таким чином, умови праці водія, що виконує перевезення дрібнопартійних вантажів для ТОВ «TNT», характеризуються сукупною дією шкідливих і небезпечних виробничих факторів фізичної, хімічної, психофізіологічної та організаційної природи.

4.2. Правила безпека в надзвичайних ситуаціях для водіїв транспортних засобів

Діяльність водія автомобіля, що здійснює перевезення дрібнопартійних вантажів у міських та приміських умовах, пов'язана з підвищеним рівнем ризику виникнення надзвичайних ситуацій (НС) як техногенного, так і природного або соціального характеру. До найбільш типових для водія НС належать: дорожньо-транспортні пригоди (зіткнення, наїзди, перекидання), пожежа в транспортному засобі, раптові відмови гальмівної або рульової систем, різке погіршення дорожньо-погодні умов, загроза терористичних актів чи масових заворушень, а також аварійні ситуації на об'єктах інфраструктури (склади, логістичні центри, АЗС тощо).

З огляду на це, система забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях для водія повинна включати три взаємопов'язані елементи: попередження НС, готовність до дій у разі їх виникнення та мінімізацію наслідків для життя і здоров'я людей, майна підприємства та інших учасників дорожнього руху.

Першочерговим завданням є недопущення виникнення небезпечних ситуацій або максимальне зниження ймовірності їх реалізації. Для цього водій зобов'язаний:

- забезпечувати належний технічний стан транспортного засобу: регулярно проходити передрейсовий та післярейсовий контроль, своєчасно повідомляти про виявлені несправності, не допускати експлуатації автомобіля з відмовами, що стосуються гальмівної системи, рульового керування, світлових приладів, шин, системи паливопостачання тощо;
- дотримуватися вимог Правил дорожнього руху, швидкісних режимів, дистанції, інтервалів, заборон на обгін та маневрування у складних умовах руху;

- враховувати дорожньо-погодні умови (опаді, ожеледиця, туман, сильний вітер), коригуючи швидкість, вибір смуги руху, дистанцію та гальмівний шлях;
- дотримуватися раціонального режиму праці та відпочинку, не допускати виїзду на лінію у стані втоми, хвороби або під впливом алкоголю, наркотичних чи психотропних речовин;
- правильно розміщувати та закріплювати вантаж, не перевищувати допустиму масу та габарити, щоб запобігти зміщенню вантажу, погіршенню стійкості автомобіля й втраті керованості.

Важливим профілактичним заходом є попереднє інструктування водія з питань цивільного захисту та дій у разі НС, проведення навчальних тренувань, відпрацювання типових сценаріїв (ДТП, пожежа, евакуація пасажирів чи супровідного персоналу, витік небезпечних речовин на суміжних об'єктах тощо).

У випадку ДТП першочерговим завданням водія є забезпечення безпеки людей та попередження розвитку вторинних аварійних ситуацій. Алгоритм дій включає:

1. Негайне зупинення транспортного засобу, увімкнення аварійної сигналізації, за можливості – виведення автомобіля з проїзної частини на узбіччя або в безпечну зону.
2. Встановлення знака аварійної зупинки на нормативній відстані залежно від типу дороги та умов видимості, щоб попередити інших учасників руху.
3. Оцінку стану потерпілих (водій, пасажирів, інші учасники ДТП). За необхідності – виклик екстрених служб (103 – медична допомога, 101 – служба порятунку, 102 – поліція).
4. Надання домедичної допомоги в межах наявних навичок і безпеки для самого водія (зупинка кровотечі, забезпечення прохідності дихальних шляхів, фіксація кінцівок тощо) без нанесення додаткових ушкоджень.

5. Забезпечення пожежної безпеки: вимкнення запалювання, за можливості – перекриття подачі пального, використання вогнегасника при загрозі загоряння, недопущення використання відкритого вогню поблизу місця пригоди.

6. Фіксацію обставин ДТП (за наявності можливості – фото, відео, схема, дані свідків) із подальшим інформуванням диспетчера або відповідальної особи підприємства.

При цьому водій повинен уникати дій, що можуть призвести до ускладнення ситуації (самовільне переміщення тяжко травмованих без нагальної потреби, перекриття проїзної частини транспортним засобом без необхідності, створення додаткових перешкод для руху спецтранспорту тощо).

Пожежа на транспортному засобі може виникнути внаслідок короткого замикання в електромережі, витоку паливно-мастильних матеріалів, перегріву елементів вихлопної системи або дії зовнішніх чинників. У разі виявлення ознак пожежі (запах гару, дим із-під капота чи з кузова, різке падіння напруги тощо) водій повинен:

- негайно зупинити автомобіль у безпечному місці, вимкнути запалювання, за можливості – від'єднати клеми акумулятора;
- евакуйовувати людей із кабіни та з небезпечної зони, заборонити наближення сторонніх осіб до осередку займання;
- використати первинні засоби пожежогасіння (вогнегасник, протипожежну ковдру) згідно з інструкцією, не допускаючи розповсюдження полум'я на паливний бак та електропроводку;
- у разі неможливості самостійного гасіння – відійти на безпечну відстань, викликати пожежно-рятувальну службу, повідомити координати місця події та характер загоряння.

Водієві забороняється відкривати капот різко при інтенсивному горінні через ризик раптового спалаху, використовувати воду для гасіння електроустановок під напругою та розлитих легкозаймистих рідин.

Під час виконання рейсів у великому місті водій може потрапити в зону масових заворушень, перекриття доріг, евакуаційних заходів або загрози терористичних актів. У таких випадках його дії повинні відповідати вказівкам органів державної влади та служб цивільного захисту:

- уважно стежити за офіційними повідомленнями (радіо, навігаційні системи, інформаційні табло), виконувати вимоги правоохоронних органів щодо обмеження руху, об'їздів, організованого виїзду з небезпечних зон;
- утримуватися від самостійних рішень, що можуть призвести до паніки, заторів чи блокування руху спецтранспорту;
- у разі виявлення підозрілих предметів у кузові, кабіні або на маршруті руху не торкатися їх, забезпечити віддалення людей, негайно повідомити відповідні служби та керівництво підприємства;
- при оголошенні евакуації – організовано залишити небезпечну зону, дотримуючись встановлених маршрутів, не створюючи додаткових перешкод для руху інших транспортних засобів.

Взаємодія з аварійно-рятувальними службами та підприємством

Ефективність дій водія в надзвичайній ситуації значною мірою залежить від налагодженої взаємодії з диспетчерською службою підприємства та підрозділами ДСНС, поліції та медицини катастроф. Водій повинен:

- знати алгоритм інформування (черговий диспетчер, відповідальна особа з охорони праці, контактні телефони екстрених служб);
- вміти чітко й стисло передати інформацію про місце події, характер НС, кількість потерпілих, наявність загрози для інших учасників руху чи об'єктів інфраструктури;
- виконувати розпорядження керівництва підприємства щодо подальших дій (організація евакуації вантажу, охорона місця події, співпраця з представниками страхових компаній, слідчих органів тощо).

Таким чином, забезпечення безпеки водія в надзвичайних ситуаціях ґрунтується на поєднанні профілактичних заходів (підтримання належного технічного стану автомобіля, підготовка та навчання персоналу), чіткого

алгоритму дій у разі ДТП, пожежі чи інших НС, а також ефективної взаємодії з аварійно-рятувальними службами та внутрішніми підрозділами підприємства. Реалізація цих заходів дає змогу мінімізувати ризики травмування водія, матеріальних втрат та негативних наслідків для учасників дорожнього руху й навколишнього середовища.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу сучасного стану ринку вантажних автомобільних перевезень обґрунтовано, що саме автомобільний транспорт є базовою ланкою логістичної інфраструктури України: на нього припадає переважна частка відправлень, значний вантажообіг та істотна частина витрат у собівартості продукції промисловості, будівництва й аграрного сектору. Це підтверджує високу чутливість автотранспортних перевезень до динаміки реального сектору економіки та визначає потребу в їх системному удосконаленні.

2. На основі аналізу діяльності ТОВ «TNT» встановлено, що підприємство є одним із провідних операторів ринку експрес-доставки в Україні, має розгалужену мережу філій, потужний і диверсифікований парк транспортних засобів (151 автомобіль різних типів) та функціональну організаційну структуру управління. Водночас наявні високі транспортні витрати й потреба у подальшому підвищенні ефективності використання рухомого складу, зокрема в сегменті дрібнопартійних міжміських перевезень.

3. Узагальнено та поглиблено методичні підходи до організації процесу вантажних перевезень як єдиного технологічного процесу, у межах якого діяльність вантажовідправника, перевізника та вантажоодержувача розглядається як цілісна логістична система. Сформовано структуроване подання транспортних операцій (завантаження – транспортування – вивантаження), визначено їх місце в логістичному циклі та окреслено систему техніко-експлуатаційних і економічних показників оцінювання ефективності автотранспортних процесів.

4. Обґрунтовано доцільність застосування евристичних алгоритмів при побудові маршрутів доставки дрібнопартійних вантажів. На основі критичного аналізу методів Кларка–Райта, Фішера–Якумара та Коскосідіса–Пауелла показано, що точні оптимізаційні схеми не є достатньо придатними для оперативного планування в умовах великої кількості клієнтів та обмеженого

часу, тоді як евристичні алгоритми забезпечують прийнятний компроміс між якістю рішень і трудомісткістю розрахунків.

5. На прикладі ТОВ «TNT» розроблено та адаптовано алгоритм маршрутизації на основі методу Кларка–Райта, який дозволяє комплексно розв’язати задачу розвезення продукції: сформулювати раціональні розвізні та маятникові маршрути, обґрунтувати типи рухомого складу, а також врахувати просторову структуру клієнтської мережі. У результаті сформовано 8 розвізних і 6 маятникових маршрутів із закріпленням за ними конкретних типів автомобілів відповідної вантажопідйомності, що забезпечує узгодженість планів перевезень із фактичною структурою парку підприємства.

6. Розрахунки експлуатаційних показників до та після впровадження запропонованої системи маршрутизації показали її економічну доцільність: при незмінному обсязі перевезень та кількості пунктів завантаження досягається краще використання вантажопідйомності транспортних засобів, скорочуються загальний пробіг і витрати автомобіле-годин, а також зменшується потреба у кількості задіяних автомобілів. Це створює резерви для зниження собівартості перевезень і підвищення конкурентоспроможності послуг підприємства на ринку експрес-доставки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Hashchuk, L., & Hashchuk, P. (2023). ПРИНЦИПИ МАРШРУТИЗАЦІЇ ДРІБНОГУРТОВИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, 27, 150-157. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20784643.27.2023.17>
2. Natalia Rozhko, Oleg Tson, Uliana Plekan, Anatolii Matviishyn, Bogdan Gevko. The use of network intralogistics and fulfillment for functioning of transport and warehouse complexes / Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2023. Col.7(38), Part II, p. 257-264.
3. Uliana Plekan, Viktor Aulin, Oleg Tson, Volodymyr Dzyura, Anatolii Matviishyn. Logistics Costs of a Transport Enterprise: Organizational Aspects. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2024. Col.10(41), Part I, p. 286-293.
4. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
5. В.В. Аулін, О.Л. Ляшук, А.В. Гриньків, О.П. Цьонь, В.З. Гудь, А.О. Головатий, С.Ю. Тищенко, А.А. Сергійчук. Формування логістичної інформаційної системи ефективного управління транспортними і виробничими підприємствами. Центральнорукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 9(40), ч.ІІ, с. 204-218.
6. Євдошук М. С. Дослідження процесу перевезень дрібнопартійних вантажів (на прикладі поштової кореспонденції) : кваліфікаційна робота магістра за спец. 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)» / М. С. Євдошук. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. – 107 с.

7. Кислий В.М., Біловодська О.А., Олефіренко О.М., Соляник О.М. Логістика: Теорія та практика: Навч. посіб. – К: Центр учбової літератури, 2010. – 360 с.
8. Логістика : навч. посіб. [для здобувачів закладів вищої освіти] / Л. С. Безугла, Н. І. Юрченко, Т. В. Ільченко, І. М. Пальчик, Д. В. Воловик ДДАЕУ. – Дніпро : Пороги, 2021. – 252 с.
9. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «Безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., –156 с.
10. Н.Ю. Шраменко Модель вибору раціональної вантажності автомобілів при організації перевезень дрібнопартійних вантажів. Вісник ХНАДУ. 2015. №68. С. 113-117.
11. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок– Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.
12. О.П. Цьонь, У.М. Плекан. Використання інформаційно-аналітичної системи для організації перевізного процесу / Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції, 22 – 24 листопада 2023 р. м. Кропивницький, с. 238-239.
13. Птиця Н.В., Ковцур К.Г. Дослідження впливу процесу доставки дрібнопартійних вантажів на функціонування роздрібно торгівельної мережі. URL:
https://repo.btu.kharkov.ua/jspui/bitstream/123456789/19633/1/NRTS_APV_2021_40.pdf
14. Цьонь О.П., Плекан У.М. Транспортно-експедиторська діяльність в Україні. Перспективи відбудови. Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту» – Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 24-26 жовтня 2022 р.

15. Цьонь, О. П., Бридун, А. В., & Каліновський, І. Р. (2024). Роль 7R логістики у формуванні гнучких ланцюгів поставок. Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 237-237.

16. Шептура О. М. Підвищення ефективності автомобільних перевезень партійних вантажів при змінному попиті на перевезення. канд. техн. наук: 05.22.01 – Транспортні системи. – дисс. Х., 2004. – 125 с.