

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

освітнього ступеня «Магістр»
на тему:

Оптимізація транспортно-технологічної схеми автомобільних
перевезень дрібногуртових збірних вантажів при зміні
матеріальних потоків

Виконав: студент групи Ат-61
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)

Андрій БАРАНЕЦЬКИЙ

Керівник: Мирослав ОЛІСКЕВИЧ

Рецензент: _____
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

АНОТАЦІЯ

Баранецький А. В. Оптимізація транспортно-технологічної схеми автомобільних перевезень дрібногуртових збірних вантажів при зміні матеріальних потоків. Магістерська кваліфікаційна робота. ЛНУП, кафедра “Автомобілів і тракторів”. Дубляни, 2024. 84 с.

Розглядаються питання організації дрібногуртових перевезень. Описано проблему випадкового характеру доставок. Виконано статистичні дослідження. Побудовано регресійні моделі. Розв’язані задачі оптимізації вантажопотоків при декількох відправниках. Застосовано метод Кларка-Райта для оптимізації маршрутів. Описано раціональні транспортні схеми.

Ключові слова: вантажні перевезення, дрібногуртові відправки, оптимізація вантажопотоків.

ЗМІСТ

СПИСОК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ РОЗРОБОК ТА ПРАКТИЧНИХ ПРОБЛЕМ В ОРГАНІЗАЦІЇ ДРІБНОГУРТОВИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	11
1.1 Аналіз літературних джерел	11
1.2 Аналіз практичних проблем дрібногуртових перевезень.....	17
1.3 Висновки та обґрунтування актуальності досліджень	19
2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ І ЧИННОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СХЕМИ.....	22
2.1 Дослідження вантажопотоків	22
2.2 Аналіз динаміки зміни обсягу перевезень	24
2.3 Визначення характеристик вантажопотоків	28
2.4 Схеми організації перевезень.....	33
2.5 Висновки за розділом	38
3 ОПТИМІЗАЦІЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ В ТРАНСПОРТНО- ТЕХОЛОГІЧНИХ СХЕМАХ.....	39
3.1 Формулювання задачі.....	39
3.2 Дослідження і розрахунки оптимальних маршрутів	48
3.3 Моделювання процесу доставки при змінному попиті на обсяг перевезення	52
3.4 Маршрутизація поштових перевезень на збірних маршрутах.....	58
3.5 Ефективність оптимальної маршрутизації перевезень та продуктивність використання транспортних засобів при дрібногуртових перевезеннях	69
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	74
4.1 Відшкодування збитку, заподіяного працівнику	74
4.2 Аналіз ризиків при перевезенні вантажів	76

	6
ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	79

СПИСОК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ

АТЗ – автотранспортний засіб

ЛЛ – логістичний ланцюг

ТТС – транспортно-технологічна схема

ТЗ – транспортна задача

ЕЛО – елементарна логістична операція

ВСТУП

В Україні в практиці виробничої діяльності підприємств поширюється використання логістичних концепцій. Все більше з них застосовують планування поставок “саме вчасно”, скорочення запасів тощо. Це призводить до зменшення розмірів поставок і збільшення частки гуртових вантажів у загальному обсягу перевезень. Ця тенденція найбільш рельєфно простежується при перевезеннях вантажів у великих містах.

При перевезеннях багатьох видів гуртових вантажів (споживчих товарів у роздрібну торгову мережу, поштових вантажів) через деякі причини доцільною вважається організація роботи автомобілів на сталих маршрутах. Серед таких причин виділяються технологічні – необхідність дотримання жорстких графіків постачання вантажів, економічні – відсутність можливості миттєвої зміни структури парку, практичні – втрата особистих контактів водіїв з керівниками і виконавцями робіт в пунктах заїзду, що призводить до збільшення простоїв автомобілів при здачі/прийомі вантажів та інше. Внаслідок змінного попиту на перевезення завантаження автомобілів на маршрутах також змінюється, що приводить як до їх недовантаження, так і до можливого перевантаження. В останньому випадку частина клієнтури залишається не обслуженою цілком або частково, що знижує якість їхнього транспортного обслуговування і спричиняє збитки перевізникам внаслідок або прямих штрафів, або збільшення собівартості перевезення, або зменшення прибутків внаслідок переходу клієнтури до іншого перевізника. Безпідставне підвищення вантажності автомобілів, що обслуговують маршрути також веде до зростання витрат перевізника внаслідок погіршення використання вантажності автомобілів.

На шляху реалізації цих заходів виникають труднощі, що пов'язані зі специфічними умовами виконання перевезень і виявляються у відсутності визначення впливу змінного попиту на ефективність перевезень, критеріїв ефективності, що відповідають ринковим умовам, теоретичних розробок в

області створення технологій перевезень гуртових вантажів в умовах змінного попиту на перевезення.

Таким чином, актуальність роботи обумовлена необхідністю вирішення важливої практичної задачі – підвищення ефективності перевезення гуртових вантажів в умовах змінного попиту на перевезення.

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності автомобільних перевезень дрібгуртових вантажів при змінному попиті на перевезення. Досягнення цієї мети можливе при визначенні закономірності впливу змінного попиту на результативність процесу перевезень і дасть змогу сприяти плануванню і управлінню транспортною системою доставки гуртових вантажів у складних умовах великих міст.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати структуру системи доставки дрібно-гуртових вантажів (на прикладі перевезення поштових вантажів в м. Львові);
- на підставі виявлених істотних взаємозв'язків між елементами чинної транспортної системи визначити основні параметри системи, що впливають на показники її ефективності;
- провести обстеження параметрів системи доставки дрібногуртових вантажів і визначити якісні й кількісні характеристики взаємозв'язків між її елементами і зовнішнім середовищем;
- на підставі поглибленого аналізу існуючих методів проектування маршрутів доставки вантажів, вибору моделі автомобіля оптимальної вантажності й узгодження роботи учасників транспортного процесу в часі визначити (у разі потреби – розробити) найбільш ефективні методи рішення зазначених задач.

Об'єкт дослідження – транспортна система доставки дрібно-гуртових вантажів.

Предмет дослідження – вплив на ефективність перевезень дрібногуртових вантажів маршрутизації та вибору рухомого складу.

Методи дослідження. Методи системного аналізу застосовувались при вивченні структури і елементів транспортних систем, міжелементних зв'язків транспортних систем, а також, зв'язків транспортних систем із зовнішнім середовищем. Методи теорії ймовірностей і математичної статистики використовувались для аналітичного опису процесів, що відбуваються в транспортній системі. Математичне моделювання застосовувалось при вивченні впливу внутрішніх і зовнішніх факторів на параметри роботи транспортної системи.

1 АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ РОЗРОБОК ТА ПРАКТИЧНИХ ПРОБЛЕМ В ОРГАНІЗАЦІЇ ДРІБНОГУРТОВИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

1.1 Аналіз літературних джерел

Загальність і практична значущість задач планування дрібногуртових перевезень поєднується зі значними формальними труднощами їх вирішення [29]. Проте увага спеціалістів до даної задачі неухильно зростає. Необхідний пошук нових науково-практичних рішень, методів і моделей оптимізації перевізного процесу дрібногуртових вантажів. Сучасні розробки, що представлені в літературі [4, 7, 9, 11, 23, 24], спрямовані на підвищення ефективності доставки вантажів та передбачають застосування різних методів та моделей. Проведено їх аналіз (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Результати аналізу літературних джерел

Автори	Суть підходу	Недоліки
1	2	3
Беляєв В.М.	Формування термінальних систем перевезень вантажів	Вибір виробничо-технічної бази терміналів здійснюється на основі застарілих типових проектів; імітаційні моделі не враховують в повній мірі операції з переробки вантажу на терміналі та не є «гнучкими»; в розробках не враховано інтереси вантажовласників
Воркут А.І.	Розробка теоретичних основ та методів раціональної організації транспортного процесу при автомобільних перевезеннях гуртових вантажів	Розробки виконувались для планового господарства та не враховують інтереси вантажовласників; не враховано ймовірнісний характер транспортного процесу; принципи формування розвізних маршрутів не враховують пріоритетність клієнтів та будь-які стратегії їхнього обслуговування; відсутні моделі для можливості врахування більшості факторів.

1	2	3
Ніколін В.І.	Оптимізація окремих елементів автотранспортного процесу	Моделі розроблено стосовно помашинних відправок; розроблені моделі не враховують ймовірнісний характер виконання операцій транспортного процесу та є частковим вирішенням задачі; розробки не враховують інтереси вантажовласників.
Смехов А.О.	Вибір стратегії поведінки суб'єктів транспортного ринку	Для окремих груп часткових задач наведені лише підходи до їх вирішення; розроблені математичні моделі базуються на великій кількості припущень, що потребує їх суттєвого удосконалення.
Міротін Л.Б., Вельможин А.В., Гудков В.А.	Транспортні технології при обслуговуванні сучасних міжнародних транспортних потоків	Наведені приклади застосування теорії нечітких множин є частковими, крім того вони не повністю формалізовані.
Горев А.Е.	Аналіз методів планування, організації та управління перевезеннями вантажів	Математичний опис функціонування інтегрованої транспортної системи не наводиться.
Нечаєв Г.І.	Модель логістичної системи транспортно-складського комплексу	Застосування лінійних залежностей для опису функціонування окремих етапів транспортно-складського комплексу може призводити до значних похибок в прийнятті рішення.
Константинов В.В.	На основі методу централізованого управління пропонує план закріплення вантажопотоків за автомобілепотоком	Використання централізованого управління, в тому числі й у взаємозв'язку із замовниками перевезення, що суперечить ринковим умовам; підхід не враховує особливостей перевезення дрібногуртових вантажів та необхідності їхнього накопичення.

1	2	3
Лебідь І. Г.	Розроблені способи підвищення ефективності магістральних перевезень з використанням терміналів передачі вантажних модулів	Розглянуто частковий випадок доставки вантажів з використанням терміналів передачі вантажних модулів, де термінали розглядаються як технологічні об'єкти з обмеженими функціями, які не призначені для концентрації, розпилення вантажопотоків та виконання додаткових операцій з вантажем
Шептура О.М.	Вдосконалення організації перевезень дрібногуртових вантажів шляхом формування оптимальних розвізних маршрутів при змінному попиті на перевезення.	Імовірнісний характер попиту на перевезення враховується при розрахунку оптимальної кількості заїздів, інші ж параметри транспортного процесу вважаються детермінованими; представлена часткова методика для удосконалення організації перевезень дрібногуртових вантажів.
Білоус С.О., Прокудін Г.С., Дзюба О.М.	Методика використання симплексного методу для розв'язання транспортних задач	Підхід торкається лише розв'язання відкритих транспортних задач з незбалансованим обсягом поставок і замовлень вантажів та не розглядає можливих методів та нових підходів щодо організації перевезень
Нефьодов В.М.	Вибір схеми доставки гуртових вантажів на основі оптимізації параметрів взаємодії транспортних циклів на всіх ланках ЛЛ	Модель не враховує ймовірнісного характеру транспортного процесу; розглядається частковий підхід до перевезення гуртових вантажів, тому отримані моделі не є універсальними

Питанням, що пов'язані з організацією вантажних автомобільних перевезень, присвятили роботи вітчизняні та зарубіжні вчені та спеціалісти: Афанасьєв Л.Л., Цукерберг С.М., Воркут А.І., Ходош М.С., Вельможин А.В., Беляєв В.М., Гудков В.А., Міротін Л.Б., Горєв А.Е., Сарафанова Є.В., Євсєєва

А.А., Копцев Б.П. та ін. В дослідженнях зазначено, що підвищенню ефективності доставки вантажу на цей час приділяється недостатньо уваги [15].

Беляев В.М. відзначив, що при оперативному плануванні роботи терміналів необхідно враховувати ряд особливостей [2]. Описані імітаційні моделі не враховують в повній мірі операції з переробки вантажу на терміналі та не є "гнучкими".

Горев А.Е. пропонує використовувати інтегровану транспортну систему, яка може обслуговувати декілька виробничих структур чи певний географічний регіон, але математичний опис функціонування цієї системи не представлено [18].

Лебідь І. Г. свої розробки спрямувала на обґрунтування системи перевезень з використанням терміналів передачі вантажних модулів. Доведена можливість представлення транспортних потоків як стаціонарних пуассонівських потоків подій [28].

Питаннями вдосконалення організації дрібногуртових перевезень займалися і займаються українські, російські та зарубіжні вчені, такі як: С.Р. Лейдерман, А.І. Воркут, Б.Л. Геронімус, В.А. Гудков, А.В. Вельможин, Л.Б. Міротін, В.А. Житков, Є.В. Нагорний, М.А. Нефедов, В.М. Нефьодов, О.М. Шептура, М., З. Ейлон, та інші [16, 19, 24, 25].

Проведений аналіз свідчить, що в роботах ряду спеціалістів у сфері логістики: А.М. Гаджинського, Ю.М. Неруша, Б.А. Анікіна, Николайчука В. Е., Ларіної Н.В., Кальченко А.Г., Тридід О.М. та інших, – автомобільний транспорт розглядається як елемент логістичної системи, яка функціонує в умовах визначеності. Однак складність полягає в тому, що транспорт – "жива" система, яка функціонує в умовах невизначеності та ризику [26].

Смехов А.О. свої розробки присвятив математичним моделям, що описують ситуації на транспортному ринку. Недоліками розроблених моделей є суттєві припущення та відсутність математичної формалізації, що потребує подальшого розвитку [28].

Дослідженням питань оптимізації технологічних процесів при доставці вантажів присвячено роботи вчених: Ніколіна В.І., Сміхова А.О., Міротіна Л.Б., Лукінського В.С., Нагорного Є.В. та інших [29, 32].

Міротін Л.Б. в [22] пропонує застосовувати теорію нечітких множин для визначення зони географічного тяжіння розподільчих складських центрів на деякому полігоні розподілу товарів. Такий підхід є доцільним, особливо для вирішення задач, де більшість параметрів неможливо визначити кількісно.

Вплив змінного попиту на ефективність автомобільних перевезень було досліджено в як у більш ранніх роботах Воркута А. І., а також в сучасних роботах Нефьодова В. М., Шептури О. М., Дуднікова О.М., Шраменка Н. Ю. та інших вчених [26]. Усі дослідники намагались врахувати випадковий характер перебігу транспортного процесу через змінний вантажопотік. Однак, ними не було враховано, що певні збурення транспортної системи приводять до її якісних змін, при яких вона вже не здатна ефективно забезпечувати доставку вантажів з меншими/більшими потоками. Не було приділено достатньо уваги на взаємодію матеріальних та інформаційних потоків у ТТС. В недавніх роботах Шраменко Н. Ю. [33] побудовано моделі формування стратегій поведінки суб'єктів термінальної системи доставки вантажів, що дають змогу оцінювати оптимальну кількість різних ресурсів з урахуванням випадкових характеристик попиту на транспортне обслуговування [36]. Автор також розвинула теорію формування інтегрованої інформаційної системи прийняття рішень стосовно формування транспортних технологій, які дають змогу враховувати інтереси всіх учасників процесу доставки та забезпечують максимізацію бажаного ефекту. Однак, в його працях не враховано, що функціонування ТТС, особливо тих де використовується автомобільний, залізничний транспорт, – це їх циклічне пристосування до умов матеріального виробництва і споживання, які утворюють дискретні матеріальні потоки. Відбувається вона на основі змін в структурі ТТС. Отже, перебіг логістичних операцій є джерелом інформаційних потоків в ТТС. Зі збільшенням інтенсивності їх структура

стає складнішою. Логістичні ланцюги таких операцій є, тепер переважно, взаємопов'язаними. Різна за величиною тривалість операцій та їх випадковий характер зумовлюють наявність непродуктивних станів елементів ТТС – затримок. Отже, існують такі послідовності операцій, при яких сумарна кількість таких небажаних станів буде мінімальною. Перевагою такого підходу, запропонованого Нагорним Є.В. [23], є врахування ринкових відносин, однак при оптимізації не враховано вплив ризиків та можливі умови невизначеності.

Нечаєв Г.І. запропонував модель логістичної системи транспортно-складського комплексу. В результаті моделювання знайдено припустиму стратегію, що забезпечує мінімізацію функції цілі, яка являє собою суму оціночних функцій, отриманих при кожному переході із одного стану в інший. [34]

В [12] автори Нагорний Є.В. та Скорік О.О. пропонують підхід, перевагою якого є оцінка ризиків при виборі параметрів логістичного ланцюга доставки тарно-штучних вантажів у міжнародному сполученні та врахування ринкових взаємовідносин суб'єктів.

В роботі [10] методика доставки вантажів від постачальників до споживачів ґрунтується на логістичному підході і оперується нормативними інтервалами доставки. Але ж всі складові перевізного процесу є випадковими величинами, тому дана методика має обмежену сферу застосування.

Вчений Лукінський В.С. пропонує методику організації міжнародного перевезення [30]. Методика дає можливість розрахунку та прогнозування часу доставки вантажів, але не дає можливості регулювати найбільш впливові елементи перевізного процесу та не враховує витрати під час перевезення вантажів, що і є основним недоліком.

Суттєвий внесок Альошинського Є.С. в дослідження питання вибору оптимальної технології обробки експортно-імпортного вагонопотоку на крупних технічних станціях в межах міжнародних транспортних коридорів

[1]. Однак запропоновані заходи стосуються митного оформлення та контролю, що виконується лише на прикордонних та припортових станціях.

В розглянутих роботах запропоновано методи та моделі, які можна класифікувати наступним чином: – за видами сполучення: міські, міжміські, міжнародні. – за критерієм ефективності: економічні, техніко-експлуатаційні показники, часові. – за типом запропонованих моделей: математичні, імітаційні, статистичні, регресійні. – за кількістю факторів, що враховуються: однофакторні, двофакторні, багатофакторні. – за врахуванням інтересів суб'єктів логістичної системи: тільки інтереси перевізника, інтереси декількох суб'єктів, інтереси всіх суб'єктів. Таким чином, в сучасних умовах необхідна розробка нових та адаптація до ринкових умов існуючих методів та моделей підвищення ефективності організації дрібногуртових перевезень [4].

Результати проведених досліджень дозволяють виділити такі перспективні напрямки наукових досліджень транспортних систем [11]:

- визначення та прогнозування вантажопотоків;
- формалізація окремих технологічних процесів та розробка імітаційної моделі функціонування транспортної системи;
- раціональна організація транспортного процесу та його підсистем;
- розробка методів визначення стратегій поведінки всіх суб'єктів доставки на ринку транспортних послуг.

1.2 Аналіз практичних проблем дрібногуртових перевезень

Сучасні ЛЛ збуту продукції є складними, зазнають значного впливу випадкових збурень зовнішнього середовища, тому потребують додаткової уваги до системи їх керування. У зв'язку з невідповідністю інформаційних потоків матеріальним виникають необґрунтовані затримки товарів на складах, розподільчих центрах, транспортуванні. Серед вагомих причин цього: недостатність інформації, випадковий характер процесів виникнення і

обслуговування вантажопотоків; часова і просторова непогодженість виконання транспортних операцій, що призводить до непродуктивних простоїв рухомого складу в очікуванні вантажних робіт, або вантажно-розвантажувальних засобів в очікуванні автомобілів, до несвоєчасної доставки товарів одержувачам і, як наслідок, – зниженню ефективності всього транспортного комплексу в цілому. До цього часу вважається, що вантажопотоки, і автомобільні потоки, змінюючись якісно і кількісно, залишаються випадковим чинником, що робить ще більш невпорядкованими ТТС [27].

Циклічну транспортну систему виробництва і постачання продукції роздрібним споживачам можна розглядати як послідовно-паралельний ланцюг ЕЛО, які пов'язані організаційними параметрами: тактом t , фронтом f , розміром гурту матеріальних елементів k , з якими здійснюють операцію. Ці параметри утворюють детерміновані залежності показників ефективності ТТС від властивостей вхідних матеріальних потоків. Так можна побудувати функцію тривалості доставки вантажів, затримок виконання операцій в транспортній схемі, необхідної кількості ресурсів для її реалізації, та інших показників від сумарної інтенсивності матеріальних потоків навіть з врахуванням випадкового характеру тривалості логістичних операцій. Однак, такі відображення є адекватними, якщо матеріальні потоки в ТТС – стаціонарні [22]. В умовах змінного попиту на продукцію, що доставляється, відбуваються чималі коливання їх інтенсивності. У зв'язку з цим виникають одночасно дві проблеми керування ЛЛ: визначення необхідної тривалості прогнозованого щодо коливань періоду й оцінювання можливих наслідків зміни структури ТТС.

Сучасні транспортні системи є такими складними, що для них важко, а у деяких випадках – неможливо адекватно застосувати звичайні лінійні, або випуклі нелінійні моделі. Задачі, які виникають в нових умовах, – це оптимізація дискретних потоків в мережах, для яких поки що немає загальної теорії та універсальних методів. Як вихід, використовують динамічне

програмування, евристичні методи, інтерактивне програмування, тобто такі засоби, які не дають гарантованого оптимального розв'язку, але наближують до нього з певною точністю. Крім того, для проектування оптимальної транспортної схеми, переважно, використовують декомпозицію загального виробничого завдання на часткові, методики розв'язання яких є відомими: маршрутизація, оптимізація вантажопотоків, розподіл наявних транспортних засобів по відомих роботах, координація транспортних і допоміжних засобів. Це знижує точність розрахунків і робить проектні рішення непрактичними [12].

З іншого боку, розвиток ТТС супроводжується інтеграцією часткових процесів. Тому традиційна ТЗ та її модифікації стають такими, що практично не можуть бути застосованими через надмірну абстрагованість. На практиці транспортні компанії не є суб'єктом прийняття рішень, тому вони сприймають готову інформацію про вантажопотоки, які є, переважно, невзаємозамінними. Задача про закріплення тут втрачає зміст. Обсяг початкової достовірної прогнозованої інформації для кожного конкретного перевізника є випадковою величиною. Параметри її розподілу залежать від періоду, якого стосується інформація. Саме опираючись на таку інформацію, перевізники виконують розподіл парку транспортних засобів на відомі замовлення. В кожному випадку, використовуючи її сподівану характеристику, їм потрібно диференційовано підходити до формулювання виробничих задач. Оскільки в теорії є прогалини стосовно цих питань, то на практиці виникає проблема недовикористання провізних спроможностей автотранспортних парків. Кількість транспортних засобів значно перевищує їх об'єктивну потребу. Водночас, реальний вантажообіг значно перевищує об'єктивно необхідний, що є наслідком використання недосконалих ТТС [18, 19].

1.3 Висновки та обґрунтування актуальності досліджень

За прогнозами Міжнародного союзу автомобільного транспорту обсяг вантажних перевезень у Європі у 2027 р. у порівнянні з 2023 р збільшиться

вдвоє [11]. На даний час в Україні спостерігається значне перевищення перевізних можливостей парків вантажних автотранспортних засобів (АТЗ) над їх потребою і обсягами перевезень, які реально виконуються. Одна з вірогідних причин – роздрібненість приватних перевізників, відсутність належної кооперації між ними. Те, що така ситуація склалась, могла спричинити сукупність різних суб'єктивних обставин, при яких дрібні підприємства-перевізники можуть втрачати більше на кооперації, ніж отримувати від неї користь. Проте, щоб ці перепони подолати, потрібно мати відповідне теоретичне пояснення. Отже, актуальними є дослідження стосовно обґрунтування рівня організаційно-технологічної взаємодії окремих перевізників у транспортно-технологічних системах, яка повинна опиратись на теорії впорядкування матеріальних та інформаційних потоків [11].

Відомо, що властивості транспортного процесу є відображенням структури його конструктивно-технологічної бази (вантажів, основних та допоміжних засобів перевезення, транспортних технологій, дорожніх умов). Проте, у багатьох випадках, це відображення є нелінійним, багатоваріантним. Наприклад, кількість автомобілів, кількість навантажувально-розвантажувальних засобів, які працюють на заданому маршруті і транспортна робота, яка ними виконується – не є прямо пропорційними величинами [12].

Очевидно також, що матеріальні потоки не можна розглядати ізольовано від енергетичних й інформаційних, як це до цього часу робилося при проектуванні транспортних систем. Наприклад, відомо, що багато рішень стосовно вибору режимів роботи і взаємодії з іншими учасниками транспортного процесу екіпажі АТЗ приймають без використання навіть наявної інформації, тому вони є суб'єктивними, часто невиправданими. Це стосується, насамперед, критерію організації руху – максимальної швидкості доставки вантажу. Її збільшення коштує великих витрат матеріальних ресурсів, енергії і часто виявляється невиправданим, бо порушується принцип „саме вчасно” [13].

Найбільш вагомими причинами слабого розвитку транспортно-технологічних систем називають: 1) значну нерівномірність вантажопотоків в просторі і часі; 2) невідповідність вантажності та інших техніко-експлуатаційних параметрів наявних АТЗ транспортним завданням. Відомі способи вирішення таких проблем – резервування. Проте воно проявляється в сучасних транспортних процесах у вигляді надлишкових вантажомісткості та чисельності парків АТЗ, виборі необґрунтованих і неощадних режимів руху; недовикористання ресурсу АТЗ. Теоретичні засади резервування добре відомі. Проте, у зв'язку з розвитком сучасних телекомунікаційних засобів її застосування до транспортних процесів потрібно переглянути [14].

Збільшення обсягів міських вантажних автомобільних перевезень впродовж останніх років зумовлює також швидке зростання щільності транспортних потоків. Це також спричинює значні сумарні затримки, неефективне використання транспортних засобів, істотне забруднення довкілля, понаднормові витрати енергоресурсів, часу і грошових коштів. Такі проблеми можна частково розв'язати за допомогою автоматизованих систем керування дорожнім рухом. Головна їх мета – запобігати виникненню затримок транспортних потоків і зробити автомобільні перевезення ефективнішими і безпечнішими, гарантуючи при цьому повноту виконання транспортних завдань [16].

Отже, магістерська робота присвячена вирішенню однієї з важливих проблем – ефективному використанню наявних перевізних засобів і матеріально-енергетичних ресурсів застосуванням ТТС, яка базується на сучасних комунікаційних засобах і відображає об'єктивно необхідні організаційно-технологічні зв'язки вантажних автотранспортних засобів.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ І ЧИННОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СХЕМИ

2.1 Дослідження вантажопотоків

В другому розділі роботи наведені результати досліджень параметрів попиту на прикладі поштових вантажів в м. Львові. Для дослідження цього параметру використані методи математичної статистики: регресійний аналіз і аналізу часових рядів. Результати натурних спостережень показали, що попит на перевезення вантажів характеризується значними коливаннями в часі – по місяцям (рис. 2.1), тижням і дням тижня.

Згладжування статистичних даних для усунення часової тенденції розвитку процесів показало коливання попиту на перевезення спостерігаються за всіма видами відправлень подово. Ці коливання пояснюються природними причинами і притаманні попиту на перевезення всіх видів вантажів, якщо він формується за рахунок індивідуальних людських замовлень.

За результатами проведених досліджень доведено, що серед дрібногуртових вантажів, значну частку займають вантажі, для яких немає можливостей накопичування. Це пояснюється низкою причин, серед яких виділяються економічні – бажання вантажовласників скоротити розмір запасів (цінні вантажі), технологічні – скорочені строки зберігання (вантажі, що швидко псуються), а також адміністративні – вантажі на строк доставки яких існують адміністративні обмеження (поштові вантажі). Попит на такі вантажі є змінним і закономірності його зміни є достатньою для практичного використання точністю можна описати рівномірним законом розподілу [12].

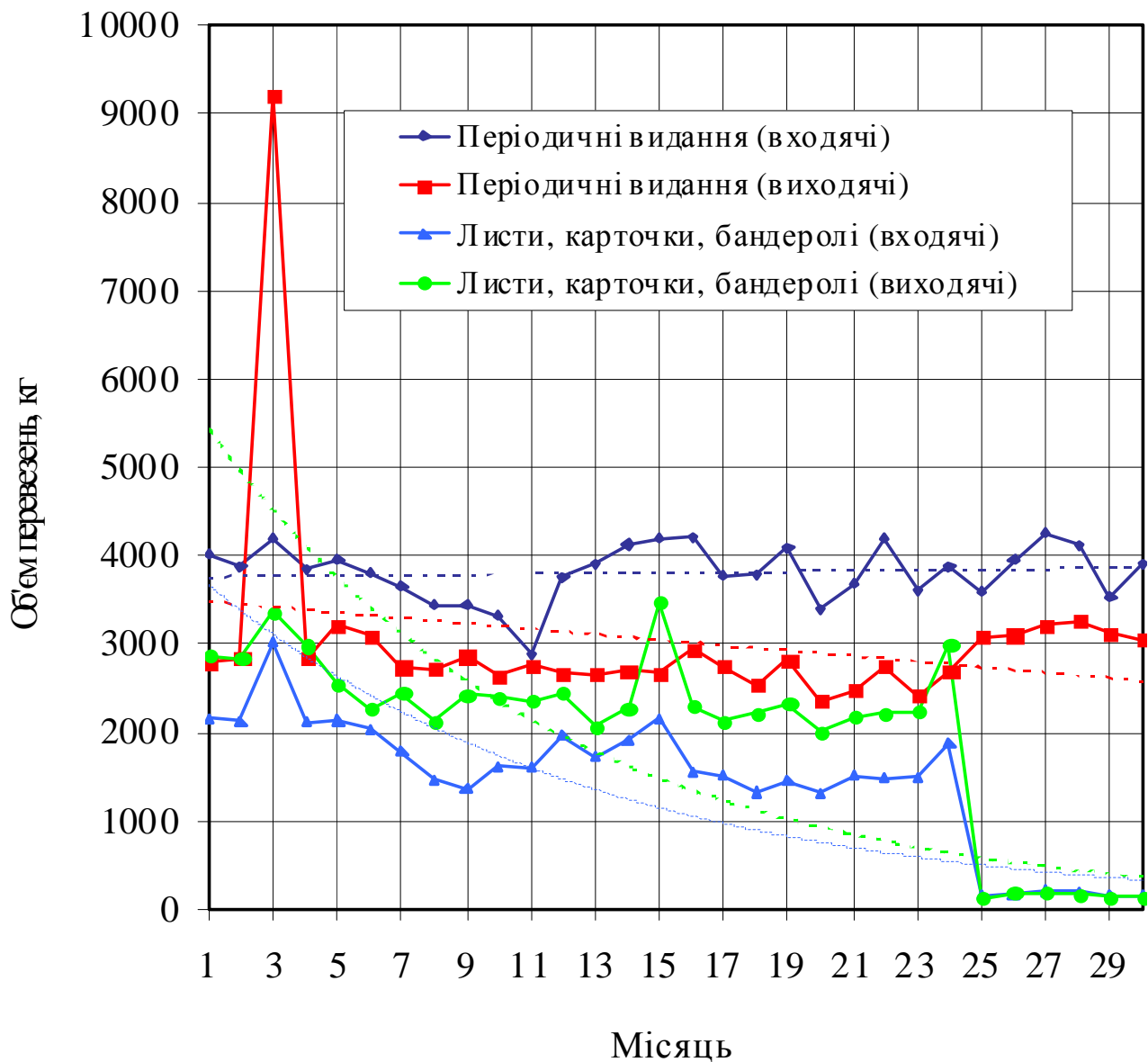


Рисунок 2.1 – Коливання попиту на перевезення поштових вантажів за видами

Для таких вантажів, внаслідок неможливості накопичування, єдиною можливістю скорочення негативного впливу змінного попиту на собівартість перевезення є використання спеціальних технологій перевезення, зокрема – створення резерву провізних можливостей автомобілів, що здійснює перевезення на маршруті.

2.2 Аналіз динаміки зміни обсягу перевезень

Досліджено вантажопотоки дрібногуртових відправлень "Нова пошта" у м. Львів. До уваги брались вантажні відділення підприємства. На підприємство для подальшої доставки одержувачам надходять дрібні відправки. У табл. 2.1 представлена кількість вантажів X_{ij} в тоннах по місяцях ($i=1, 2 \dots, 12$), що поступала в j -і триденні періоди місяця ($j=1, 2 \dots, 10$). Оскільки загальні об'єми надходжень по місяцях не співвідносяться унаслідок різної кількості днів в них, то кожного місяця умовно приведений до 30 днів: у місяцях, що складаються з 31 дня, один день виключений, а лютий доповнений за рахунок першого дня березня.

Таблиця. 2.1 – Дані про перевезення вантажів по підприємству за 2024 рік

Місяць	i	Період j										Середня кількість
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
січень	1	0,1	0,9	5,0	8,1	0,7	11,7	2,3	8,1	4,1	4,1	4,5
лютий	2	0,2	1,0	5,6	9,0	0,3	13,0	4,0	9,0	4,5	4,5	5,1
березень	3	0,2	1,6	9,0	14,4	1,2	20,8	4,0	14,4	7,2	7,2	8,0
квітень	4	0,3	1,7	9,5	15,3	1,3	22,1	4,3	15,3	7,7	7,7	8,5
травень	5	0,3	1,9	10,6	17,1	1,4	24,7	4,8	17,1	8,6	8,6	9,5
червень	6	0,3	1,8	10,1	16,2	1,4	23,4	4,5	16,2	8,1	8,1	9,0
липень	7	0,4	2,4	13,4	21,6	1,8	31,2	6,0	21,6	10,8	10,8	12,0
серпень	8	0,6	3,8	21,3	34,2	2,9	49,4	9,5	34,2	17,1	17,1	19,0
вересень	9	1,0	6,4	35,8	57,6	4,8	83,2	16,0	57,6	28,8	28,8	32,0
жовтень	10	0,3	1,7	9,4	15,1	1,3	21,8	4,2	15,1	7,6	7,6	8,4
листопад	11	0,3	2,3	12,9	20,7	1,7	29,9	5,8	20,7	10,4	10,4	11,5

Ці дані подані на діаграмі (рис. 2.2).

Ступінь розсіювання випадкової величини характеризується її дисперсією. Є завдання порівняти вибіркові дисперсії. Основне питання, що з'ясується при цьому, – чи можна вважати порівнювані вибіркові дисперсії дисперсіями однієї і тією ж генеральною сукупністю [15]? Частинні незміщені оцінки дисперсії $S_1^2, S_2^2, \dots, S_k^2$ для кожної малої вибірки визначають по формулі [15]:

$$S_i^2 = \frac{1}{f_i - 1} \sum_{j=1}^{f_i} x_{ij}^2 - \frac{\sum_{j=1}^{f_i} x_{ij}}{f_i}, \quad (2.1)$$

де x_{ij} – кількість вантажів в i -й вибірці, $i=1, 2 \dots, k$ для кожного j -го періоду ($j = 1, 2 \dots, k$); f_i – об'єм частинних вибірок.

За формулою (2.1) обчислюємо, що числові значення частинних незміщених дисперсій для місяців року становлять, відповідно: 1 – 14,5; 2 – 17,7; 3 – 45,7; 5 – 51,6; 6 – 64,5; 7 – 57,9; 8 – 102,8; 9 – 257,8; 10 – 731,3; 11 – 94,5. Загальна дисперсія всіх спостережень дорівнює середньозваженому значенню частинних дисперсій (як ваги беруться міри свободи) [15]:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (f_i - 1) S_i^2}{f_1 + f_2 + \dots + f_k}, \quad (2.2)$$

Обчислюємо: $S^2 = 1602,0$.

Оскільки міри свободи у вибірках рівні між собою (кількість періодів в кожному місяці – 3), для порівняння дисперсій використано критерій Кохрена [15]:

$$G_{kf} = \frac{\max S_i^2}{S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_k^2}, \quad (2.3)$$

$G_{kf} = 0,4565$.

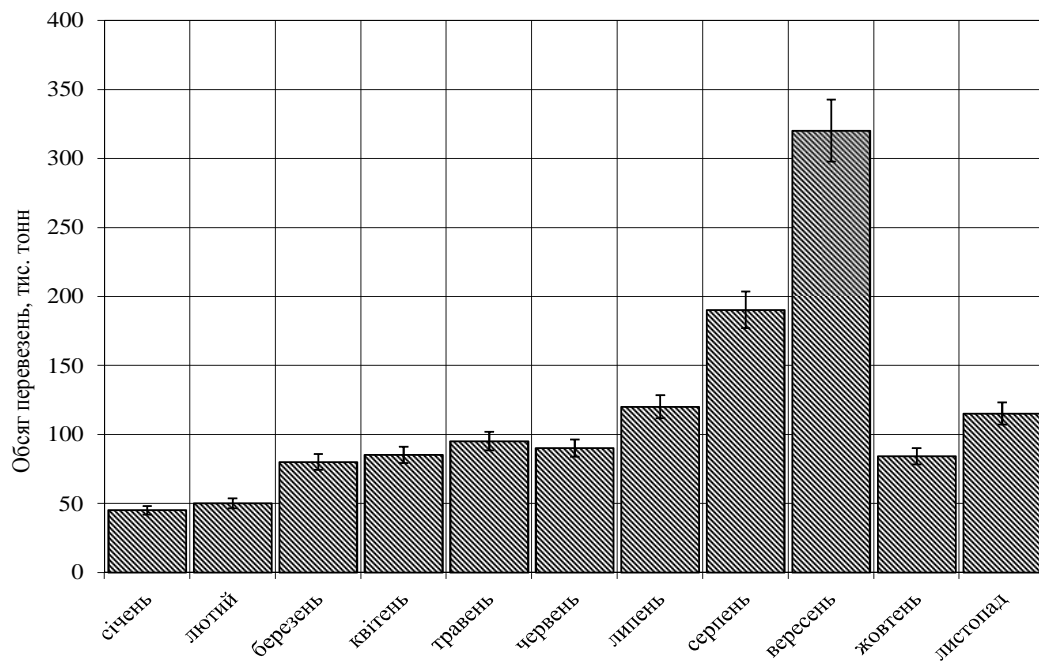


Рисунок 2.2 – Часові ряди обсягів перевезення вантажів за 2024 рік

Розподіл G_{kf} залежить тільки від кількості частинних вибірок k і числа мір свободи по яких визначена кожна дисперсія S . Вибираємо квантилі G_{kf} для $p = 0,05$ і $0,01$. Якщо знайдене по заданих дисперсіях значення G_{kf} більше, ніж G_p , то розбіжність між дисперсіями слід вважати значущим.

У даному аналізі $G = 0,4565$. По таблицях [20] знаходимо $G_{1-p} = 0,2419 > G_{kf}$. Це означає, що в 1 %-й зоні істотності розбіжність між дисперсіями є значущою. Проте в 5 %-й зоні істотності, для якої $G_{1-p} = 0,95 < G_{kf}$, розбіжність слід вважати значущою.

При статистичній оцінці результатів найбільш важливим є порівняння середніх значень. Використовуючи розподіл Стюдента, можна отримати довірчу оцінку середнього для малої вибірки. Гіпотеза про рівність середніх n -ї і m -ї вибірок відкидається при двосторонньому критерії [15]:

$$|\bar{x}_n - \bar{x}_m| > t_{1-p/2} S \sqrt{\frac{1}{f_n} + \frac{1}{f_m}}, \quad (2.4)$$

де S – середньозважена дисперсія двох вибірок, визначувана по формулі (2.2); $t_{1-p/2}$ – квантиль розподілу Стюдента, який приймається з врахуванням довірчої ймовірності 0,05, або 0,1.

У даному прикладі найбільша середня кількість вантажів характерна для місяця вересень ($x_n = 32$ т), а найменша – січень ($x_m = 4,50$ т). Оцінимо різницю між ними за допомогою розподілу Стюдента (при $t = 2,55$).

$$|\bar{x}_n - \bar{x}_m| = 27,5 > t_{1-p/2} S \sqrt{\frac{1}{f_n} + \frac{1}{f_m}} = 20,9 \text{ т.}$$

Отже, навіть при 5 %-му рівні значущості різниця між середніми об'ємами перевезень в цих двох місяцях є незначущою. Відповідні відхилення середньої кількості вантажів, що поступають в різні місяці, в тоннах при 1%-му рівні значущості повинні розглядатися не як сезонна зміна, а як результат варіювання випадкової величини (кількості вантажів, що поступають) [15].

Оскільки для будь-якої іншої пари вибірок (місяців) різниця середніх значень менша, то порівнювати їх немає необхідності.

Якщо об'єми вимог на перевезення істотно варіюють під впливом чинників, які не піддаються попередньому врахуванню, то практичний інтерес представляє аналіз розподілу загальних об'ємів вимог протягом періодів, коли потік вимог може розглядатися як стаціонарний.

2.3 Визначення характеристик вантажопотоків

Для дослідження вантажопотоків використано *статистичний* метод, що спирається на дані прямого обліку – безпосереднього дослідження вантажоутворювальних і вантажоспоживчих пунктів і минулих транспортних документів, заповнюваних водіями автомобілів [8]. Запис робився по кожному циклі.

Кількісна оцінка провізних можливостей підприємства була проведена з використанням методу прогнозування по динамічних рядах об'єму перевезень (Q_i) і пробігу з вантажем (L_g). Даний метод прогнозування провізних можливостей володіє певними перевагами і недоліками з погляду їх точності і достовірності [17]. Точність прогнозу є оцінкою довірчого інтервалу прогнозу для заданої вірогідності його здійснення. Достовірність прогнозу - оцінка вірогідності здійснення прогнозу для заданого довірчого інтервалу.

Прогнозування за допомогою методів екстраполяції включало наступні етапи робіт [17].

1. Встановлення мети і задач дослідження, аналіз об'єкту прогнозування. Мета даного дослідження – прогнозування розвитку підприємства. Проведено детальне логічне вивчення системи: залежність даного об'єкта від інших систем одного рівня і підсистеми (системи вищого рівня); взаємозв'язки між даним об'єктом і іншими об'єктами системи; встановлення характеру надання статистичних даних про об'єкт.

2. Підготовка початкових даних. Роботи по цьому етапу полягали у перевірці часового ряду, в результаті якої встановлено повноту ряду (наявність даних за кожний рік, місяць, квартал ретроспективного періоду), зіставність даних і здійснено перевірку методики приведення даних до зіставного вигляду. Брак даних визначено за допомогою методу інтерполяції.

3. Фільтрація початкового часового ряду. В результаті цієї процедури усунуто випадкові збурення, що виникли в результаті дії неврахованих чинників і помилок вимірювання щодо найвірогіднішого протікання процесу, і тим самим виключено спотворюючий вплив випадкових коливань на вибір виду регресії. Фільтрація початкового динамічного ряду включає його згладжування і вирівнювання.

4. Логічний відбір видів апроксимуючої функції. На підставі вивчення статистичних даних і логічного аналізу протікання процесу, що вивчається, із заданого масиву функцій вибрано поліноміальні моделі. На цьому етапі було вирішено такі факти:

- а) досліджуваний показник є величиною стабільною, неперіодичною, має декілька екстремумів;
- б) показник обмежений зверху і знизу;
- в) функція не має точок перегину;
- г) функція не є симетричною;
- д) процес не має чіткого обмеження розвитку в часі.

5. Оцінка математичної моделі прогнозування. На цьому етапі дослідження визначено параметри різних видів апроксимуючих функцій за методом найменших квадратів [15].

6. Вибір моделей прогнозування базується на оцінці їх якості на основі дослідження властивостей залишкової компоненти - $(y_i - y_{m,i})$, $i=1-n$, тобто величини розбіжностей на ділянці апроксимації (побудови моделі) між фактичними рівнями і їх розрахунковими значеннями.

Модель прогнозування вважалася адекватною, оскільки вона враховує істотну закономірність досліджуваного процесу.

Для виявлення ступеня впливу окремих факторів на вантажопотоки використано початкові часові ряди (табл. 2.2, 2.3).

Таблиця 2.2 – Початкові дані для прогнозування (динамічні часові ряди по місяцях 2024 року)

Місяць	Змінна x	Обсяг перевезень, тис. тон	Пробіг з вантажем, тис. км	Загальний пробіг, км
січень	1	45	871	1452
лютий	2	51	1307	1719
березень	3	80	1742	2680
квітень	4	85	1742	2600
травень	5	95	1742	2525
червень	6	90	1742	2049
липень	7	120	2178	2474
серпень	8	190	3484	4005
вересень	9	320	5662	6154
жовтень	10	84	1742	1914
листопад	11	115	2178	2503

Таблиця 2.3 – Початкові дані для прогнозування (динамічні часові ряди по роках)

Рік	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025 прогноз
Змінна x	1	2	3	4	5	6	7	8
Пробіг з вантажем, тис. км	5480	6140	7600	6500	6864	5264,3	4874,4	4994,4
Обсяг перевезень, тис. тон	103	124	206	302	395	527	444	331

Прогнозування обсягу перевезень здійснювалось на основі кореляційно-регресійного аналізу [15]. Значення аргументу відповідають рокам (табл.2.2, рис.2.2), або місяцям (табл.2.3, рис.2.3) що враховуються за прогнозуванням. Значення функції – обсяг перевезень, або пробіг з вантажем.

Аналіз динаміки певних техніко-економічних і техніко-експлуатаційних показників роботи підприємства дозволяє описати характер їх зміни аналітичними залежностями (рис. 2.3).

Згідно отриманих значень функції будуються графіки, а за вихідними даними – гістограма зміни обсягу перевезень (рис. 2.4).

Поліноміальна формула для розрахунку ліній тренда використовується для апроксимації даних по методу найменших квадратів відповідно до рівняння [15]:

$$y = b + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3, \quad (2.5)$$

де y - залежна змінна (обсяг перевезення, або пробіг з вантажем); x - незалежна змінна (місяць календарного періоду, або рік); c - постійний коефіцієнт, що визначається обчисленнями.

Величина R -квадрат визначалась з виразу [15]:

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST}, \quad (2.6)$$

де

$$SSE = \sum_i (Y_i - \tilde{Y}_i)^2, \quad (2.7)$$

де Y, \tilde{Y} - відповідно теоретичне й емпіричне значення залежної змінної;

$$SST = \sum_i (Y_i)^2 - \frac{\sum_i \tilde{Y}_i^2}{n}, \quad (2.7)$$

де n - кількість емпіричних даних.

Оскільки найбільшому коефіцієнту кореляції відповідає функція, яка найкраще відображає зміну приросту обсягу перевезень, то приймаємо за основну залежність ту, для якої коефіцієнт кореляції дорівнює 0,91, і відповідає тісному зв'язку. Отже: прогнозований обсяг перевезень автомобілями на планований 2025 рік становитиме 331 тис. тон, а плановий

пробіг з вантажем – 4994,4 тис. км. В розрізі поточного 2024 року обсяг перевезення також має коливання, що не пов'язано із сезонними особливостями (див. табл.2.2). Коефіцієнт нерівномірності обсягів перевезень обчислюють за формулою [8]:

$$h_Q = \frac{Q_{\max}}{Q_{\max} - Q_{\min}}, \quad (2.5)$$

де Q_{\max} , Q_{\min} - відповідно, максимальний і мінімальний обсяги перевезення, ТОН.

Для минулого, звітного 2023-го року коефіцієнт нерівномірності становив $h_Q = 2,52$, а для прогнозованого 2025 - 2,60. Діаграма прогнозованих даних - на рис. 2.4.

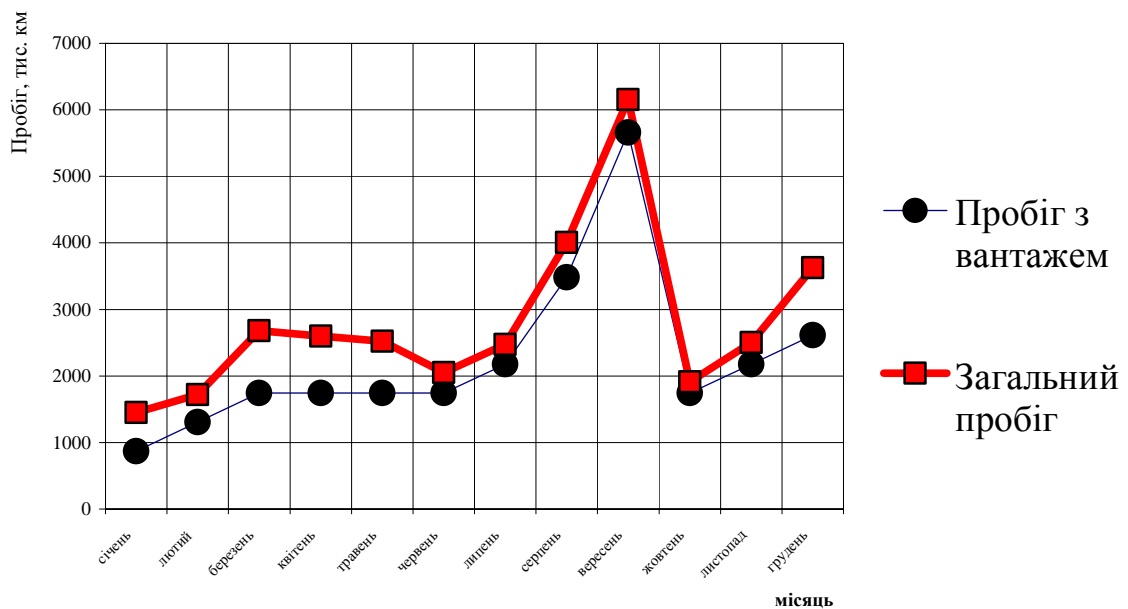


Рисунок 2.3 – Емпіричні дані та теоретична крива пробігу з вантажем за 2024 рік

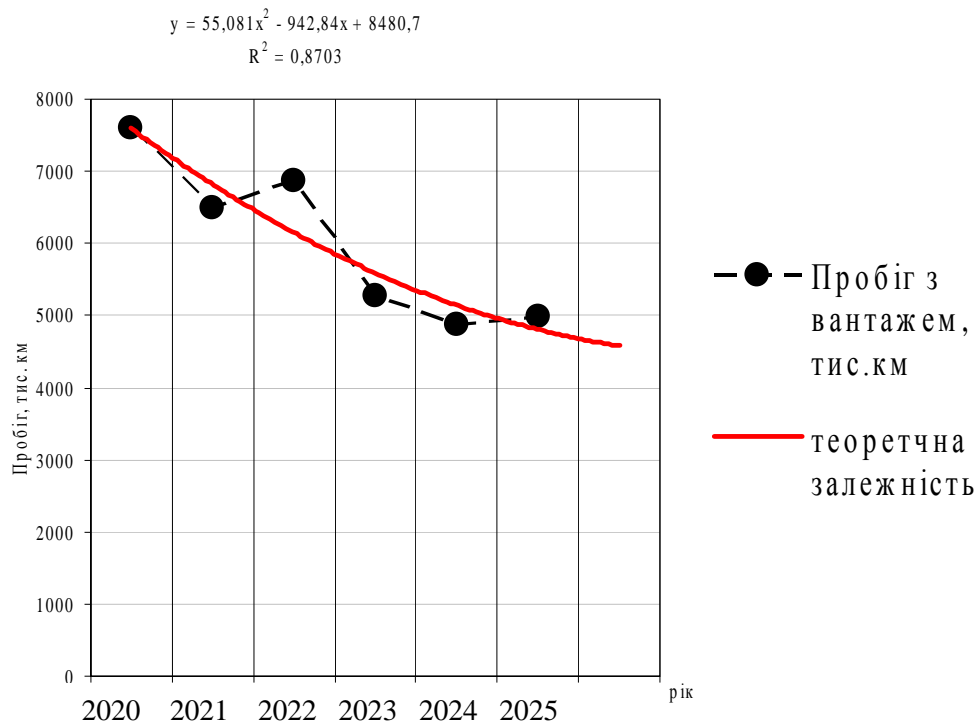


Рисунок 2.4 – Емпіричні дані та теоретична крива пробігу з вантажем за 2020-2023 та прогноз на 2024, 2025 роки

2.4 Схеми організації перевезень

Широке використання автомобільного транспорту загального користування для регулярних міських дрібногуртових перевезень дозволяє різко скоротити час доставки вантажів одержувачам, ліквідувати дорогі перевезення відомчим автомобільним транспортом і звільнити залізниці від не вигідних перевезень дрібних відправок на невеликі відстані [7]. При дрібногуртових перевезеннях автомобільним транспортом загального користування використовують декілька схем організації транспортного процесу, при цьому відбувається перетворення транспортних зв'язків (рис. 2.5) [9]. Схеми, подані на рис. 2.5, означають таке [9]:

а) перевезення вантажів від складу вантажовідправника до складу вантажоодержувача, що передбачає збір вантажів від декількох підприємств в пункті відправки і розвезення їх за різними адресами в пункті призначення;

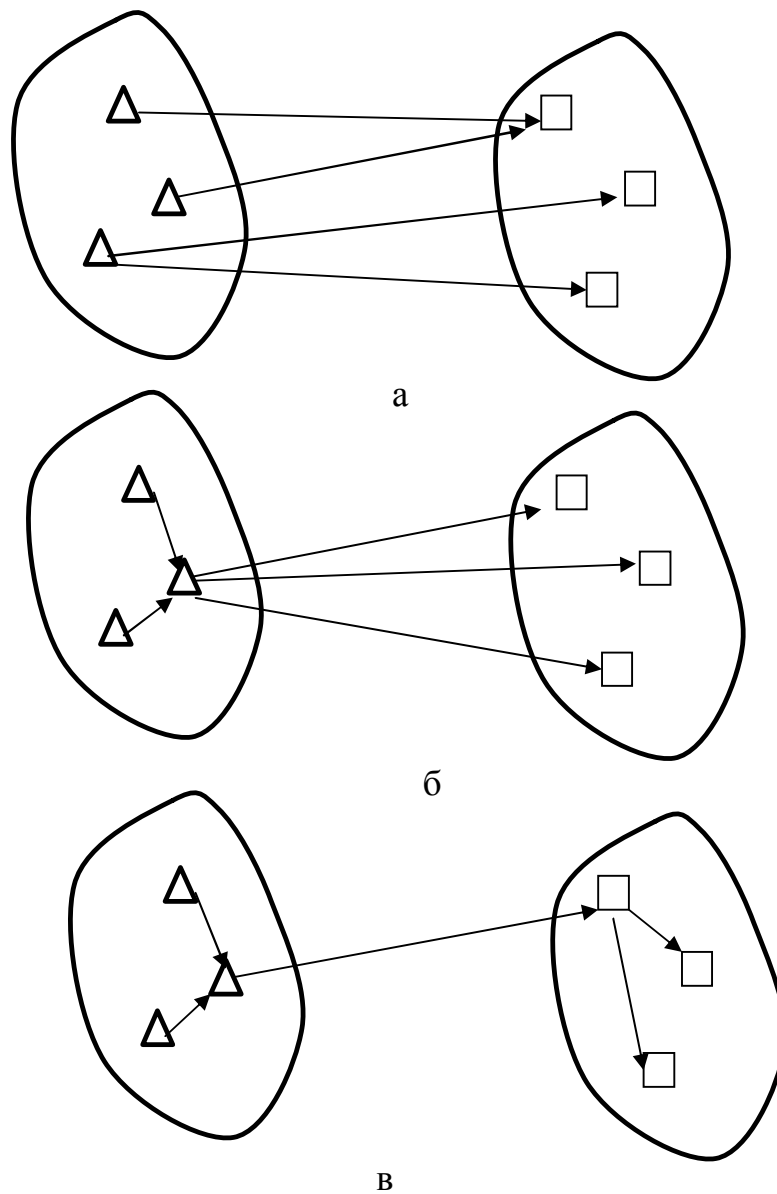


Рисунок 2.5 – Схеми руху АТЗ при міжміських доставках вантажів

основна перевага цієї схеми — безпосередня доставка вантажів "від воріт до воріт". Недолік її полягає в тому, що при зборі і розвезенні вантажів погано використовуються пробіг і вантажність автомобіля, а вантаження вантажів і оформлення документів на кожному підприємстві пов'язано із значними витратами часу. Нерідко при такій організації потрібне додаткове завантаження, для чого водій заїжджає на вантажну станцію. Це ще більше

збільшує час простоїв і доставки вантажів, а також непродуктивні пробіги. Дана схема застосовується в основному при внутріобласних перевезеннях вантажів [10];

б) доставка вантажів з перевантаженням їх на склади вантажної станції тільки пункту відправлення (рис. 2.5, б). Вантажі завозять на склади автостанцій (в першому варіанті) і вивозять з складів (в другому) спеціальними автомобілями. Перевезення великовантажними автопоїздами тільки між вантажними автомобільними станціями пунктів відправлення і отримання з організацією крізного руху або за системою тягових плечей. При такій схемі вантажі збираються, доставляються на станцію відправлення і розвозяться вантажоодержувачам із станції призначення.

в) перевезення на розвізно-збірних маршрутах (збірно-розвізними автопоїздами). Для таких перевезень застосовується рухомий склад різної вантажності, що залежить від об'єму перевезень і періодичності відправок. Автопоїзд збирає і розвозить партії вантажів на певному маршруті. За наявності в пунктах маршруту складів вантажної станції гурти вантажу збирають від клієнтів на склад і розвозять одержувачам рухомим складом автостанції (або її диспетчерського пункту).

Якщо таких складів немає, то диспетчерський пункт тільки збирає замовлення на перевезення і передає інформацію про наявність вантажу в службу організації руху, а вантажоодержувача повідомляє про час прибуття до нього автопоїзда з вантажем. Прибуття автопоїзда у всі пункти маршруту регламентовано розкладом руху, який доводиться до клієнтів.

При перевезенні дрібних відправок збірно-розвізними автопоїздами частину вантажів, що прибувають, можна доставляти, а що відправляються — вивозити, минувши склади станцій. При цьому відпадає необхідність в перевантажувальних роботах.

Залежно від конкретних умов організація перевезень збірно-розвізними автопоїздами допускає різні способи обслуговування станцій (пунктів) [13].

1. Розвезення і збір дрібних відправок по всіх пунктах маршруту з

поверненням автопоїзда в початковий пункт протягом однієї доби в межах встановленої тривалості безперервної роботи одного або двох водіїв. При цьому способі унаслідок обмеженої тривалості безперервної роботи водіїв за один робочий день можна охопити невелике число пунктів по прийому і видачі вантажів. Звичайно довжина маршруту не перевищує 120 км.

2. Комбіноване обслуговування станцій. В цьому випадку маршрут розбивають на дві ділянки, а графік роботи автопоїзда складають з таким розрахунком, щоб протягом перших діб обслуговувалися станції першої ділянки, а других — іншого. Календарне планування прийому дрібних відправок на окремих пунктах організують так, щоб час прийому їх на першому і другому ділянках відповідало термінам вивозу відправок. Завдяки збільшенню тривалості обслуговування маршруту і зменшенню сумарного часу на вантажні операції в пунктах вантаження і розвантаження (оскільки половину станцій при кожному рейсі автомобіль проходить транзитом) довжина такого маршруту зростає до 170-300 км.

3. Зонне обслуговування станцій. Цей спосіб обслуговування передбачає одночасну роботу двох автопоїздів, кожний з яких обслуговує станції своєї ділянки (зони). Він дозволяє розвозити дрібні відправки на ділянках великої протяжності.

4. Робота на маршруті з двома або трьома тривалими відпочинками бригади, обслуговуючої автопоїзд, в пунктах обороту. При цьому способі забезпечується найбільша в порівнянні з попереднім протяжність ділянки, яка може бути обслугована за один оборот автопоїзда. Його слід застосовувати на ділянках великої протяжності, але з незначними об'ємами відправок. Як і при комбінованому обслуговуванні, календарне планування повинне забезпечувати відповідність термінів прийому дрібних відправок в кожному пункті графіку прибуття в нього автопоїзда.

За обставин змінного випадкового попиту на перевезення для розв'язання задач обґрунтування параметрів ТТС використовують методи стохастичного моделювання транспортно-накопичувальної системи [11].

Проте, такі методи не розглядають транспортний процес як дискретний матеріальний потік і, як наслідок, не враховують об'єктивних втрат продуктивності АТЗ внаслідок вимушених організаційно-технологічних простоїв, які виникають в результаті невпорядкованості логістичних операцій. Крім того, коли йдеться про перевезення вантажів, які швидко псується, застосування накопичувачів є невиправдане, бо це суттєво впливає на допустимий їх термін доставки.

Доставка товару є елементом інших функціональних областей логістики: закупівля (матеріально-технічне постачання), збут готової продукції (організація руху товару по розподільній мережі) (рис.2.6). Традиційні методи торгових постачань передбачають ряд етапів.

Зазвичай до числа цих етапів відносять:

- оптові закупівлі товару у фірми-оптовика або безпосередньо у виробника;
- доставку і розвантаження на власному складі;
- розміщення на зберігання;
- прийом замовлень у покупців;
- формування партій товару відповідно до замовлень;
- організацію доставки товару покупцям від власного складу безпосередньо або через розподільну мережу.

Оптимізація системи доставки вантажів повинна здійснюватися з використанням методів системного і ситуаційного аналізу. У розвитку структури відбуваються зміни в принципах побудови, механізмах функціонування, критеріях оцінки їх ефективності [26]. Як наслідок здійснюється трансформація існуючої системи доставки до адаптивної. Це проявляється в скороченні ієрархічних рівнів по вертикалі і розширенню функціональних повноважень по горизонталі, відходу від вузької спеціалізації та у створенні координаційних центрів.

Головними факторами, що визначають вибір транспортно-технологічних схем, є вид перевезеного продукту й умови його виробництва й споживання.

2.5 Висновки за розділом

Вантажопотоки дрібногуртових відправлень "Нова пошта" у м. Львів істотно варіюють під впливом чинників, які не піддаються попередньому врахуванню. Потік вимог може розглядатися як стаціонарний впродовж деяких періодів року: квітень-вересень.

Застосовуючи прогнозування з допомогою методів екстраполяції, встановлено, що прогнозований обсяг перевезень на наступний період – 2025 рік – 331 тис. тон, а пробіг з вантажем – 4994,4 тис. км. Зміну обсягу перевезень можна описати поліноміальною залежністю 3-го ступеня з критерієм відповідності – 0,8703.

При організації дрібногуртових відправлень потрібно вважати на доцільність застосування усіх допустимих схем перевезення, у тому числі – з перевантаженням.

3 ОПТИМІЗАЦІЯ ВАНТАЖОПОТОКІВ В ТРАНСПОРТНО-ТЕХОЛОГІЧНИХ СХЕМАХ

3.1 Формулювання задачі

Транспортна задача (ТЗ) у класичному формулюванні зазнала чимало змін, пов'язаних з адаптацією її до реальних логістичних процесів. Зокрема, у недавніх наукових працях обґрунтовано методика її розв'язування з врахуванням пропускних спроможностей шляхів сполучень, фактору часу [8, 11]. Відомі також постановки задачі при неоднорідних вантажопотоках і обмеженнях на допустимий час доставки [22].

При дослідженні синергетичного ефекту, пов'язаного з інтеграцією елементів транспортних систем розглянуто задачу формування інтегрованої системи доставки для множини невзаємозамінних вантажів [15]. Кожен вантажопотік розглядався як заданий і такий, що складається з допустимих l гуртів відправки. Кожному гурту $q_{i,j,l}$ поставлено у відповідність набори індексів i, j, l – пункт відправлення, пункт призначення і номер гурту з пункту відправлення. Математична модель формування інтегрованої схеми доставки для даної постановки дала змогу, з одного боку, однозначно проектувати маршрут доставки для кожного вантажного гурту, з іншого боку – врахувати можливість сумісного проходження вантажних гуртів по шляхах сполучення з метою зниження загальносистемних витрат. Така модель об'єднує обмеження, які стосуються оптимізації потоків окремих гуртів вантажів, що розв'язувались методом пошуку найкоротших ланцюгів між двома заданими вершинами графа заданої мережі. Такий підхід не має цілковитої адекватності розв'язків, тому що наявність декількох гуртів відправки в одному транспортному пункті передбачає, формально, декілька транспортних циклів. Однак відомо, що у графах, що містять петлі, або інші замкнені контури, неможливо наявними математичними засобами побудувати однозначний найкоротший шлях між будь-якими двома вершинами [19, 30].

Тому в згаданій роботі [30] цю складність обминули, застосовуючи, знову ж таки, декомпозицію та агрегування загальної задачі. Відомо, що при такій декомпозиції гарантований оптимум не забезпечується, натомість його замінюють нижньою оцінкою.

У кожній з дотепер відомих задач оптимізації потоків на мережах об'єктами впорядкування є одиничні (нециклічні) потоки, які потрібно опрацювати впродовж обмеженого і, як правило, відомого фіксованого періоду. Відомі лише деякі роботи, в яких були спроби розглянути задачу про потоки на мережах в динаміці, тобто при зміні тривалості періоду, коли є інформація про них [23]. Проте, ці роботи стосуються перспективного планування розвитку транспортних мереж і для оперативного планування не можуть бути застосовані.

Типова виробнича задача, яка виникає у середніх за розміром вантажних автомобільних перевізників є така. На деякий період τ для парку автомобілів, кількістю R кожен з яких має вантажність q_n , є відомі замовлення, які можна подати як потенційні вантажопотоки $Q_{i,j}$, де i, j – номери пунктів, відповідно, відправлення і споживання вантажів. Кожен вантажопотік може бути реалізованим по частинах (гуртах) $q_{i,j,z}$, де z – номер гурту. Гурти вантажів можна відправляти в довільному порядку впродовж періоду t . Розмір гурту не перевищує вантажності будь-якого із заданих автомобілів, тобто $0 < q_{i,j,z} < q_n$. В зв'язку з цим є можливість суміщення перевезень шляхом об'єднання гуртів від різних відправників в одному транспортному засобі (збірні вантажі):

$$Q_{x,j} = q_{i,x} + q_{x,j} + q_{i,j}, \quad (3.1)$$

де i, x, j – номери транспортних пунктів, між якими є виконується пробіг з вантажем $l_{i,x} \geq 0, l_{x,j} \geq 0$.

Виконавши перевезення гурту $q_{i,j,z}$, деякий автомобіль з наявного парку може відправитись в наступний пункт x для завантаження чергового гурту вантажів і доставки його в пункт y . При цьому він має зробити марний пробіг тривалістю $t_{j,x}$. Якщо завантаження автомобіля може відбутися в пункті j , то, відповідно, марного пробігу не буде. Якщо не увесь вантаж вивезено з пункту i , то автомобіль може повернутись туди, зробивши повторний транспортний цикл. Таким чином, усі автомобілі з парку R виконують комбіновані маршрути, які складаються з пробігів з вантажем, марних пробігів, маятникових та кільцевих маршрутів. Усі автомобілі повинні виконати спільне завдання за директивний період t , за мінімальну загальну тривалість T . Через різноманітність маршрутів буде спостерігатись нерівність:

$$t > \frac{T}{R}. \quad (3.2)$$

Параметр t назвемо тактом виконання сукупного обсягу відомих замовлень. Очевидно, що чим більше його числове значення, тим більший обсяг перевезень є заданий (при стаціонарності джерел вантажопотоків). З іншого боку, великі обсяги перевезень вимагають значних перевізних спроможностей парку, тобто зростання R . Оптимальним планом перевезення вважатимемо такий, за якого досягається мінімальна тривалість T усіх поїздок транспортних засобів, а нерівність (3.2) прямує до рівності, що, фактично, означає рівномірне завантаження парку автомобілів [1].

Задачу з таким фізичним змістом подано у вигляді графа, а розв'язання – як операції над ним [23].

Розглядається граф транспортної мережі $A(G,U,V)$, де G_i – множина вершин – транспортних вузлів, $i = \overline{0 \dots n}$, U, V – множина дуг і ребер – шляхів сполучення. Дуги графа A – зважені. Кожній дузі надано вагу $t_{i,j}$ – тривалість виконання пробігу вздовж заданого шляху сполучення. Якщо між будь-якими двома вершинами i, j не існує безпосереднього зв'язку, то $t_{i,j} = +\infty$.

Дугам, також, поставлена у відповідність матриця потенційних вантажопотоків $(Q_{i,j})$. Якщо, при $Q_{i,j} > 0$ і $t_{i,j} = +\infty$, але $t_{i,x} = +\infty$ і $t_{x,j} = +\infty$, то потік $Q_{i,j}$ розкладається на два елементарні: $Q_{i,j} = Q_{i,x} = Q_{x,j}$. Отже, фактично кожен ненульовий елемент матриці $(Q_{i,j})$ відповідає парі суміжних вершин графа A .

Кожен вантажопотік $Q_{i,j}$ – сумарна величина, яка складається з елементарних кореспонденцій:

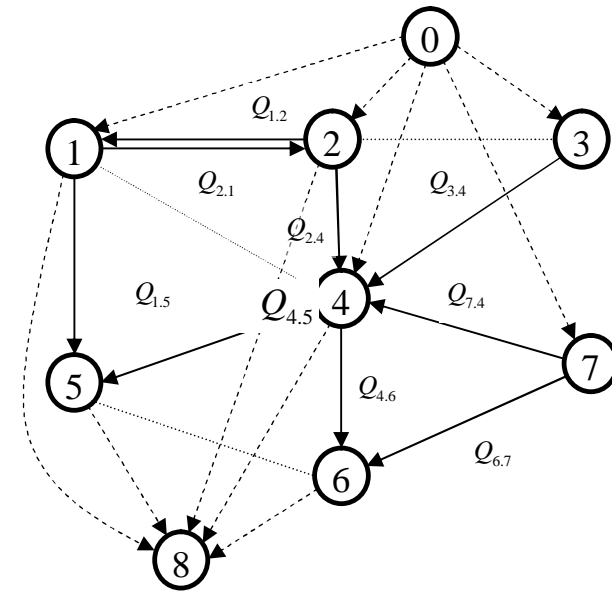
$$Q_{i,j} = \sum_{m=1}^Z q_{i,j,m}, \quad (3.3)$$

де $q_{i,j,m}$ – складова ваги дуги V графа A , $Z = \frac{Q_{i,j}}{q_n}$, q_n – величина, яка обмежує елементарний вантажопотік, квадратні дужки означають ділення із заокругленням до більшого цілого.

Серед вершин графа A є множина G_j таких, з яких виходять вантажопотоки, тобто джерела: $Q_{i,j} > 0$, $g_i \in G_j$, а також множина G_y – вершин поглинання, для яких $Q_{i,j} > 0$, $g_j \in G_y$. Приклад такого графа – на рис. 3.1 [23].

Однією з особливостей даної моделі, на відміну від відомих моделей транспортних потоків, є те, що вершини-джерела можуть бути, одночасно, вершинами-поглиначами: $G_j \cap G_y \neq \emptyset$. На рис. 3.1 такими вершинами є 1, 2, 4. Однак, граф A , при цьому, не має петель, тобто ваги $t_{i,i} = 0$ і $q_{i,i} = 0$ [23].

Граф A має таку вершину g_0 , яку назвемо початковою, яка з'єднана дугами з вершинами множини G_j , тобто, для неї виконуються умови: $q_{0,i} > 0$, для будь-якої $g_i \in G_j$ і $g_{j,0} = 0$ для будь-якого j .



- – зв'язки з вершинами-джерелами і поглиначами
- – потенційний вантажопотік;
- ▶ – шлях сполучення без вантажопотоку;

Рисунок 3.1 – Початковий граф транспортної мережі з потенційними вантажопотоками

Кінцева вершина графа – g_n , для якої $q_{j,n} > 0$, для будь-якої $g_j \in G_y$. Між початковою g_0 і кінцевою g_n вершинами графа A існує злічена кількість m ланцюгів. Кожен з $u_1 \in u_m$ ланцюгів складається, щонайменше, з однієї дуги $(0, i)$, однієї дуги (j, n) , та однієї дуги (k, p) , $i, j, k, p = \overline{1, n-1}$.

Задано деяке ціле, невід'ємне число $R > 0$. Потрібно знайти R ланцюгів, які пролягають від g_0 до g_n таких, що:

$$\text{сума ваг усіх дуг, які входять в усі ці ланцюги: } \sum_{r=1}^R q_{i,j,r} = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} Q_{i,j};$$

будь-яка дуга, що входить в r -й ланцюг, має вагу $q_{i,j,r} \leq q_n$.

Кожен r -й ланцюг, $r = 1, 2, \dots, m$ характеризується тактом:

$$t_r = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} t_{i,j}, \quad (3.4)$$

де i, j – такі, що $g_j, g_i \in n_r$.

Ланцюг, для $t = \max_R \{t_r\}$ становить критичний шлях у графі А.

Розподіл парку транспортних засобів по завданнях, які ще не сформульовані, але є задані їх складники, на транспортній мережі, має зміст такої задачі впорядкування. Використано змінні $x_{i,j}$ – кількість поїздок, які автомобіль з вантажністю q_n повинен зробити від i -го до j -го пункту, $x_{i,j} = \{0, 1, 2, K\}$, виконуючи перевезення $q_{i,j}$. При цьому обидва пункти можуть бути транзитними, якщо брати до уваги задані вантажопотоки. Формується лінійна модель. Критерій – мінімальна загальна тривалість пробігів:

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} t_{i,j} \times x_{i,j} \rightarrow \min. \quad (3.5)$$

Обмеження на змінні:

$$\sum_{j=1}^{n-1} x_{i,j} - \sum_{i=1}^{n-1} x_{i,j} = 0, \quad (3.6)$$

яке означає, що кількість потоків, які входять у будь-яку вершину, крім кінцевої, дорівнює кількості потоків, які виходять з цієї вершини;

$$\sum_{j=1}^n x_{0,j} = R, \quad (3.7)$$

означає, що кількість потоків, які виходять з нульової вершини, дорівнює кількості транспортних засобів, які задані цілим числом R ;

$$\sum_{i=0}^{n-1} x_{i,n-1} = -R, \quad (3.8)$$

означає кількість потоків, які входять в кінцеву вершину, дорівнює числу R , взятому з мінусом;

$$x_{i,j} \leq \frac{Q_{i,j}}{q_n}, \quad (3.9)$$

обмеження на мінімальну кількість поїздок від i -го до j -го споживача, яка забезпечить виконання відомого транспортного завдання (обсягу перевезень). Це – перший етап задачі, оскільки визначення кількості поїздок $x_{i,j}$ ще не означає їх часову впорядкованість. Розв’язання цього етапу не становить складностей, оскільки за загальними ознаками вона підходить під формулювання задач лінійного програмування. Приклад впорядкування графа A , що на рис. 1, при $R=2$ подано на рис. 3.2.

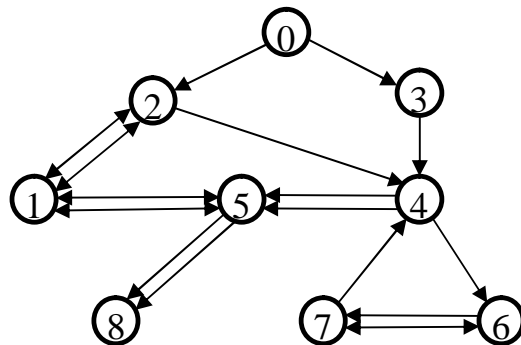


Рисунок 3.2 – Граф оптимальних за тривалістю пробігів на заданій транспортній мережі двох автомобілів

Граф оптимальних пробігів, що отримано в результаті розв’язання задачі ЛП, містить цикли [18]. Від 0-вершини до кінцевої 8-ї у цього графа є два ланцюги. Проте записати їх однозначно неможливо через наявність циклів. Цикли відображаються ребрами (обопільні стрілки на рис. 2) – маятниковими маршрутами, або ж складаються із замкнених контурів. Для впорядкування графа і пошуку критичного шляху у ньому в теорії використовують перетворення, що приводять до ліквідації циклів [17]. Для цього ребра

замінюють дугами, або видаляють їх. В даному випадку цього робити з графом не можна, тому що кожне ребро і дуга має зміст фактично запланованих пробігів з вантажем, чи без вантажу. Тому запропоновано методику, яке передбачає два додаткові перетворення: 1) перехід від кратних дуг (ребер) до кратних вершин похідного графа; 2) синтез графа подій з графа станів.

Граф, що містить цикли, можна виявити за матрицею змінних $M = (x_{ij})$. Так, якщо для будь-якої i -ї вершини визначити число r , і воно є $r = \sum_{j=1}^n x_{i,j} > 1$, то це є ознакою, що в графі є r циклів, пов'язаних з вершиною i . Такий граф можна перетворити в граф B , який не міститиме циклів, якщо ввести $r - 1$ додаткових вершин, а ребра замінити на відповідну кількість дуг так, що між будь-якими двома вершинами графа не було кратних дуг. При цьому залишається невизначеність стосовно зв'язків нових вершин. Так, якщо в графі A була вершина g_i , замість якої в граф B було введено вершини $g_{i,1}, g_{i,2}, \dots, g_{i,r}$, то зміст невизначеності полягає в тому, що невідомо, як перетворити ребра графа A на дуги графа B . Очевидно, що найкраще це зробити так, щоб різниця в довжині ланцюгів, які утворюються в графі від початкової вершини до кінцевої була мінімальною, тобто:

$$t_{\max} - t_{\min} \rightarrow \min. \quad (3.10)$$

Для того, щоб такий перерозподіл виконати, замінимо граф A на граф подій C . Вершинами графа C є відображення:

$$s_i = F(u_{i,j}), \quad (3.11)$$

де $u_{i,j}$ — дуга графа A . При цьому початкова і кінцева вершини графа A замкнені дугою $g_{n,1}$. Перелік усіх можливих дуг взято з матриці M . Для них, а отже і для вершин графа C можна знайти часткові відношення

впорядкування. Так, якщо $s_i = F(u_{i,j})$, а $s_j = F(u_{j,x})$, то очевидно, що в графі c будуть відношення порядку $s_i \otimes s_j$. Для остаточного впорядкування було сформульовано таку задачу.

Використаємо змінні величини $y_i \in \{1, 2, \dots, Z\}$ — цілі додатні числа, Z — кількість дуг графа v . Потрібно знайти такі їх значення, які б задовольняли умову:

$$\max_R \sum_{i=0}^Z t_i \times y_i \otimes \min, \quad (3.12)$$

де R — кількість контурів (ланцюгів від s_0 до s_n), які можуть бути в графі c ;

$t_i = t_{i,j}$ з матриці A , при обмеженнях:

для будь-яких $i \neq j$, $y_i \neq y_j$;

$y_j - 1 = y_i$, якщо існує відношення порядку між операціями $s_i \otimes s_j$.

Розв'язавши поставлену задачу, впорядковуємо граф c , а від нього — граф v , отримавши граф оптимальних за тривалістю маршрутів для R автомобілів (рис. 3.3).

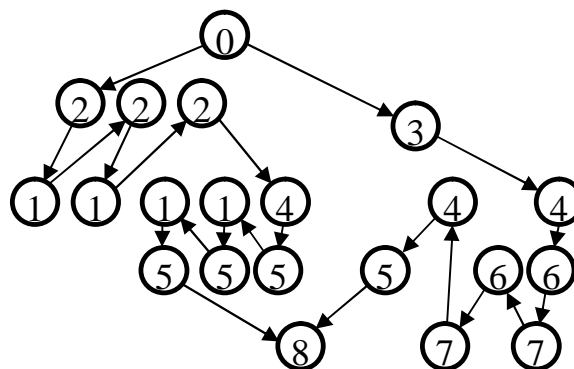


Рисунок 3.3 – Граф оптимальних за тривалістю маршрутів двох

Такий граф гарантовано відображає оптимальний розклад поїздок автомобілів при умові виконання усього запланованого обсягу вантажопотоків. Функціями його є сумарна тривалість усіх пробігів (з

вантажом і без) автомобілів, що задіяні до процесу, а також такт, як критичний шлях даного графа. Для прикладу, показано на рис. 3.3 легко знаходяться два ланцюги від початкової до кінцевої вершини. Тривалість цих ланцюгів, становить, відповідно 41 та 47 год. Сумарний час усіх поїздок – 88 год. Очевидно, що розв’язана таким чином задача не дає рівності тривалості роботи усіх транспортних засобів. Але її наближення за виразом (10) є досягнуто. Залежність цих тривалостей від кількості задіяних транспортних засобів показано на рис. 3.4.

3.2 Дослідження і розрахунки оптимальних маршрутів

Обчислимо параметри оптимальних маршрутів при умові, що є відома інформація про обсяги перевезень на деякий період. Графік об’їзду пунктів залежить від кількості залучених автомобілів на збірному маршруті.

1 АТЗ)

20 24 15 20 20 0 23 0 22 20 18 22 22 0 20 0 15 0 15 10 0 15 0 15
0- 2- 1- 2- 1- 2- 4- 3- 4- 3- 4- 6- 7- 4- 5- 1- 5- 2- 4- 2- 4- 6- 7- 6- 7- 6- 8

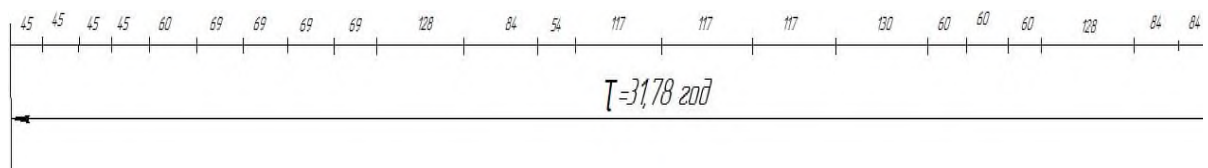


Рисунок 3.4 – Ланцюг технологічних операцій за умов, що вони виконуються одним автомобілем

Загальний пробіг АТЗ, км:

$$L_3 = l_e + l_{nn} = 725 + 329 = 1054 \text{ (км)},$$

де l_e — пробіг з вантажем;

l_{nn} — марний пробіг.

$$l_e = 30 + 30 + 30 + 30 + 40 + 40 + 40 + 64 + 42 + 36 + 68 + 49 + 40 + 40 + 64 + 42 + 42 = 725 \text{ (км)}$$

$$l_{nn} = 40 + 40 + 49 + 76 + 40 + 42 + 42 = 329 \text{ (км)}$$

Коефіцієнт використання пробігу АТЗ характеризується відношенням вантажного пробігу до загального і становить:

$$\beta = I_B / I_z = I_B / (I_B + I_{III}) = 725 / 1054 = 0,68$$

Показники швидкості

Середня технічна швидкість V_T — це середня швидкість руху АТЗ за певний час руху, яка визначається відношенням пройденої відстані L до часу руху $T_{рух}$:

$$V_T = L_z / T_{рух} = 1054 / 31,8 = 33,14 \text{ (км/год)}$$

$$T_{рух} = 33,14 \text{ (год), (дані з моделі)}$$

Середня експлуатаційна швидкість V_e — це умовна швидкість руху АТЗ за час його знаходження на лінії, яка визначається відношенням пройденої відстані L до загального часу перебування у наряді T_n :

$$V_e = L / T_n = L / (T_{рух} + T_{пр})$$

$$T_{пр} = 35 + 21 + 50 + 27 + 35 + 21 + 35 + 21 + 35 + 21 + 50 + 27 + 50 + 27 + 35 + 21 + 35 + 21 + 50 + 27 + 50 + 27 + 35 + 21 + 35 + 21 + 35 + 21 + 35 + 21 + 35 + 21 + 35 + 21 = 1057 \text{ (хв.)} = 17,6 \text{ (год)}$$

$$V_e = 1054 / (31,8 + 17,6) = 21,33 \text{ (км/год.)}$$

Відносні показники.

Коефіцієнт випуску рухомого складу характеризує ефективність роботи парку АТЗ щодо випуску рухомого складу на лінію і визначається:

$$a_B = A_e / A_{СП} = 1/10 = 0,1;$$

A_e — автомобілі в експлуатації

$A_{СП}$ — спискова кількість автомобілів

Коефіцієнт використання часу η_t :

$$h_t = \frac{\dot{a} t_i}{R \times t} = 31,78 / 1 \cdot 31,78 = 1.$$

Автомобіле-години роботи

$$A \Gamma_e = T_{рух} + T_{пр} = 31,8 + 17,6 = 49,4 \text{ (год.)}$$

Автомобіле-години простою під вантажно-розвантажувальними операціями

$$A \Gamma_{пр} = T_{пр} = 17,6 \text{ (год.)}$$

Автомобіле-години руху визначаються як різниця між відпрацьованими годинами на лінії і автомобілі-годинами простою під навантаженням-розвантаженням

$$AG_{\text{рух}} = AG_{\text{е}} - AG_{\text{пр}} = 49,4 - 17,6 = 31,8 \text{ (год.)}$$

2 АТЗ)

$$\text{АТЗ №1. } 0 - 2 - 1 - 2 - 4 - 6 - 7 - 4 - 6 - 7 - 6 - 7 - 6 - 8$$

$$\text{АТЗ №2. } 0 - 2 - 1 - 2 - 4 - 2 - 4 - 3 - 4 - 3 - 4 - 5 - 1 - 5 - 8$$

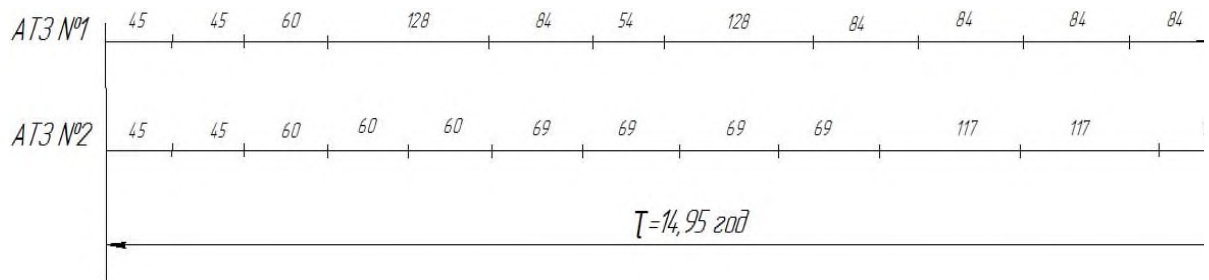


Рисунок 3.5 – Ланцюг технологічних операцій за умов, що вони виконуються двома автомобілями

$$l_{в1} = 390 \text{ (км); } \quad l_{\text{пп1}} = 84 \text{ (км); } \quad l_{31} = 474 \text{ (км);}$$

$$l_{в2} = 277 \text{ (км); } \quad l_{\text{пп2}} = 169 \text{ (км); } \quad l_{32} = 446 \text{ (км);}$$

$$l_{в} = 667 \text{ (км); } \quad l_{\text{пп}} = 253 \text{ (км); } \quad l_3 = 920 \text{ (км).}$$

$$\beta_1 = 390 / 474 = 0,82;$$

$$\beta_2 = 277 / 446 = 0,5;$$

$$\beta = 667 / 920 = 0,72.$$

$$V_{T1} = 474 / 14,66 = 32,33 \text{ (км/год.);}$$

$$V_{T2} = 446 / 14,95 = 29,83 \text{ (км/год.); } V_T = 31,1 \text{ (км/год.)}$$

$$V_T = 31,58 \text{ (км/год.)}$$

$$T_{\text{нр1}} = 475 \times \text{хв} = 7,91 \text{ (год.);}$$

$$T_{\text{нр2}} = 440 \times \text{хв} = 7,33 \text{ (год.);}$$

$$V_{e1}=474/14,66+7,91=21 \text{ (км/год);} \quad V_{e2}=446/14,95+7,33=20 \text{ (км/год);}$$

$$V_e=20,5 \text{ (км/год).}$$

$$a_v = A_e / A_{cП}=2/10=0,2; \quad \eta_t=14,95+14,66/2 \cdot 14,95=0,99$$

$$A_{Г_{e1}} = 22,57 \text{ (год);} \quad A_{Г_{e2}} = 22,28 \text{ (год);} \quad A_{Г_e} = 44,85 \text{ (год)}$$

$$A_{Г_{пр}} = T_{пр1} = 7,91 \text{ (год);} \quad A_{Г_{пр}} = T_{пр1} = 7,33 \text{ (год);} \quad A_{Г_{пр}} = 15,24 \text{ (год)}$$

$$A_{Г_{рух1}} = 14,66 \text{ (год);} \quad A_{Г_{рух2}} = 14,95 \text{ (год);} \quad A_{Г_{рух}} = 29,61 \text{ (год).}$$

Інші розрахунки подано в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Підсумкові результати техніко-експлуатаційних показників

Показники	Кількість автомобілів									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Пробіг з вантажем, l_6 , км	725	667	625	727	727	667	727	727	727	727
Порожній пробіг, $l_{пп}$, км	329	253	207	158	112	72	36	0	0	0
Загальний пробіг, l_3 , км	1054	920	832	885	839	739	736	727	727	727
Коефіцієнт пробігу, β	0,68	0,72	0,75	0,83	0,88	0,89	0,95	1	1	1
Середня технічна швидкість, V_T , км/год.	33,14	31,1	29,7	34,1	34,1	32	34,4	35,9	34,6	36,5
Експлуатаційна швидкість, V_e , км/год.	21,33	20,5	18,6	20,5	20,6	18,8	19,4	19	19,2	19,5
Коефіцієнт випуску, α_v	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
Коефіцієнт використання часу, η_t	1	0,99	0,81	0,77	0,93	0,65	0,76	0,67	0,7	0,63
Години експлуатації, $A_{Г_e}$, год.	48,5	46,3	44,8	43,8	41,3	40,1	39,2	39,2	38,3	38,3
Години простою, $A_{Г_{пр}}$, год.	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7	16,7
Години руху, $A_{Г_{рух}}$, год.	31,8	29,6	28,1	27,1	24,6	23,3	22,5	22,5	21,6	21,6

Висновок: із залученням більшої кількості автомобілів зменшується порожній пробіг а також час руху і експлуатації АТЗ, тобто зменшується час виконання завдання. Збільшується коефіцієнт використання пробігу. Зменшується коефіцієнт використання часу, тому деякі автомобілі будуть простоювати. Тому потрібно вибрати таку кількість АТЗ на маршруті, при якій будуть максимально задовольнятися всі умови.

3.3 Моделювання процесу доставки при змінному попиті на обсяг перевезення

Процес доставки вантажів потрібно розглядати у зв'язку з їх джерелами і стоками. Якщо він є серійним, тобто циклічно повторюється, то таку ТТС можна подати у вигляді послідовності чотирьох елементарних логістичних операцій (ЕЛО): прискорення, сповільнення, розгалуження та сполучення. Ці операції відображають, практично, будь-які логістичні процеси: від виготовлення продукції, пакування, транспортування, складування – аж до споживання їх кінцевими споживачами. Їх можна змоделювати як потоки дискретних матеріальних елементів [3]. На рис.3.6 показано модель типової ТТС доставки вантажів від виробника В, магістральним перевезенням, до розподільчого пункту Рп і до споживачів С.

Кожна ЕЛО оцінюється трьома параметрами: тактом τ_i , розміром гурту k_i , фронтом f_i . Інтенсивність матеріального потоку на кожній i -й послідовній ЕЛО, у зв'язку з прийнятим принципом його нерозривності, є сталою і визначається за виразом:

$$\eta = \frac{k_i}{t_i}. \quad (3.13)$$

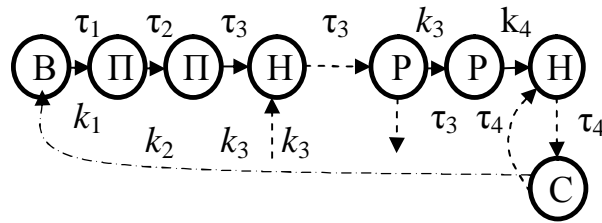


Рисунок 3.6 – Модель ТТС доставки вантажів: V – виробництво, Π_1 – пакування продукції в споживчий пакет; Π_2 – пакування продукції в транспортний пакет, H_1 – навантаження на магістральний автопоїзд, P – розвантаження, P_n – розподіл пакетів за напрямками, H_2 – навантаження на маловантажний автомобіль, C – споживач; $\tau_1 \dots \tau_4$ –

Якщо попит на продукцію у споживача збільшується, то інтенсивність матеріальних потоків повинна зрости. Однак, це може успішно відбутися за двох умов. Перша: до виробника V потрібно вчасно подати інформацію (на рис. 1 інформаційний потік показано штрих-пунктирною лінією). Час випередження подачі інформації – співставний з тривалістю логістичного ланцюга:

$$t_e = t_4 \times f_2 + t_4 + t_3 + t_3 \times f_1 + t_3 + t_2, \quad (3.14)$$

де такт кожної $i+1$ -ї ЕЛО прискорення/сповільнення визначають за виразом:

$$t_{i+1} = \frac{k_{i+1}}{k_i} t_i, \quad (3.15)$$

а фронт автомобілів на маршрутах – за виразом:

$$f_i = \frac{\dot{e} t_{m,i} \dot{u}}{\hat{e} t_i \dot{u}}, \quad (3.16)$$

де $t_{m,i}$ – математичне сподівання тривалості руху на i -у маршруті; вираз, взятий в квадратні дужки, округлюють до більшого цілого.

З врахуванням виразів (3.14) і (3.15), при сталих значеннях розмірів транспортних і споживчих пакетів, обсягу завантаження автотранспортного засобу, вираз (3.16) перепишемо у вигляді:

$$t_e = \frac{1}{m}((f_1 + 1)k_4 + (f_2 + 1)k_3 + k_2). \quad (3.17)$$

Залежність необхідного часу для виконання прогнозу попиту (часу випередження) від інтенсивності матеріального потоку заданої ТТС подано на рис. 3.7.

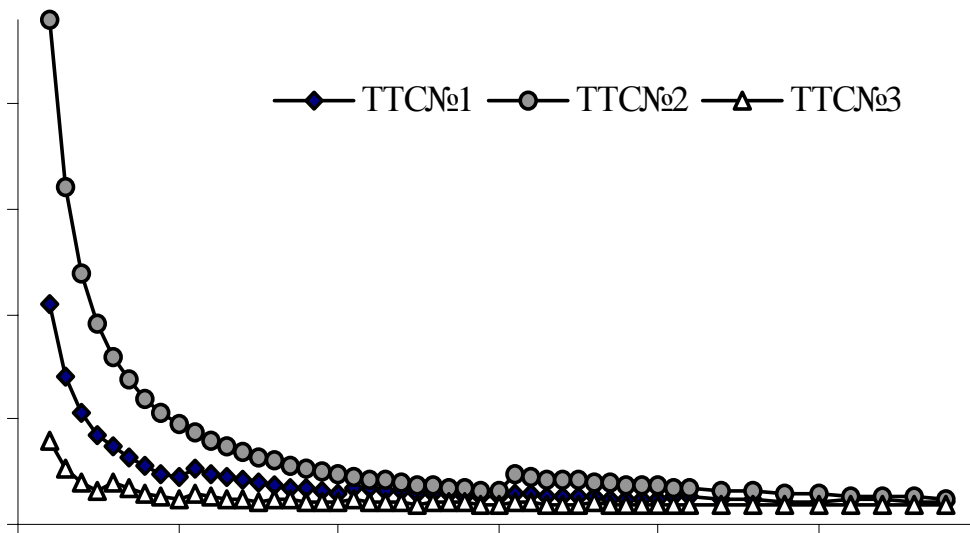


Рисунок 3.7 – Залежність необхідного випередження часу для прогнозування попиту на продукцію від інтенсивності матеріального потоку і структури ТТС, що його забезпечує

На рис. 3.7 подано три залежності для трьох систем: ТТС №1, модель якої подана на рис. 1; ТТС №2, яка за своїми функціями відповідає ТТС №1, але має вкорочену структуру: у неї відсутній розподільчий центр, а перевезення споживачам виконуються великовантажним магістральним автопотягом; ТТС №3 – аналогічна ТТС №2, але перевезення виконуються маловантажним АТЗ. Як видно з рис. 3.7, отримані залежності є кусково-неперервними. Час прогнозування – досить дорога величина. Вона опосередковано впливає на

обсяг необхідної інформації для керування транспортною системою. Цей час є надто важливим для тих відмін ТТС, які характеризуються великою інтенсивністю матеріального потоку (малий такт потоку). Однак ця важливість послаблюється, якщо ТТС отримує меншу залежність від складування продукції та вантажів і більшу, – якщо логістичний ланцюг вкорочується.

Друга умова збільшення інтенсивності матеріальних потоків при зростанні попиту – це успішна адаптація ТТС до нових вимог – здатність її оперативної перебудови. Цю здатність було досліджено на такому прикладі. Допустимо, що в i -й момент часу виробником В (див. рис. 3.6) було прийнята інформація про необхідність збільшити матеріальний потік μ на величину $\Delta\mu$. Без порушення технології він може це зробити на чинних виробничих потужностях зменшенням такту τ_1 . Однак наступна фаза ТТС – ЕЛО пакування Π_1 , яку позначимо $i+1$, до такого імпульсу потоку не готова, тому частина продукції залишається на складах виробника незапакованою. Це показано на рис. 3.8 введенням додаткової ЕЛО СК₁ – складування.

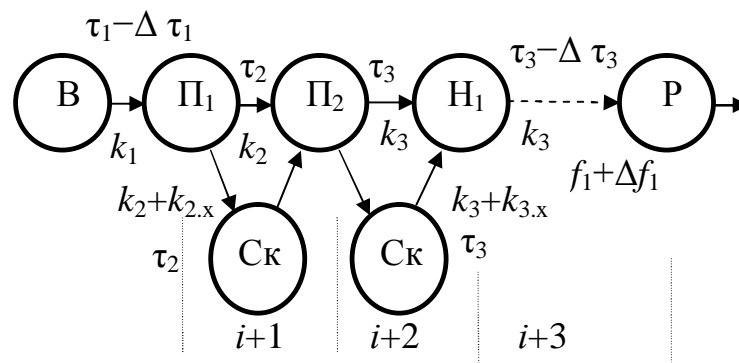


Рис. 3.8 Фрагмент моделі ТТС при збільшенні матеріалопотоку на $\Delta\mu$

Як бачимо, таке введення супроводжується додатковими затримками частини матеріального потоку на один такт τ_2 . Наступна $i+2$ фаза характеризується таким ж імпульсом i , відповідно, необхідністю нового складування та новою затримкою τ_3 . Під час операції транспортування

резервування вантажів є неможливим, тому має відбутися прискорення потоку на величину $t_3 - Dt_3$ використанням додаткових АТЗ. Фронт їх збільшиться на Df_1 . Отже, в такій ТТС пульсація матеріалопотоку витримується шляхом: а) складування продукції/вантажів; б) залучення додаткових засобів. Випадок (а) характеризується затримками потоку, (б) – прискореннями. Сумарні затримки при додатному $\Delta\mu$ припадають тільки на частину матеріало-потоку. Тому для оцінювання ступеню адаптації ТТС до нових умов доцільно використовувати питомі затримки у переміщенні продукції на їх фізичну одиницю:

$$D_k = \frac{t_2}{k_{2x}} + \frac{t_3}{k_{3x}} - \frac{Dt_3}{k_3} + \frac{t_3}{k_{3x}} + \frac{t_4}{k_{4x}}. \quad (3.18)$$

Якщо $\Delta\mu$ є від'ємним, тобто матеріальний потік зменшується, то така "хвиля" вздовж логістичного ланцюга вирівнюється тимчасовим зменшенням гурту матеріальних елементів: розмірів транспортних і споживчих пакетів, ступенем завантаження АТЗ. Це приводить до таких наслідків. З одного боку, прискорюється матеріальний потік за рахунок зменшення його обсягу на складах. З іншого – сповільнюється, за рахунок зменшення фронту АТЗ на транспортуванні. Зменшення розмірів пакетів також приводить до порушення технології транспортних операцій, як наслідок – здорожчання доставки. З використанням виразів (3.15), (3.16), (3.17) можна показати, що співвідношення такту виробництва до і після зниження матеріального потоку в ТТС є пов'язаним зі співвідношенням розмірів пакетів:

$$\frac{t_1}{t_{1.1}} = 1 - \frac{Dk}{k_2}. \quad (3.18)$$

У скільки разів збільшується вхідний такт, у стільки ж зменшується розмір гурту продукції в споживчому/транспортному пакеті.

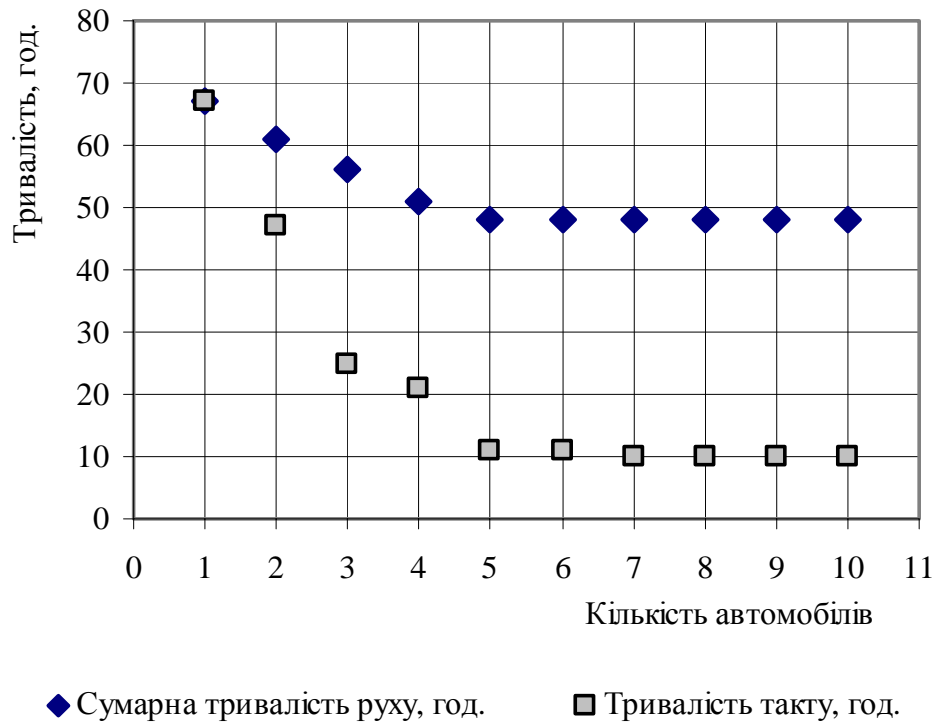


Рисунок 3.9 – Залежність тривалості пробігів та такту від кількості задіяних до перевезення автомобілів

З рис. 3.9 видно, що найменш ефективно за часом використовується транспортна схема, при якій усі вантажопотоки обслуговуються одним автомобілем. При залученні додаткових засобів сумарна тривалість їх руху скорочується до певної межі (на рис. 3.9 – до п'яти автомобілів). Залучення додаткових автомобілів понад цю межу, очевидно, не дає сподіваного результату. Ефективність використання автомобілів можна порівняти за коефіцієнтом використання фонду відведеного для них часу:

$$h_t = \frac{T}{R t_{\max}}, \quad (3.19)$$

де T – сумарна тривалість поїздок, год.; t_{\max} – максимальний такт роботи транспортної схеми.

Залежність цього показника від кількості автомобілів R подана на рис. 3.10. Отримана залежність показує, що найбільш ефективною транспортною

схемою за використанням часу є схема з одним автомобілем. За нею слідує схеми при $R=5$, яка є компромісною за обома критеріями і може бути рекомендована при наявності інформації про вантажопотоки, щонайменше, на 10 год. на майбутнє [19].

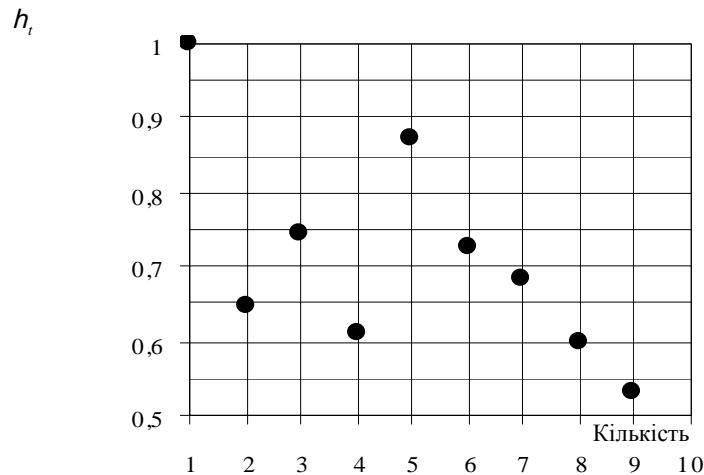


Рисунок 3.10 – Залежність коефіцієнта використання фонду часу від кількості автомобілів

Залучення більшої кількості автомобілів призводить до їхнього простоювання в очікуванні черги, або ж в дублюванні маршрутів. При цьому період прогнозування вантажопотоків суттєво не зміниться. Меншою кількістю автомобілів не можна швидко виконати завдання, або ж його неможливо рівномірно розподілити між автомобілями, внаслідок чого деякі з них будуть надмірно довго простоювати.

3.4 Маршрутизація поштових перевезень на збірних маршрутах

Наявні транспортні засоби:

марки: 1) Мерседес Бенз –Віто, 2) VW Caddy Maxi;

вантажність номінальна: 1) 1200 кг, 2) 800 кг.

Згідно з початковими даними вибираємо параметри існуючої транспортної мережі (табл.3.2). Схема існуючої транспортної мережі показана на рис.3.10. карта пунктів „Нової пошти” – на рис. 3.11.

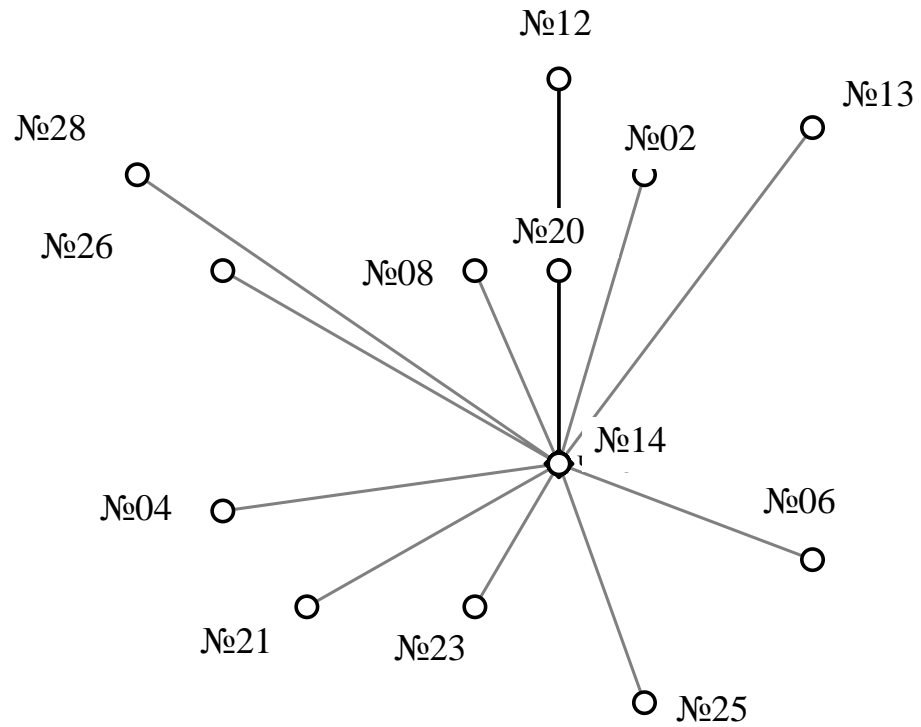


Рисунок 3.11 – Початкова транспортна мережа для розрахунку: №04-26 – номери поштових вантажних відділень "Нової пошти"

Таблиця 3.2 – Існуюча транспортна мережа

Код транспортного пункту	Львів	А	В	Д	И	Й	К	Л	О	П	Р	У	Ч
$x, \times 100 \text{ км}$	0,8	0,7	0,5	0,4	0,3	0,4	0,7	0,8	0,9	0,8	1,1	1,1	0,9
$y, \times 100 \text{ км}$	0,6	0,3	0,3	0,5	1,2	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,3	0,4	0,1
Щоденний обсяг відправки, кг	1944	127	90	80	145	170	125	185	245	250	212	190	125

Характеристика транспортних пунктів подана в табл.3.3.

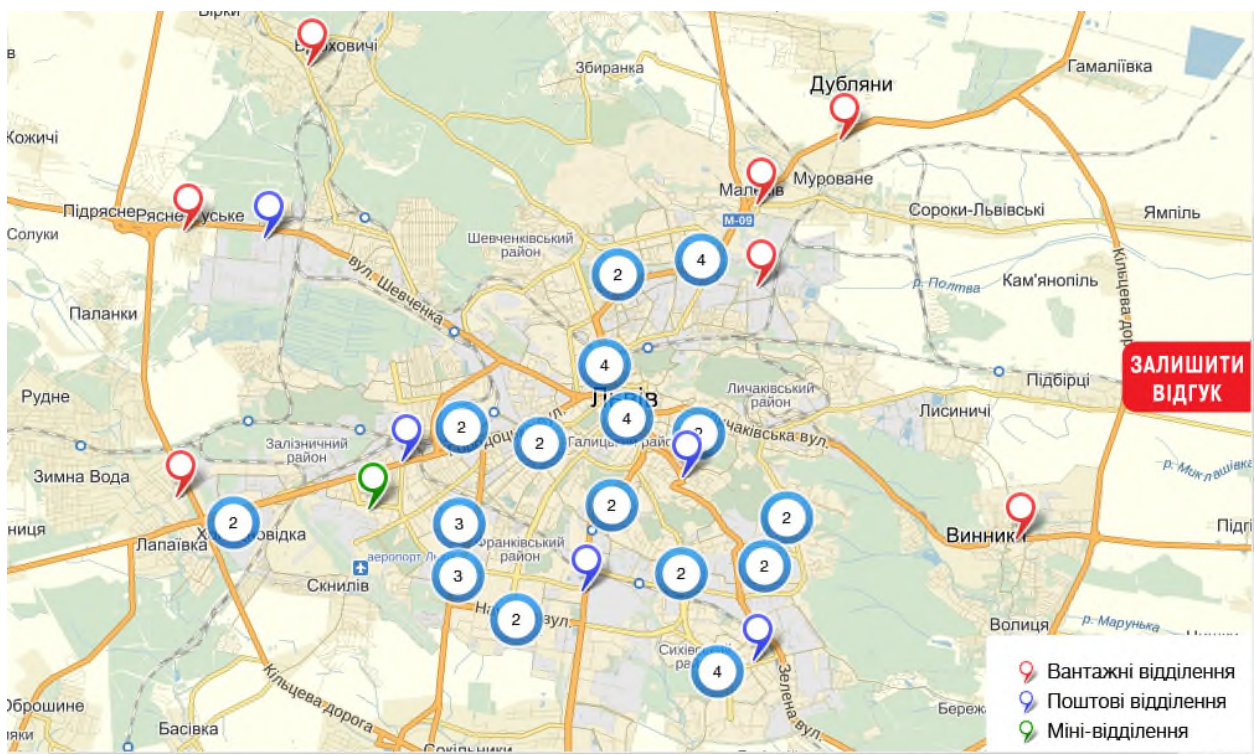


Рисунок 3.11 – Карта Львова з мережею поштових відділень "Нової пошти"

Таблиця 3.3 – Характеристика відправників дрібногуртових поштових вантажів у Львові

Літера	X, ×100 км	Y ×100 км	q, кг	Назва вантажу	вид пакування вантажу	Кільк. вантажн. місць	Маса вантажу	Пункт призначення у м.Львів	Навантаження та розвантаження
А	0,7	0,3	126,6	поштові відправки	коробки	4	127	Відділення N2	водій, вручну
В	0,5	0,3	105		коробки	4	90		водій, вручну
Д	0,4	0,5	121,5		ящики	5	80		вантажники, вручну
И	0,4	1,0	169,8		пакунки	6	170		вантажники, вручну
Й	0,6	1,2	219,6		коробки	7	160	Відділення N3	водій, вручну
К	0,7	1,0	201,3		тюки	7	125		водій, вручну
Л	0,8	1,0	214,5		ящики	9	185		вантажники, вручну
О	0,9	1,2	243,6		коробки	8	245	Відділення N4	водій, вручну
П	0,8	М	253,2		пакунки	8	250		вантажники, вручну
Р	1,1	1,3	272,1		ящики	11	212	Відділення N9	вантажники, вручну
У	1,1	0,4	190,8		ящики	8	190		вантажники, вручну
Ч	0,9	0,1	124,8		коробки	4	125	Відділення N10	водій, вручну

Визначаю відстані між заданими пунктами, скориставшись їх координатами по осі x (табл.3.4), та y (табл.3.5).

Таблиця 3.4 – Матриця відстаней по осі X , $\times 100$ км

Літера		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		А	В	Д	И	Й	К	Л	О	П	Р	У	Ч
1	А		-0,2	-0,3	-0,4	-0,3	0,0	0,1	0,2	0,1	0,4	0,4	0,2
2	В	0,2		-0,1	-0,2	-0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,6	0,6	0,4
3	Д	0,3	0,1		-0,1	0,0	0,3	0,4	0,5	0,4	0,7	0,7	0,5
4	И	0,4	0,2	0,1		0,1	0,4	0,5	0,6	0,5	0,8	0,8	0,6
5	Й	0,3	0,1	0,0	-0,1		0,3	0,4	0,5	0,4	0,7	0,7	0,5
6	К	0,0	-0,2	-0,3	-0,4	-0,3		0,1	0,2	0,1	0,4	0,4	0,2
7	Л	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,4	-0,1		0,1	0,0	0,3	0,3	0,1
8	О	-0,2	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5	-0,2	-0,1		-0,1	0,2	0,2	0,0
9	П	-0,1	-0,3	-0,4	-0,5	-0,4	-0,1	0,0	0,1		0,3	0,3	0,1
10	Р	-0,4	-0,6	-0,7	-0,8	-0,7	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3		0,0	-0,2
11	У	-0,4	-0,6	-0,7	-0,8	-0,7	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3	0,0		-0,2
12	Ч	-0,2	-0,4	-0,5	-0,6	-0,5	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	0,2	0,2	

Таблиця 3.5 – Матриця відстаней по осі Y , $\times 100$ км

Літера		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		А	В	Д	И	Й	К	Л	О	П	Р	У	Ч
1	А		0,2	0,1	0,0	0,1	0,4	0,5	0,6	0,5	0,8	0,8	0,6
2	В	0,4		0,1	0,0	0,1	0,4	0,5	0,6	0,5	0,8	0,8	0,6
3	Д	0,2	0,0		-0,2	-0,1	0,2	0,3	0,4	0,3	0,6	0,6	0,4
4	И	-0,5	-0,7	-0,8		-0,8	-0,5	-0,4	-0,3	-0,4	-0,1	-0,1	-0,3
5	Й	-0,3	-0,5	-0,6	-0,7		-0,3	-0,2	-0,1	-0,2	0,1	0,1	-0,1
6	К	-0,3	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6		-0,2	-0,1	-0,2	0,1	0,1	-0,1
7	Л	-0,3	-0,5	-0,6	-0,7	-0,6	-0,3		-0,1	-0,2	0,1	0,1	-0,1
8	О	-0,5	-0,7	-0,8	-0,9	-0,8	-0,5	-0,4		-0,4	-0,1	-0,1	-0,3
9	П	-0,7	-0,9	-1,0	-1,1	-1,0	-0,7	-0,6	-0,5		-0,3	-0,3	-0,5
10	Р	-0,6	-0,8	-0,9	-1,0	-0,9	-0,6	-0,5	-0,4	-0,5		-0,2	-0,4
11	У	0,3	0,1	0,0	-0,1	0,0	0,3	0,4	0,5	0,4	0,7		0,5
12	Ч	0,6	0,4	0,3	0,2	0,3	0,6	0,7	0,8	0,7	1,0	1,0	

Оскільки задано координати транспортних пунктів, то довжини наявних доріг обчислимо за формулою [22]:

$$l_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \quad (3.20)$$

де i, j - транспортні пункти, між якими є дорога; x_i, x_j, y_i, y_j - координати відповідних пунктів, км.

Знайдені таким чином довжини доріг подані в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Матриця відстаней між відправниками і центральними складами у м.Львів, $\times 100$ км

	А	В	Д	И	Й	К	Л	О	П	Р	У	Ч
*	0,32	0,42	0,41	0,57	0,63	0,41	0,40	0,61	0,80	0,76	0,36	0,51
А	####	0,20	0,36	0,76	0,91	0,70	0,71	0,92	1,10	1,08	0,41	0,28
В	0,20	##	0,22	0,71	0,91	0,73	0,76	0,98	1,14	1,17	0,61	0,45
Д	0,36	0,22	####	0,50	0,73	0,58	0,64	0,86	0,98	1,06	0,71	0,64
И	0,76	0,71	0,50	##	0,28	0,30	0,40	0,54	0,57	0,76	0,92	1,03
Й	0,91	0,91	0,73	0,28	##	0,22	0,28	0,30	0,28	0,51	0,94	1,14
К	0,70	0,73	0,58	0,30	0,22	#####	0,10	0,28	0,41	0,50	0,72	0,92
Л	0,71	0,76	0,64	0,40	0,28	0,10	#####	0,22	0,40	0,42	0,67	0,91
О	0,92	0,98	0,86	0,54	0,30	0,28	0,22	##	0,22	0,22	0,82	1,10
П	1,10	1,14	0,98	0,57	0,28	0,41	0,40	0,22	#####	0,32	1,04	1,30
Р	1,08	1,17	1,06	0,76	0,51	0,50	0,42	0,22	0,32	##	0,90	1,22
У	0,41	0,61	0,71	0,92	0,94	0,72	0,67	0,82	1,04	0,90	##	0,36
Ч	0,28	0,45	0,64	1,03	1,14	0,92	0,91	1,10	1,30	1,22	0,36	##

Примітка. У клітинках таблиці, які відповідають одному пункту – $l_{ii} = #####$, що фактично означає відсутність замкнутих циклів у наявній транспортній мережі.

Сформуємо найкоротшу зв'язуючу мережу, вибравши найкоротший шлях, який починається в початковому пункті *, обходить усі задані пункти-споживачі і закінчується в пункті *. Для цього використано алгоритм лінійного програмування, який служить для розв'язання задач комівояжера [17]. Зміст алгоритму полягає в наступному. Розглянемо будь-які два пункти P_i і P_j транспортної мережі. Відстань між ними, згідно з табл.3.5, – $l_{ij} = r(P_i, P_j)$, якщо вершини P_i і P_j з'єднані безпосередньою дорогою, і $l_{ij} = +\infty$, якщо

вони не з'єднані. Кожному шляху, що проходить через пункти $i = 1, \mathbf{K}, j, \mathbf{K} n$ – $n(P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_n)$ можна поставити у відповідність множину чисел x_{ij} , які дорівнюють одиниці, якщо відповідна дорога l_{ij} належить цьому шляху, і нуль – якщо не належить. У цьому випадку задача пошуку найкоротшого шляху полягає в пошуку матриці значень $\|x_{ij}\|$, з мінімумом лінійної функції [19]:

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n l_{ij} x_{ij} \quad (3.21)$$

$$\text{з обмеженнями} \quad 0 \leq x_{ij} \leq 1 \quad (3.22)$$

$$C1 = \sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_{ji}) = 0 \quad i = 1, i = n, \quad (3.23)$$

$$C2 = \sum_{j=1}^1 (x_{1j} - x_{j1}) = 1 \quad (3.24)$$

$$C3 = \sum_{j=1}^n (x_{nj} - x_{jn}) = -1 \quad (3.25)$$

Для подальшого розв'язання складено табл. 3.6 і записано в неї початкові дані. В таблиця показано приклад пошуку найкоротшої відстані від пункту *, через усі пункти-споживачі – до пункту *.

Таким чином, застосувавши алгоритм, знаходимо, що шлях, що утворює найкоротшу зв'язуючу мережу – це №20-Ч-У-Р-П-О-Л-К-Й-И-Д-В-А-№20 (рис.3.3).

Цю задачу розв'язано з допомогою прикладної програми *Solver* в електронних таблицях *Excel*. Для цього введено такі початкові дані:

- критерій - цільова комірка - обчислювалась за виразом (3.21) і фактично означає суму добутків;
- обмеження - величина $\sum_{j=1}^n (x_{nj} - x_{jn})$ для рядка з номером пункту, від якого шукається відстань повинна дорівнювати 1;

- обмеження - величина $\sum_{j=1}^n (x_{nj} - x_{jn})$ для рядка з номером пункту, куди приходиться найкоротший шлях, повинна дорівнювати -1;
- всі інші величини виділеного стовпця таблиці 3.4 повинні дорівнювати 0;
- усі змінні x_{ij} повинні бути двійковими числами (приймати значення 0, або 1).

Перевагами методу Кларка-Райта є його простота, надійність і гнучкість, що дозволяє враховувати цілий ряд додаткових чинників, які впливають на кінцеве рішення задачі. Суть методу полягає в тому, щоб, відштовхуючись від початкової схеми доставки (див. рис.3.1), по кроках можна перейти до оптимальної схеми доставки на кільцевих маршрутах. З цією метою вводиться таке поняття, як покілометровий виграш, який обчислюємо за формулою [8]:

$$s_{ij} = l_{*i} + l_{*j} - l_{ij}, \text{ км}, \quad (3.26)$$

де l_{*i}, l_{*j} – відстань, по маятникових маршрутах між оптовою базою * і пунктами і та j відповідно, км.; l_{ij} – відстань між пунктами і та j, км.

Маятникові маршрути використовуються в тих випадках, коли обсяг попиту у одержувача співставимий або навіть перевищує вантажність автомобіля.

Кільцеві маршрути використовуються в тих випадках, коли обсяг попиту істотно менше вантажності автомобіля. В цьому випадку в кузовному відсіку транспортного засобу формується збірний вантаж, призначений відразу для декількох споживачів.

Для прикладу розрахуємо покілометровий виграш від об'єднання двох маятникових маршрутів: *– А –*, та * – В – *. Потенційний виграш при цьому становитиме: $s_{ij} = 32 + 42 - 20 = 54$ км.

Усі інші отримані за формулою (3.21) значення заносимо в табл.3.7, де представлені потенційні покілометрові виграші з об'єднання усіх можливих маятникових маршрутів.

Тепер, коли проведена вся необхідна підготовча робота, приступимо безпосередньо до рішення задачі.

Скористаємося алгоритмом Кларка-Райта [19].

Для виконання умови кроку 3 алгоритму [48] необхідно обчислити фактичну вантажність вибраних транспортних засобів.

Фактична вантажність автомобіля обмежена двома чинниками: номінальною вантажністю і об'ємом кузова. Для того, щоб її визначити для конкретного вантажу і конкретного автомобіля, потрібно знати об'ємну масу вантажу, яку визначаємо з довідника [16]:

$$M = Z \cdot V_k, \text{ т} \quad (3.27)$$

де M – максимальна маса вантажу в кузові автомобіля, т; V_k – максимальний об'єм вантажу в кузові, м³; Z – об'ємна маса вантажу, т/м³;

Згідно із завданням перевезенню підлягають поштові вантажі. Для заданих вантажів питомі маси становлять $Z=0,15$ т/м³.

Об'єм вантажного відсіку автомобіля Мерседес Віто:

$$2254 \times 1293 \times 2150 / 10^6 = 6,3 \text{ м}^3.$$

Об'єм вантажного відсіку автомобіля VW Caddy Maxi:

$$2250 \times 700 \times 1820 = 2,9 \text{ м}^3.$$

Таблиця 3.7 – Матриця потенційних покілометрових виграшів, ×100 км

	А	В	Д	И	Й	К	Л	О	П	Р	У	Ч
*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
А	##	0,54	0,37	0,12	0,04	0,03	0,01	0,00	0,01	0,00	0,26	0,54
В	0,54	##	0,61	0,28	0,15	0,11	0,06	0,05	0,08	0,02	0,18	0,49
Д	0,37	0,61	####	0,48	0,32	0,24	0,17	0,16	0,23	0,11	0,07	0,28
И	0,12	0,28	0,48	####	0,92	0,68	0,57	0,64	0,80	0,57	0,00	0,05
Й	0,04	0,15	0,32	0,92	##	0,82	0,75	0,94	1,15	0,88	0,05	0,00
К	0,03	0,11	0,24	0,68	0,82	####	0,71	0,74	0,80	0,67	0,05	0,00
Л	0,01	0,06	0,17	0,57	0,75	0,71	##	0,78	0,80	0,74	0,09	0,00
О	0,00	0,05	0,16	0,64	0,94	0,74	0,78	####	1,18	1,15	0,14	0,02
П	0,01	0,08	0,23	0,80	1,15	0,80	0,80	1,18	##	1,25	0,12	0,01
Р	0,00	0,02	0,11	0,57	0,88	0,67	0,74	1,15	1,25	####	0,22	0,05
У	0,26	0,18	0,07	0,00	0,05	0,05	0,09	0,14	0,12	0,22	####	0,51
Ч	0,54	0,49	0,28	0,05	0,00	0,00	0,00	0,02	0,01	0,05	0,51	####

Фактична вантажність автомобіля Мерседес, обчислена за об'ємом кузова:

$$q_{\phi} = 6,3 \times 0,15 \times 1000 = 939,9 \text{ кг.}$$

Автомобіля VW Caddy Maxi:

$$q_{\phi} = 2,9 \times 0,15 \times 1000 = 430,0 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт статичного використання вантажності визначається з виразу:

$$g_c = \frac{q_{\phi}}{q_n} \quad (3.28)$$

де q_{ϕ} – фактична вантажність, кг; q_n – номінальна вантажність, кг.

Для автомобіля Мерседес Віто: $g_c = 939,9 / 1200 = 0,78$,

для автомобіля VW Caddy Maxi: $g_c = 430,0 / 800 = 0,54$.

Кільцеві маршрути, які виконуватиме автомобіль Мерседес Віто показано на рис. 3.4, автомобіль VW Caddy Maxi – рис.3.5.

3.5 Ефективність оптимальної маршрутизації перевезень та продуктивність використання транспортних засобів при дрібногуртових перевезеннях

У роботі обчислювались такі параметри. Годинна продуктивність автомобіля (т/год) [8]:

$$W_Q = \frac{q_n \times g_c \times V_t \times b_e}{l_6 + t_{np} \times V_t \times b_e} \quad (3.29)$$

де V_t – середня технічна швидкість автомобіля, км/год.; b_e – коефіцієнт використання пробігу; t_{np} – тривалість навантажувально-розвантажувальних робіт, год. в тжм/год [4]:

$$W_P = \frac{q \cdot g_{\partial} \cdot v_t \cdot b_e \cdot t_e}{l_e + t_{np} \cdot v_t \cdot b_e} \quad (3.30)$$

Коефіцієнт використання пробігу

$$b = \frac{\sum_{i=1}^{Z_e} l_{Bi}}{\sum_{i=1}^{Z_e} (l_B + l_{MX})_i} \quad (3.31)$$

Коефіцієнт динамічного використання вантажності:

$$g_o = \frac{\sum_{i=1}^{Z_e} (q_{\phi p} \cdot h_{змп} \cdot \bar{x}_n)_i}{\sum_{i=1}^{Z_e} (q h_{змп} \cdot \bar{x}_n)_i} \quad (3.13)$$

Сумарний час простою автомобіля під навантаженням та розвантаженням за виконання маршруту, вибираю з довідкових даних згідно з типом вантажу і способом навантаження-розвантаження [20]. Так, оскільки вантажність автомобілів – до 7 т, то норма часу на його навантаження для поштучних вантажів становить 15 хв. + 15 хв., для немеханізованих способів. Стільки ж часу – для розвантаження. Отже, загальний час вантажних робіт становитиме 1 год. Середня технічна швидкість приймається з нормативів – 22 км/год. Результати обчислень подано в табл.3.8.

Згідно з виконаною маршрутизацією найбільш доцільно застосувати автомобілі Мерседес Віто, оскільки вони мають більшу продуктивність – 0,810 т-км/год. Покілометровий виграш при цьому становить – 710 км. Покілометровий виграш при використанні менш продуктивного автомобіля – 460 км.

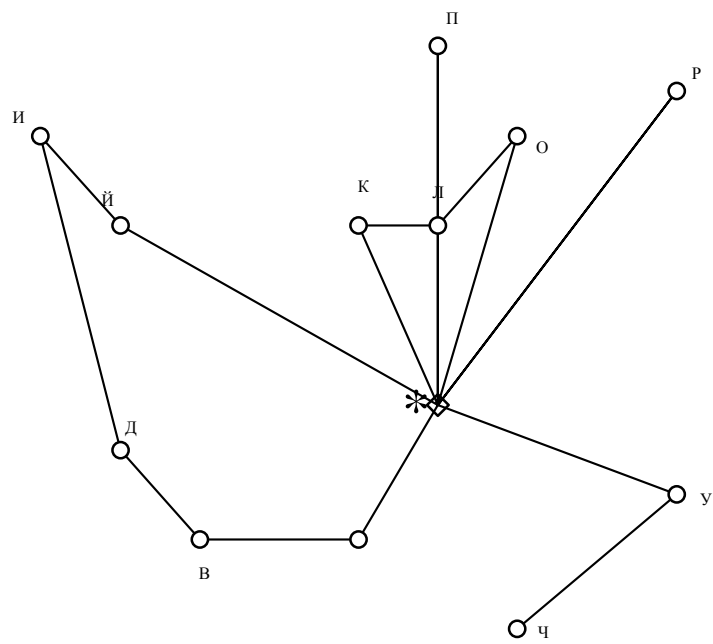


Рисунок 3.4 – Кільцеві маршрути, які виконує автомобіль Мерседес-Бенз Віто

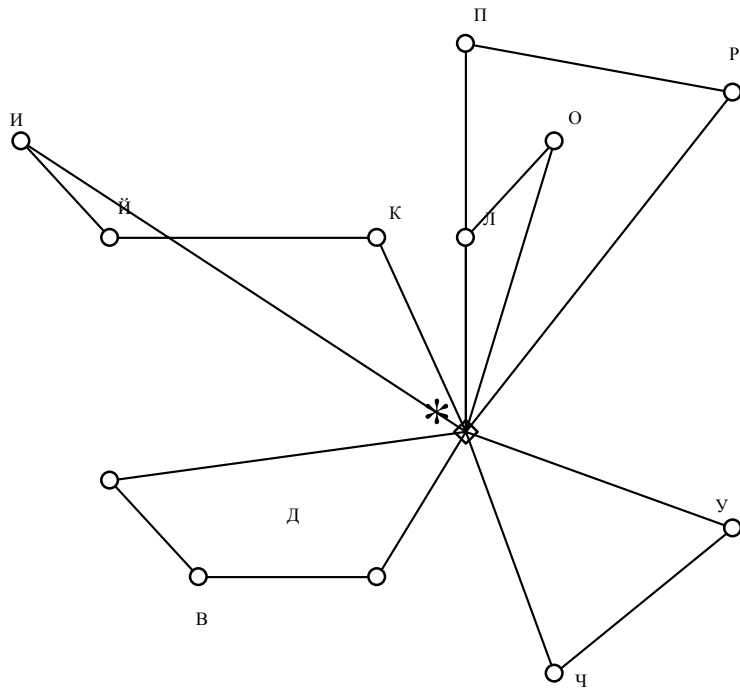


Рисунок 3.6 – Кільцеві маршрути, які виконує автомобіль VW Caddy Maxi

Таблиця 3.8 – Параметри ефективності дрібногуртових перевезень

Показник	Автомобіль	
	Мерседес Віто	VW Caddy Maxi
Номінальна вантажність, кг	1200	800
Фактична вантажність, кг	939,90	429,98
Коефіцієнт статичного використання вантажності	0,78	0,54
Коефіцієнт динамічного використання вантажності	0,19	0,23
Пробіг з вантажем, км	471	267
Довжина маршруту, км	700	530
Коефіцієнт використання пробігу	0,68	0,50
Пробіг без вантажу, км	230	270
Середня технічна швидкість, км/год.	22	22
Перевезено на маршрутах, кг	1944	1944
Продуктивність		
т-км/год	0,810	0,389
т/год	0,714	0,346

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Відшкодування збитку, заподіяного працівнику

Згідно ст. 9 Закону України “Про охорону праці”, відшкодування збитку працівнику здійснюється у разі пошкодження його здоров'я або у разі смерті працівника.

Збиток, заподіяний працівнику каліцтвом або іншим ушкодженням здоров'я, пов'язаним з виконанням трудових обов'язків, відшкодовується Фондацією соцстраху від нещасного випадку в повному розмірі заробітку відповідно до законодавства, а також може виплачуватися потерпілому (членам сім'ї і утриманцям померлого) додаткова допомога.

Розмір додаткової допомоги встановлюється колективним, або трудовим договором.

Суми відшкодування збитку, виплачувані потерпілому (або членам сім'ї і утриманцям померлого), не підлягають оподаткуванню.

Якщо нещасний випадок відбувся унаслідок невиконання потерпілим вимог нормативних актів про охорону праці) розмір допомоги може бути зменшений в порядку, який визначається колективним або трудовим договором. Факт наявності вини потерпілого встановлюється комісією по дослідженню нещасного випадку.

Потерпілому за рахунок засобів Фондації соцстраху від нещасного випадку виплачуються витрати на лікування (у тому числі санаторно-курортне), протезування, придбання транспортних засобів, по догляду за ним і інші види медичної і соціальної допомоги відповідно до медичного висновку, який видається в установленому порядку.

Підставою для оплати потерпілому витрат на медичну допомогу, проведення медичної, професійної і соціальної реабілітації, а також виплат страховок є акт розслідування нещасного випадку або акт розслідування професійного захворювання (отруєння) по встановленій формі. За наявності

факту нанесення морального збитку потерпілому Фондацією соцстраху від нещасних випадків здійснюється виплата страховки за моральний збиток.

За працівниками, які втратили працездатність у зв'язку з нещасним випадком на виробництві або професійним захворюванням, зберігається місце роботи (посада) і середня заробітна платня на весь період до відновлення працездатності або визнання їх в установленому порядку інвалідами. У разі неможливості виконання потерпілим попередньої роботи керівник зобов'язаний забезпечити відповідно до медичних рекомендацій його перепідготовку і трудовлаштування, встановити пільгові умови і режим роботи.

Якщо власник не має нагоди працевлаштувати на своєму підприємстві осіб, які частково втратили працездатність, але не стали інвалідами, він зобов'язаний відрахувати цільовим призначенням до Державного фонду сприяння зайнятості населення засобу у розмірі середньорічної заробітної платні працівників за кожне нестворене робоче місце для таких осіб. Трудовлаштування таких осіб здійснюється державною службою зайнятості населення.

Час перебування на інвалідності у зв'язку з нещасним випадком на виробництві або професійним захворюванням зараховується в стаж роботи для нарахування пенсії по віку, а також в стаж роботи з шкідливими умовами, який дає право на призначення пенсії на пільгових умовах і в пільгових розмірах.

Під моральним збитком потерпілого розуміються страждання, заподіяні працівнику унаслідок фізичної або психічної дії, що призвели за собою погіршення або позбавлення можливостей реалізації ним своїх звичок і бажань, погіршення відносин з навколишніми людьми, інші негативні наслідки морального характеру.

Відшкодування морального збитку можливе без втрати працездатності. Порядок відшкодування морального збитку визначений законодавством.

4.2 Аналіз ризиків при перевезенні вантажів

За даними транспортної статистики, автотранспорт - найбільш аварійний вид транспорту, в 100 раз більш небезпечний, ніж авіаційний та залізничний, але він є найбільш зручним та доступним. Як показує практика, автотранспортні засоби спричиняють не тільки шкоду життю та здоров'ю громадян та збитків їхньому майну, але навіть шкоду навколишньому природному середовищу. Проте не тільки розмір таких збитків (шкоди) не можна завчасно передбачити та визначити особу, якій може бути завдано такий збиток, а також місце та час такої трагедії. Тому реальні гарантії щодо відшкодування збитків (шкоди), що, до речі, перевірено світовим досвідом розвинутих країн, визнана система обов'язкового страхування цивільної відповідальності власників автотранспортних засобів перед третіми особами, яким може бути завдана шкода (збиток).

Особливе значення цього виду страхування для функціонування Європейського Співтовариства підтверджує той факт, що з метою удосконалення цього виду страхування було видано три спеціалізовані директиви, а також інші директиви, що доповнюють як рішення Ради ЄС, так і рішення Комісії й інших нормативних актів Європейського Співтовариства.

Страховий захист власників автотранспорту вкрай необхідний, і це доведено часом та практикою його здійснення в Україні.

Розвиток міжнародного ділового співробітництва, зростання автомобільних вантажних перевезень і автомобільного туризму вимагає як комплексного рішення проблем страхового захисту інтересів власників авто, так і розуміння безпосередньо ними вимог міжнародного права та соціальності у відносинах страхування.

ВИСНОВКИ

1. Збільшення обсягів міських вантажних автомобільних перевезень впродовж останніх років зумовлює також швидке зростання щільності транспортних потоків. Це також спричинює значні сумарні затримки, неефективне використання транспортних засобів, істотне забруднення довкілля, понаднормові витрати енергоресурсів, часу і грошових коштів. Такі проблеми можна частково розв'язати за допомогою автоматизованих систем керування дорожнім рухом. Головна їх мета – запобігати виникненню затримок транспортних потоків і зробити автомобільні перевезення ефективнішими і безпечнішими, гарантуючи при цьому повноту виконання транспортних завдань.

2. Найбільш вагомими причинами слабого розвитку транспортно-технологічних систем називають: 1) значну нерівномірність вантажопотоків в просторі і часі; 2) невідповідність вантажності та інших техніко-експлуатаційних параметрів наявних АТЗ транспортним завданням. Відомі способи вирішення таких проблем – резервування. Проте воно проявляється в сучасних транспортних процесах у вигляді надлишкових вантажомісткості та чисельності парків АТЗ, виборі необґрунтованих і неощадних режимів руху; недовикористання ресурсу АТЗ.

3. Рухомий склад сучасних перевізників експлуатується не цілком ефективно. Про це свідчить невисокий коефіцієнт випуску і невеликий сумарний річний пробіг з вантажем за рік. Також АТЗ характеризуються невисокою середньою технічною швидкістю. Підприємства не повністю використовують вантажність транспортних засобів. Є дуже великими простої АТЗ через організаційні причини.

4. З погляду клієнтів підприємства "Нова Пошта", двома найбільш важливими є показники надійності та терміновості сервісу. В розрізі показників найбільш важливими і такими, що не забезпечені достатньо на маршруті є рівень охоплення ланцюга поставок; можливість доставки "саме

вчасно" можливість доставки "від дверей до дверей" можливість отримати додаткові послуги, у тому числі – інформацію про поточний стан перевезень.

5. Нормування витрат на одиницю транспортної роботи (тонну або тонна-кілометр) у відриві від конкретного автомобіля є недостатньо обґрунтованим. Цим також обумовлюється необхідність нормування матеріально-технічних ресурсів не тільки на одиницю роботи, але й на кожний автомобіль з урахуванням його особливостей.

6. Адаптація ТТС до нових збільшених/ зменшених значень матеріалопотоків приводить до затримок у ланцюзі постачання. Для тих систем, де операції транспортування є вагоміші за тривалістю, збільшення матеріального потоку приводить до зменшення додаткових витрат часу. ТТС, які містять багато складів пристосовуються до зростання інтенсивності постачання зростанням затримок. В обох випадках мова йде про тимчасові затримки процесів, тобто здатність перебудовуватись.

7. Із залученням більшої кількості автомобілів зменшується порожній пробіг а також час руху і експлуатації АТЗ, тобто зменшується час виконання завдання. Збільшується коефіцієнт використання пробігу. Зменшується коефіцієнт використання часу, тому деякі автомобілі будуть простоювати. Тому потрібно вибрати таку кількість АТЗ на маршруті, при якій будуть максимально задовольнятися всі умови.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альошинський Є.С. Основи формування процесу міжнародних вантажних залізничних перевезень : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. техн. наук : 05.22.01 «Транспортні системи». Харків : Українська держ. ак. залізнич. тр-ту. 2009. 40 с.
2. Білоус С.О. Нова методика розвитку транспортних мереж. Вісник ТАУ та НТУ. Київ :ТАУ, НТУ. 2006. №13. С. 232–236.
3. Горяинов А.Н. Вопросы развития гибких логистических стратегий на автомобильном транспорте. Вестн. Харьк. гос. автомоб.-дор. техн. ун-та. 1999. Вып. 10. С. 58-60.
4. Воркут А. И., Калинин А.Г., Рудык А.С. Транспортное обслуживание торгово-оптовых баз. Київ. Техника, 1985. 112 с.
5. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки. Київ : Выща шк., 1986. 447с.
6. Воркут Т.А, Моделювання процесів і параметрів перевезень у взаємодіючих накопичувальних системах. Вісник північного наукового центру транспортної академії України. Випуск 6. 2003. С.92-93.
7. Воркут Т.А. Тенденції розвитку ринку вантажних автомобільних перевезень в Україні. Системні методи керування, технологія та організація виробництва і експлуатації автомобілів : зб. наук. пр. Київ. : НТУ, ТАУ. 1999. Вип. 7. С. 110–114.
8. Вільковський Є.К., Бакуліч О.О. Вантажознавство (вантажі, правила перевезень, рухомий склад): навч. посібник. Львів: "Інтелект-Захід", 2005, 224с.
9. Вільковський Є.К., Оліскевич М. С. , Дорош В. М. Методика визначення необхідної кількості автотранспортних засобів на маятникових маршрутах. Вісник НТУ. Київ. 2006, №13, Ч.2., С.68-72.
10. Доля В.К., Оліскевич М.С. Оптимізація параметрів інформаційних потоків при виборі режимів руху автотранспортних засобів на вантажних магістральних перевезеннях. Коммунальное хозяйство

- городов. Наук.-техн. зб. Серія: технічні науки та архітектура. Київ. : Техніка, 2007. Вип. 79. С.305-313.
11. Заборський Л. О. Методичні основи організації транспортно-технологічних процесів у системах доставки вантажів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.01 «Транспортні системи». Одеса : Одеськ. нац. морськ. ун-т, 2008. 20 с.
12. Зеркалов Д.В., Коцюк О.Я. Нормативно-організаційна основа вантажних перевезень. Київ. : Науковий світ, 2001. 64 с.
13. ЗАКОН УКРАЇНИ ПРО ОХОРОНУ ПРАЦІ від 14 жовтня 1992 року N 2694-XII (ВВР 1992, N 49, ст.668) Із змінами і доповненнями, внесеними Законами України від 15 травня 1996 року N 196/96-ВР
14. Калиниченко А. П.. Разработка графиков совместной работы грузовых автомобилей и погрузочно-разгрузочных механизмов при оперативном сменно-суточном планировании. Вісник Харківського університету № 506. Частина 1. Харків, 2001. С. 275-277.
15. Нагорний Є.В., Самойленко А.С. Оцінка ефективності прискореної переробки тарно-штучних вантажів на терміналі. Східноєвропейський журнал технологій. 2008, Вип. ½ (31). С. 51–53.
16. Нагорний Є.В., Скорік О.О. Оцінка економічного ефекту від впровадження та використання оптимальних параметрів каналів розподілу вантажопотоків. Східноєвропейський журнал передових технологій. 2008, Вип. ¼ (31). С. 43–44.
17. Нефедов Н.А. Относительная эффективность развозочных маршрутов. Автомобильный транспорт : сб. научн. тр. Харьков : ХНАДУ. 2002. Вып. 10. С. 82–84.
18. Нефьодов В.М. Підвищення ефективності автомобільних перевезень партійних вантажів з використанням розподільчих центрів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.01 «Транспортні системи». Харків, 2007. – 20 с.

19. Оліскевич М.С. Імітаційне моделювання вибору програми руху автотранспортних засобів на магістральних перевезеннях. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка, Харків, 2008. Вип.75, том 2, С.122-130.
20. Оліскевич М.С. Концепція архітектури інформаційної системи магістральної транспортної мережі. Вісник ЖДТУ. Технічні науки. 2008. №3 (46). Том 2. С.98-106.
21. Оліскевич М.С. Класифікація логістичних операцій в транспортно-технологічних схемах. Вісник НТУ, 2007. ч.2., Вип. 15. С.144-148.
22. Оліскевич М.С. Вплив завантаженості автопотяга на питомі витрати палива. Вісник Східноукраїнського національного університету ім.В.Даля, №6(112). Луганськ, 2007, С.169-173.
23. Оліскевич М.С., Дорош В.М. Визначення необхідної кількості автотранспортних засобів у логістичній схемі збуту готової продукції Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". Логістика. 2007, №580. С.307-313.
24. Оліскевич М.С. Оптимізація обсягу і моменту надходження повідомлень до екіпажу АТЗ при виконанні міжміських вантажних перевезень. Тези доповіді. 64 наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. Київ. НТУ, (травень 2008), С. 136.
25. Оліскевич М.С., Дорош В.М.. Залежність тривалості доставки швидкопсувних продуктів від параметрів логістичної схеми/ Тези доповіді. – 63 наукова конференція професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. Київ. : НТУ, 2007, С.409.
26. Оліскевич М.С. Імітаційне моделювання вибору програми руху автотранспортних засобів на магістральних перевезеннях /Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка, Харків, 2008. Вип.75, том 2, С.122-130.

- 27.Оліскевич М.С. Залежність швидкості і прискорення автомобіля в транспортному магістральному потоці від характеристик інформаційного поля. Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. 2008. №2(6) С.132-137.
- 28.Оліскевич М.С. Вплив завантаженості автопотяга на питомі витрати палива. Вісник Східноукраїнського національного університету ім.В.Даля, №6(112). Луганськ, 2007, С.169-173.
- 29.Нагорний Є.В., Рибанов Г.Л., Черниш Н.Ю. Основи транспортно-експедиційного обслуговування підприємств, організацій та населення: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. Харків. 2002. 106 с.
- 30.Шептура О.М. Підвищення ефективності автомобільних перевезень гуртових вантажів при змінному попиті на перевезення: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.01 Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т. Х., 2004. 18с.
- 31.Пономарьова Н.В. Прогнозування вантажопотоків на наземних видах транспорту у міжнародному сполученні : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.01 «Транспортні системи». Харків : ХНАДУ, 2007. – 20 с.
- 32.Притула Н., Єлейко Я., Притула М. Нелінійні транспортні задачі на зважених графах. Вісник Львів. ун-ту. Сер. прикл. матем. та інформ. 2006. Вип. 11. С. 244-254.
- 33.Прокудін Г. С. Розв'язання нестандартних транспортних задач про призначення. Оптимизация производственных процессов: Сб. науч. трудов. Севастополь: СевНТУ. 2007. № 10. С. 111–115.
- 34.Прокудін Г. С. Організація вантажних перевезень на транспортних мережах з обмеженням їх пропускної здатності. Електроніка та системи управління. Київ, НАУ. 2011. №1(27) С. 115-121.
- 35.Форнальчик Є.Ю., Оліскевич М.С. Концепція автоматизованої системи керування магістральними автотранспортними потоками. Вісник НТУ, №18, Київ, 2009. С. 60-69.

36. Шраменко Н. Ю. Розвиток теоретико-технологічних основ ефективного функціонування термінальних систем при доставці дрібнопартійних вантажів : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.22.01 / Харків. нац. автомоб.-дорож. ун-т. Харків, 2014. 39 с.