

Міністерство освіти і науки України
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

К.Г. Ковцур, Н.В. Птиця, Д.О. Музильов

**РЕЗЕРВУВАННЯ ПРОВІЗНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ
ПАРКУ АВТОМОБІЛІВ У ЛОГІСТИЧНИХ
ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАНЬ СПОЖИВЧИХ
ТОВАРІВ**

Монографія

Харків
2022

656.073.29

К 56

Затверджено до видання Вченою Радою ХНАДУ, Дозвіл № 47/22/5.8 від 28.10.22

Рецензенти:

- О.В. Степанов**, д.т.н., професор, професор кафедри організації і безпеки дорожнього руху
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет)
- В.А. Войтов**, д.т.н., професор, завідувач кафедри транспортних технологій та логістики
(Державний біотехнологічний університет)
- Ю.О. Давідич**, д.т.н., професор, професор кафедри транспортних систем і логістики
(Харківський національний університет міського господарства
ім. О.М. Бекетова)

Колектив авторів:

- Ковцур К.Г., к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних систем і логістики
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет)
- Птиця Н.В., к.т.н., доцент кафедри транспортних систем і логістики
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет)
- Музильов Д.О., к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних технологій та логістики
(Державний біотехнологічний університет)

Ковцур К.Г.

- К 56 Резервування провізних можливостей парку автомобілів у логістичних ланцюгах постачань споживчих товарів : монографія / К.Г. Ковцур, Н.В. Птиця, Д.О. Музильов. Харків : ФОП Бровін О.В., 2022. 156 стор.
ISBN 978-617-8009-84-7

Представлені результати вирішення науково-прикладної задачі, яка полягає в підвищенні ефективності доставки споживчих товарів автомобільним транспортом у міському та міжміському сполученні за рахунок резервування провізних можливостей парку рухомого складу, що дозволить зменшити сумарні витрати в ланцюзі постачань, які пов'язані з доставкою та неповним задоволенням потреб споживачів.

Для інженерно-технічних робітників, вчених та аспірантів, діяльність яких пов'язана з моделюванням та плануванням роботи системи доставки споживчих товарів у торгові точки різних форматів.

Іл. 16. Табл. 10. Бібліогр. 91 назв.

УДК 656.073.29

ISBN 978-617-8009-84-7

© Ковцур К.Г., Птиця Н.В., Музильов Д.О., 2022

© ХНАДУ, 2022

ВСТУП

До недавнього часу логістичний ланцюг постачань роздрібних торговельних мереж зазнав значних змін. Головною особливістю є зростання контролю роздрібних торговельних мереж над усім процесом доставки. Пояснюється це тим, що несвоєчасність виконання замовлення або неповне його виконання призводить до зменшення доходу торговельних операторів через зменшення обсягу реалізації продукції, а, отже, і до зниження ефективності функціонування всього ланцюга постачань. У зв'язку зі збільшенням кількості постачальників роздрібних точок, ступеня централізації закупівель, зі зростанням швидкості руху товарних запасів через увесь ланцюг постачань роздрібних торгівців, зі зміною форматів роздрібної торгівлі, необхідна систематизація умов роботи автомобільного транспорту при перевезенні споживчих товарів у логістичних мережах. З огляду на вказане, доцільно вирішити питання зниження витрат на транспортування для найбільш розповсюдженої схеми доставки товарів повного асортименту в роздрібну мережу за рахунок оптимізації структури парку автомобілів в умовах конкретного району перевезень.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю визначення потенційних можливостей підвищення ефективності доставки вантажів із мінімальними витратами за рахунок резервування провізних можливостей парку рухомого складу в логістичних ланцюгах роздрібних торговельних мереж.

Необхідно зазначити, що процес виробництва і первинного розподілу товарів у ланцюзі постачань впливає на рівень цін, якості та доступності товару у роздрібній торговельній мережі. З метою підвищення швидкого реагування на потреби кінцевих споживачів і забезпечення доставки в потрібне місце, в потрібний час, в необхідній кількості та асортименті, необхідно вдосконалити процес доставки в ланцюзі постачань так, щоб провізні можливості парку автомобілів відповідали потребам. Одним з особливо значущих завдань на підприємстві є скорочення сумарних витрат у ланцюзі постачань, що пов'язані з доставкою та неповним задоволенням попиту. На сьогоднішній день відсутні конкретні наукові рекомендації щодо оптимізації системи доставки товарів у роздрібну торговельну мережу з урахуванням витрат на доставку і втрат від недовиконання замовлення і неповного використання вантажності автомобіля. Отже, існує необ-

хідність створення методичного підходу до вибору раціонального способу резервування провізних можливостей парку автомобілів для конкретних умов перевезень.

Монографія присвячена вирішенню науково-прикладної задачі, яка полягає в розробці математичних моделей приведених логістичних витрат у ланцюзі постачань на доставку продукції для різних способів резервування провізних можливостей (ПМ) парку рухомого складу (РС) з урахуванням витрат, пов'язаних із недозавезенням споживчих товарів (СТ) у роздрібну торговельну мережу. Отримані аналітичні залежності є теоретичною базою для підвищення ефективності доставки СТ автомобільним транспортом у міському та міжміському сполученні за рахунок резервування ПМ парку РС, що дозволить зменшити сумарні витрати в ланцюзі постачань, які пов'язані з доставкою та неповним задоволенням потреб споживачів.

У першому розділі монографії проведений аналіз сучасного стану теорії і практики використання РС автомобільного транспорту при перевезенні СТ, що відносяться до гуртових вантажів, у роздрібну торговельну мережу.

У другому розділі проведено аналіз різних способів резервування ПМ парку РС, запропоновано критерій оцінювання ефективності доставки продукції у ланцюгу постачань, наведено математичну модель впливу умов доставки, технологічних параметрів способу резервування ПМ парку РС на приведені логістичні витрати.

У третьому розділі проведений аналіз впливу факторів та показників схем доставки залежно від формату торгових точок та виду сполучення на оптимізаційні параметри роботи парку РС.

У четвертому розділі проведено класифікацію міст України за умовами доставки СТ, проаналізовано вплив зовнішніх факторів середовища і внутрішніх параметрів системи доставки на приведені логістичні витрати та визначено межі раціонального використання способу резервування ПМ парку РС в умовах перманентних коливань попиту на перевезення, а також представлено оцінку економічного ефекту від впровадження запропонованої методики.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ ВИКОРИСТАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ГУРТОВИХ ВАНТАЖІВ

Зміни структури товарообігу, збільшення асортименту товару на ринку роздрібної торгівлі призвели до посилення конкуренції між перевізниками, що потребує зниження витрат на доставку товарів в роздрібну торгівельну мережу, фінансових втрат від неефективної організації перевезень та своєчасного реагування на зміну потреб на транспортні послуги. Перманентні коливання попиту на товар є негативним чинником при проектуванні перевізного процесу на практиці для логістів. Одним з можливих способів компенсування цих коливань є застосування технологічних рішень, а саме резервування ПМ парку автомобільного транспорту.

1.1 Сучасний стан роздрібної торгівлі на території України

Сьогодні галузь торгівлі – одна з тих, що найдинамічніше розвивається в Україні. При цьому значна частка загального товарообігу, а це приблизно 65%, припадає на великі міста. Поява нових форматів, зміна ролі посередників, прихід іноземного капіталу, вдосконалення комунікацій – все це в сукупності приводить до жорсткості конкуренції та порушує питання про застосування найсучасніших концепцій управління й розподілу функцій [1, 2].

Роздрібна торгівля змінюється разом зі змінами суспільства. Зміни споживчого поведіння є найбільш сильним генератором змін у роздрібній торгівлі. Проаналізувавши ці зміни, що відбуваються в останні два десятиліття, можна з'ясувати, яким образом зміниться роздрібна торгівля в майбутньому і яким чином це вплине на зміну відносин у ланцюзі постачань. Зміна споживчого поведіння характеризується перш за все:

- зростанням дефіциту часу, що може бути витрачене на придбання товарів у торгових точках;
- збільшенням доходів населення й разом з тим збільшенням бажання одержувати товари кращої якості за мінімальними цінами;

– збільшенням бажання не використати стандартну продукцію, що приводить до розширення асортиментів і збільшенню швидкості заміни актуальної лінійки товарів [3, 4].

Перераховані фактори призводять до наступних змін у всій галузі роздрібної торгівлі:

– принципово помінялася роль роздрібної торгівлі як посередника між виробництвом і споживачами [5]. Якщо раніше з товарними ініціативами традиційно виступав виробник, а роздрібні й оптові торговці лише здобували товари на ринку й боролися з виробником за частку прибутку, то в цей час при значному скороченні бізнесу оптових торговців роздрібні торговці усе більше й більше беруть на себе ініціативи по розробці товарів;

– поява нових форматів роздрібної торгівлі;

– ріст середніх розмірів однієї точки продажу (у тому числі й поява особливо великих форматів, таких як, наприклад, гіпермаркети) і ріст оборотів властиво галузі роздрібної торгівлі (у цей час провідні роздрібні компанії зрівнялися, а те й обігнали по капіталізації провідні промислові компанії, що було важко собі представити 15-20 років тому);

– освоєння роздрібними торговцями споживчих товарів земельних ділянок за містом.

Зміни галузі ведуть до наступних змін у логістиці торговельних підприємств:

– збільшується обсяг і частота закупівель споживчих товарів роздрібними торговцями;

– у зв'язку з розширенням асортиментів роздрібних торговців збільшується кількість постачальників роздрібних точок;

– з підвищенням частки напівфабрикатів і іншої свіжої швидкопсувної продукції зростає швидкість руху товарних запасів через весь ланцюг постачань роздрібних торговців;

– підвищується рівень взаємодії з постачальниками й взагалі рівень інтеграції й співробітництва по всьому ланцюгу поставок;

– за рахунок постійного збільшення масштабів діяльності, у тому числі й з появою мультиформатних роздрібних мереж, відбувається постійне скорочення питомих витрат (і в тому числі логістичних) роздрібної торгівлі.

В Україні помітно скорочується частка нецивілізованої торгівлі, частка ринків, кіосків і павільйонів [6]. Споживачі поступово перехо-

дять на західні стандарти обслуговування й обирають сучасні форми, які дозволяють заощаджувати час, гроші, одержувати якісні послуги в одному місці. Крім того, існує тенденція розвитку торгових центрів і підвищення ролі культурно-дозвільних заходів.

Більшість роздрібних торговців активно розвивають формат «магазин біля будинку», як найбільш перспективний сегмент для конкуренції із західними мережами. Активно розвивається формат гіпермаркету, переважно з боку західних мереж, що володіють більшими ресурсними можливостями. Однак деякі вітчизняні мережі також намагаються розвивати формат гіпермаркет [7].

Деякі провідні українські роздрібні мережі починають працювати в декількох форматах. Таким чином, активно розвиваються формати «магазину біля будинку», як перспективного сегмента для ефективного протистояння західним конкурентам. Українські мережі також розвивають формат гіпермаркет, але шляхом підвищення сервісу і якості обслуговування, більш великими торговельними площами й установленням середнього рівня цін [7].

Класифікування підприємств роздрібною торгівлі дозволяє, з одного боку, виявити їхні відмінності, які в значній мірі впливають на місце логістики в структурі керування різними торговельними підприємствами, а з іншого боку, допоможе виявити закономірності залежності ролі логістики й рівня розвитку її технологій від типу магазинів.

Формат роздрібною торгівлі – це сукупність параметрів, за якими визначається належність торговельного підприємства (як мережного, так і незалежного) до одного з розповсюджених у світовій практиці видів. Як правило, кожний з форматів має устояне найменування [8, 9]. На практиці для визначення формату досить оцінити підприємство по невеликій кількості основних параметрів, опустивши другорядні, що формуються під впливом місцевих умов. Основними параметрами віднесення підприємства до якогось-небудь із форматів є:

- площа торговельного залу;
- кількість розрахунково-касових вузлів;
- площа складських, допоміжних, офісних приміщень;
- присутні в асортименті категорії товару, ширина асортиментів;
- кількість позицій у категоріях, глибина асортиментів;
- частка товару, виробленого для даного підприємства;
- наявність власного виробництва продукції (для продовольчого сектора);

- форма обслуговування (для підприємств самообслуговування окремо оцінюється й частка традиційної торгівлі «через прилавок»);
- наданий сервіс;
- часи роботи;
- облікова кількість персоналу;
- оберт за день, місяць, рік;
- оберт з одиниці площі;
- середня кількість покупок у день;
- рівень цін на базові позиції асортиментів.

Самообслуговування дозволяє досягти таких обертів, які принципово недоступні для магазинів традиційної форми торгівлі аналогічної площі (табл. 1.1). Однак для того, щоб одержати такі результати, недостатньо побудувати великий магазин і наповнити його товаром. Величезну роль грає вибір стратегії залучення покупця, що, у свою чергу, описується більшою кількістю параметрів. Якщо говорити про логістику кожного з описуваних форматів, то очевидно, що у форматів різні вимоги до логістичного забезпечення. Найчастіше мережі гіпермаркетів не мають розподільчих центрів, що, з одного боку, обумовлено можливістю складування товарів у торговельному залі (особливість цього формату), а з іншого боку – значними товарообертами, які роблять ефективним пряму доставку товарів постачальниками в магазини [8].

Таблиця 1.1

Формати роздрібно́ї торгівлі [8]

Параметри	Гіпермаркет	Супермаркет	«Магазин біля будинку»	Кіоск, павільйон
1	2	3	4	5
Площа торговельного залу, м ²	4000-10000	500-2000	200-400	до 30
Площа складу, м ²	До 2000	250-600	100-200	до 50
Кількість касових вузлів	25-40	5-16	2-6	1- 2
Кількість позицій в асортименті, тис.	25-50	4,5-15	0,8-1,2	0,1
Кількість покупок за день	До 10 000	1200-2300	1000-1500	400-800
Оберт за рік, тис. дол.	7000	500-1200	120-200	20-100
Рівень логістичних витрат роздрібно́го торговця	Середній	Високий	Високий	Високий

1	2	3	4	5
Рівень ланцюгів поставчань	Прямі зв'язки з виробниками, іноді без участі розподільчого центру (РЦ)	Розподільчі центри з можливістю прямих поставчань	Постачання через оптових торговців та/чи мережу РЦ	Постачання через оптових торговців та/чи мережу РЦ

На території України можна виділити дві основні групи форматів: «великі», що включають в себе супермаркети, гіпермаркети, універмаги, універсами; та «дрібні», що включають так звані «магазини біля будинку», кіоски, павільйони, мінімаркети. Можна виділити три основні види операторів торгових мереж, а саме супермаркет, гіпермаркет та «магазин біля будинку» (рис. 1.1).

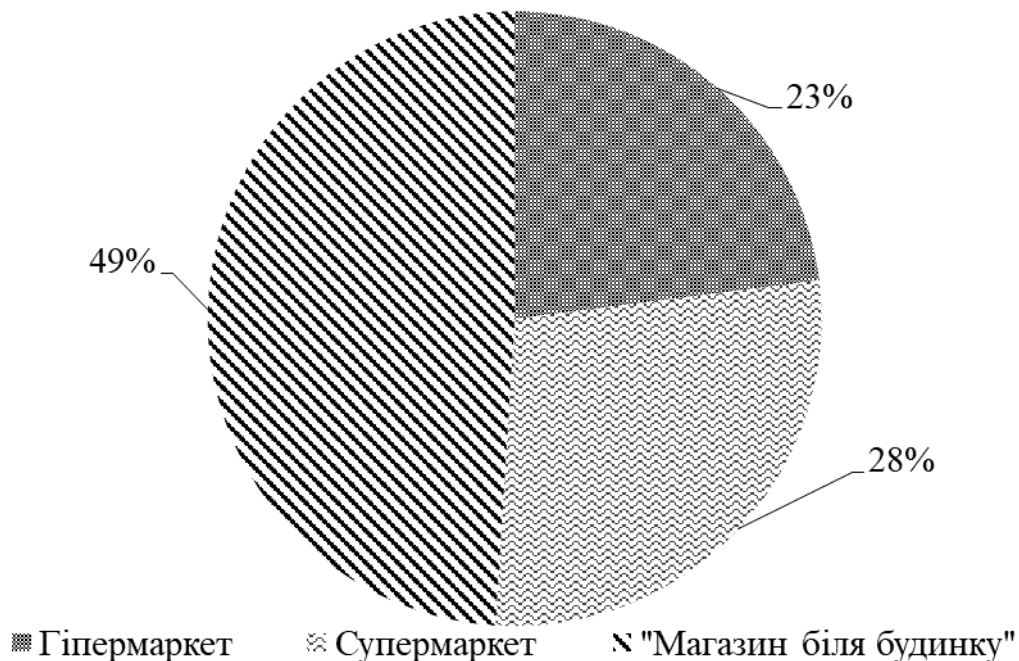


Рис. 1.1. Частка роздрібного товарообігу торгових точок основних операторів торгових мереж на території України

Майже половину роздрібного товарообігу складають магазини «дрібних» форматів, які мають ряд особливостей в порівнянні з супермаркетів і гіпермаркетів: невеликі розміри замовлення, щодобова поставання продукції. Супермаркети і гіпермаркети відрізняються тим, що пропонують товари за найнижчими цінами (у середньому на

5-7% нижче, ніж на ринку та на 8-10% нижче, ніж у «магазинах біля будинку»). Крім цього, вони відрізняються належним рівнем обслуговування, і високим рівнем задоволення купівельних потреб.

Донедавна великі виробники споживчих товарів домінували в ланцюзі постачань. Використовуючи стратегію, що виштовхує, ці постачальники переміщали більші обсяги продукції на більші відстані, щоб скоротити витрати на розподіл. Найчастіше постачаються такі обсяги продукції, що не відповідають попиту, а це призводить до затоварення торгових точок. Надлишки товарних запасів за допомогою прийомів маркетингу (знижки, премії, відстрочки платежу й т.і.) «проштовхуються» на нижні рівні ланцюга постачань. Товар, куплений торговцем «про запас», тобто без обліку поточних потреб, дозволяє збільшити розмір прибутку виробника, але це не свідчить про ефективне керування ланцюгом постачань [9].

Останнім часом однієї з основних тенденцій взаємин у ланцюзі постачань, що зв'язує виробників, оптових і роздрібних торговців, є ріст контролю роздрібних торговців над всім ланцюгом постачань [10]. У результаті все більш зростаючої конкуренції роздрібні торговці значно розширюють границі свого контролю над всім ланцюгом постачань. Намагаючись підвищити ефективність своєї діяльності, багато роздрібних торговців прагнуть розширити свій контроль над ланцюгом постачань і здійснювати всі логістичні операції в рамках єдиної системи каналів. Більше того, прагнучи перемогти в конкурентній боротьбі, що ведуть роздрібні торговці, вони формують пули стратегічних постачальників, що дозволяє спростити процедуру й скоротити строки руху товарів по ланцюгу постачань [8, 11].

Підвищивши економічну ефективність своїх логістичних операцій, більшість роздрібних торговців прийшли до необхідності більш тісного співробітництва зі своїми постачальниками [12]. Впровадження систем управління ланцюгами постачань й ефективної реакції на споживача дозволяють максимізувати ефективність ланцюга постачань СТ як єдиного цілого. Обидві ці концепції допомагають роздрібним торговцям й їхнім постачальникам більш ефективно координувати спільну діяльність.

У результаті, можна зробити висновок, що логістика торговельного підприємства є організованим процесом керування матеріальними й інформаційними потоками від постачальника до точки продажу й доставки покупцеві.

Частка товарів, що направляються постачальниками прямо в магазини, минаючи розподільчі центри, постійно зростає, незважаючи на те, що багато торговельних компаній мають складні системи розподілу й потужні розподільчі центри. При виборі методу розподілу компанія прагне досягти компромісу між витратами на доставку й рівнем купівельного сервісу, товар повинен бути в магазині тоді, коли покупець бажає його придбати.

На сьогоднішній день супермаркети і гіпермаркети користуються особливою популярністю у споживачів, насамперед через величезний асортимент, достатню кількість товарів, помірні ціни, широкий спектр додаткових послуг. Згідно з даними РосБізнесКонсалтингу, супермаркети є самим популярним форматом. Їх частка в товарообігу в середньому становить 28 %. Гіпермаркети продовжують активно розвиватися і на території СНД, їх частка в товарообігу в середньому становить 23 %. У той же час супермаркети є найбільш дохідними з усіх форматів магазинів [7].

У торгових точках будь-яких форматів попит на продукцію має значні коливання, викликані не тільки сезонними змінами, але і особливостями потреб покупців.

1.2 Практика використання провізних можливостей парку рухомого складу

Найважливішою складовою частиною будь-якого виробництва є транспорт. Практика показує, що близько 75% величини максимально можливого скорочення транспортних витрат на перевезення гуртових вантажів залежить від оптимізації парку РС [13].

В процесі товароруку процес доставки часто є завершальною стадією процесу. Своєчасність, якість виконання операцій впливають на безперебійність торгівлі і на якість обслуговування торгових точок. Такі операції як вивчення попиту торгових точок, періодичність заявок на завезення товарів, формування оптимального асортименту, організація реклами і інформації дозволять підприємству-виробнику забезпечити ефективну роботу з торговими точками в процесі доставки товарів у торговельну мережу. Раціональна організація доставки товарів у торговельну мережу дозволить ефективно використовувати транспорт в ланцюгу постачань, що призведе до зниження витрат на

доставку з урахуванням можливих втрат, пов'язаних з неповним завантаженням товарів у торговельну мережу.

Зниження витрат є однією з першочергових і актуальних завдань будь-якої галузі і підприємства зокрема. Від рівня собівартості продукції залежить сума прибутку і рівень рентабельності, фінансовий стан підприємства і його ефективність, рівень цін на продукцію і послуги підприємства.

На транспорті при невиконанні встановлених нормативних строків доставки вантажів, повноти замовлення застосовується система штрафних санкцій. Розмір штрафів обчислюється у відсотках від величини цін перевезеної продукції (вантажів).

Серед особливостей перевезень СТ в торгові точки в містах слід відзначити те, що дані перевезення відрізняються невеликими обсягами перевезень на адресу одного вантажоодержувача, які досягають мінімального значення до (50-100) кг, а кількість пунктів призначення протягом доби може досягати від декількох десятків до декількох тисяч.

Невідповідність теоретичних уявлень та рішень, що приймаються, при перевезеннях гуртових вантажів у роздрібну торговельну мережу автомобілями невеликих автотранспортних підприємств, яких за даними Державного комітету статистики України на території України до 85%, обумовлює прийняття різних організаційних і технологічних рішень у виробничому процесі на основі інтуїції і «минулого досвіду» інженерів-технологів по організації перевезень та логістів.

Автомобільні перевезення гуртових вантажів у роздрібну торговельну мережу поділяються на міські та міжміські [14]. До міських перевезень відносяться перевезення вантажів, що здійснюються в межах встановлених кордонів міста або приміської її території. Залежно від виду сполучення змінюються умови доставки товарів у роздрібну торговельну мережу [15].

Так в залежності від виду сполучення, змінюється середня відстань доставки, середній розмір замовлення, що призводить до зміни витрат на доставку і, відповідно, веде до зміни умов резервування ПМ парку РС.

Розрахунок раціональної структури парку РС даних підприємств та необхідність резервування ПМ на них найчастіше визначається наступним чином. За допомогою множення розрахункової про-

дуктивності одного облікового автомобіля та середньооблікової їх кількість (з урахуванням планованого поповнення і списання), отримують той обсяг перевезень, який вони можуть освоїти при заданих умовах експлуатації. Цю величину співставляють з виявленою потребою у перевезеннях, для того щоб встановити, в якій мірі вона може бути задоволена. Якщо ПМ автомобільного парку менше, ніж заявлений обсяг перевезень, виявляють додаткові резерви підвищення її продуктивності шляхом більш повної маршрутизації перевезень, механізації навантажувально-розвантажувальних робіт, збільшення числа змін, кращого використання автомобілів. Якщо ПМ автомобільного парку виявляється недостатніми для здійснення наміченого обсягу перевезень даного підприємства, виявляють можливості отримання додаткової кількості автомобілів як за рахунок перерозподілу наявного парку між автотранспортними підприємствами, так і за рахунок залучення нових автомобілів, взятих в оренду. За результатами розрахунку уточнюють план перевезень. При складанні місячних планів ПМ автомобільного парку розраховують за фактичною наявністю РС на початок планованого місяця. Підприємства, що займаються виробництвом споживчих товарів, часто не мають власний парк РС і тому укладають довгострокові договори з перевізниками. Останні, в свою чергу, надають знижки та дотації.

На підставі досвіду роботи і практики виконання разових, не передбачених планом перевезень вантажів, а також перевезень за спеціальним завданням необхідно вирішити питання про розмір резерву ПМ. Якщо у цих резервах немає необхідності, але є надлишок ПМ, вирішується питання про додатковий план перевезень.

Рівень використання вантажних автомобілів залежить від класу вантажів, що перевозяться, обсягів перевезень, відстані перевезень, коливань попиту на перевезення, ступеня механізації навантажувально-розвантажувальних робіт; форми, якості та своєчасності проведення технічного обслуговування і ремонту, чисельності, кваліфікації і досвіду роботи водіїв.

При доставці гуртових вантажів у роздрібну торговельну мережу намітилася тенденція зменшення маси однієї відправки, але при цьому парк РС змінюється незначно, що може призвести до зниження коефіцієнта використання вантажності, до зменшення продуктивності РС або до збільшення транспортних витрат. При доставці споживчих товарів, особливістю яких є різноманіття номенклатури, з'яв-

ляється необхідність у застосуванні розвізних маршрутів засобами автомобільного транспорту, що не забезпечують повноту завантаження автомобілів. При цьому, планування розвізних маршрутів пов'язане з необхідністю обліку великої кількості технологічних і технічних обмежень. Доставка гуртових вантажів є значно більш дорогою, ніж доставка масових вантажів. Використання розвізних маршрутів при доставці споживчих товарів дозволяє зменшити витрати на транспортування [16]. На практиці використовуються розвізні заздалегідь спроектовані маршрути. Розвізні маршрути використовуються не тільки для доставки товарів в роздрібну торгову мережу в міських умовах, але і для міжміських перевезень, де використовуються автомобілі великої вантажності і автопоїзда. Однак більша частина перевезень гуртових вантажів зосереджена в містах. Перевезення споживчих товарів здійснюються найчастіше на постійних розвізних маршрутах, де кількість пунктів заїзду на маршруті і послідовність об'їзду не змінюється. Перепроекування маршрутів в умовах реального часу дозволить раціоналізувати роботу транспорту в ланцюзі постачань, коли виникають зміни (відсутність замовлення від постійних клієнтів, або навпаки, замовлення в більшому обсязі, сходження автомобіля з лінії тощо). Однак, перепроекування заздалегідь розроблених маршрутів не завжди можливо в умовах реального часу. Водії та експедитори мають справу з великою кількістю пунктів заїзду, де їм необхідно оформляти відповідні документи, знати інформацію про місце заїзду, міжособисті контакти водія і осіб, що приймають вантаж у пунктах заїзду. Зміна послідовності заїзду в пункти завезення веде до зміни графіків доставки і отримання вантажів у торговельних точках, що негативно впливає на роботу торгових точок. Тому, перепроекування маршрутів вкрай негативно позначається на роботі транспорту в ланцюзі постачання. Доцільною і реально застосованою є організація роботи парку РС на постійних розвізних маршрутах, де послідовність об'їзду пунктів завезення постійна.

Досягнення компромісу між прийнятним рівнем послуг за товаропостачання споживачів і зменшенням транспортних витрат відноситься до розряду «повсякденних» проблем підприємств, що займаються просуванням вантажу в ланцюзі постачань.

В цілях розробки технічно і економічно обґрунтованих нормативів фінансових втрат, пов'язаних з неповним виконанням замов-

лень, необхідний конкретний аналіз факторів, що впливають на показники якості обслуговування клієнтури.

До числа основних факторів, які в умовах ринку необхідно враховувати при нормуванні поточних втрат, на підприємствах слід віднести особливості перевезень споживчих товарів [17]; місцезнаходження підприємства виробника і споживачів вантажу, обсяги виробництва та споживання, що визначають структуру парку РС.

Однак підприємства мають втрати і не в явному вигляді. Так, у випадку невиконання замовлення підприємства недоотримають прибуток, тобто мають справу з упущеною вигодою. Головною метою функціонування будь-якого підприємства є прибуток, який представляє собою різницю доходу і витрат від обсягу наданих послуг. Як відомо, перший і другий показник залежить від обсягу реалізації. Таким чином, прибуток являє твір обсягу реалізації і маржі, що являє собою різницю ціни та собівартості. При фіксованому обсязі реалізації, прибуток підприємства залежить від величини маржі. У випадку, якщо існував попит на певний товар, а товар по певним причинам не був доставлений споживачу, то підприємство недоотримає певний прибуток, але який могли б отримати, тобто отримують втрати від недосконалості роботи, що виражаються в зниженні доходів внаслідок зниження обсягів реалізації продукції. Щоб кількісно охарактеризувати ці втрати, необхідно визначити величину питомих втрат, що може дорівнювати величині маржі. У математичному вигляді ці втрати можна розглядати як штраф за недопоставку однієї одиниці вантажу. У випадку, якщо підприємство взагалі перестане надавати послуги, змінні витрати відсутні, однак втрати підприємства занадто високі. Отже, при виборі критерію ефективності доставки вантажів у торгові точки необхідно враховувати не тільки витрати на транспортування, а і втрати від завезення товарів у неповному обсязі. Тому, питання зниження витрат на доставку товарів з врахуванням втрат за рахунок резервування ПМ парку РС є актуальним.

1.3 Аналіз методів підвищення ефективності доставки споживчих товарів

В останні роки стає актуальним цільовий, поглиблений підхід до управління транспортними процесами в ланцюзі постачань. І споживач і ринок стають усе більш вимогливими до виробника та пере-

візника. Споживчий ринок стає усе більш динамічним і невизначеним. Конкурентні переваги виробників на ринку послуг сьогодні – гнучкість, обмежені терміни виконання замовлення, надійні і якісні постачання, широкий асортимент товарів. Ринкові стосунки, які значною мірою формуються в умовах невизначеності і нестійкості середовища, вимагають високоефективних способів і методів управління економічною і господарською діяльністю підприємств-виробників. Втрата клієнтури призведе до зниження надійності постачань, а як відомо, надійність задоволення потреб споживачів є найбільш значущий фактор обслуговування споживачів в процесі продажу товарів.

При забезпеченні надійності постачань основну роль, як правило, відіграє можливість відвантаження товару споживачам від постачальника, яке найчастіше залежить від коливання попиту на продукцію і визначається безперебійністю задоволення потреб споживачів. Таким чином, вплив рівня доступності товару, забезпечення якого є логістичною функцією, на конкурентоспроможність і надійність постачальника очевидний. Необхідно відзначити, що зниження доступності товару економічно доцільно тільки в разі виникнення завищених витрат на доставку. Тому, концепція логістики, яка спрямована на зниження витрат на доставку, підвищення надійності матеріалопотоків і зменшення логістичних ризиків потребує удосконалення.

Однією з умов ритмічної роботи підприємств є чітка узгодженість виробничих процесів і транспортних операцій. Традиційні концепції управління вже не виправдовують себе на підприємствах. Одним з найбільш прогресивних сучасних науково-прикладних напрямів є логістичні. За допомогою створення логістичної системи керування транспортом можливо підвищити ефективність доставки товарів на споживчий ринок.

Це підтверджує і аналіз робіт, присвячених проблемам логістики і управління ланцюгами постачань [18-24], де зміст значної кількості робіт направлений на оптимізацію роботи транспортної ланки в процесі доставки вантажів від виробника до споживачів (рис.1.2). В роботах відзначається недосконалість роботи транспорту в ланцюзі постачань. Значна увага дослідників за останні роки приділяється транспортній та складській логістиці. Так, підвищення ефективності транспортного процесу вимагає нових підходів до організації перевезень. Теоретичні дослідження направлені на прогнозування попиту на перевезення або на інші логістичні послуги, на ро-

згляд можливих шляхів підвищення ефективності роботи підприємств. В роботах представлені сучасні методи прогнозування. Аналіз періодичних видань з логістики та управління ланцюгами постачань підтверджує наявність гострої проблеми з вирішення задач оптимізації транспортної ланки, але і в ту же чергу, недостатність теоретичний розробок, пов'язаних зі змінним попитом на послуги.



Рис. 1.2. Розподілення інтересів дослідників у періодичних виданнях

На практиці ж транспортна логістика розглядається як нерозривний складний процес, який направлений на зниження загальних витрат як перевізника, так і всіх ланок в ланцюзі постачань. Нові підходи до оптимізації роботи транспорту та складу включають в себе сучасні технології, що впроваджують в основному зарубіжні фірми, а вітчизняні компанії ще з побоюванням дивляться на них. Але багато підприємців, спираючись на конкурентні переваги нових теоретичних розробок в рамках транспортної та складської логістики, прагнуть їх впроваджувати. Зацікавленість практиків у питаннях транспортної логістики зростає в ході розширення виробництва і з ростом потреби в оперативній діяльності, з метою конкурентної боротьби. Зацікавленість практиків, логістів з питань транспортної та

складської логістики можна пояснити тим, що в останні роки в державі відбувається приватизація транспортного і складського господарства, що призводить до інтенсивного формуванню ринку транспортних і транспортно-експедиційних послуг. Зменшення витрат на транспортування, оптимізація роботи транспортної ланки – виступають надійним інструментом для підвищення конкурентоспроможності підприємств на ринку роздрібною торгівлі.

Однією з найбільш важливих складових витрат на доставку є собівартість перевезень, величина якої залежить від схеми транспортування, величини витрат по початково-кінцевих операціях, відстані перевезення, експлуатаційних умов і характеру технічного оснащення, властивості самого вантажу [25]. Існують певні особливості перевезення автомобільним транспортом окремих споживчих товарів. На швидкість доставки вантажів значний вплив мають схеми транспортування і види перевезень. Тривалість доставки має велике народногосподарське значення, оскільки підвищення швидкості переміщення продуктів праці в процесі суспільного виробництва сприяє прискоренню темпів його розвитку [26].

Відмовлятися від потенційних клієнтів у період фінансової нестабільності перевізник не погодиться. Наслідком зростаючої конкуренції є підвищення рівня обслуговування клієнта (сервісу) [27-**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] перевізником. З цією метою, для відсутності відмов клієнтові (торговельній точці), він зобов'язаний резервувати ПМ парку РС [25-29]. У цей час тенденції розвитку парку автомобільного транспорту вказують на зміни структури парку [30, 31]. Використання розвізних маршрутів при доставці гуртових вантажів дозволяє скоротити витрати на транспортування [26, 32]. При плануванні перевезень на підприємствах створюється регулярний резерв автотранспортних засобів на випадок непередбачених обставин. При використанні заздалегідь розроблених розвізних маршрутів при змінному попиті на перевезення, на практиці будуть отримані значні відхилення показників роботи транспорту від розрахункових. Невідповідність РС умовам перевезень призводить до нераціональної роботи транспорту в ланцюзі постачань, що призводить до збільшення витрат на доставку вантажів або до недоотримання прибутків постачальника.

1.4 Аналіз методів визначення вантажності автомобілів

Аналіз літературних джерел щодо вибору автомобілів раціональної вантажності свідчить, що увага авторів зосереджена на вирішенні проблем визначення парку РС з метою зниження собівартості перевезень або збільшення продуктивності роботи транспорту.

У роботі [38] визначається структура парку РС по ймовірності настання вимог на постачання партії вантажу. Необхідна кількість автомобілів визначається по середньодобовій кількості вимог. Розмір партії вантажу описується по нормальному і експоненціальному законам розподілу. Не завжди змінний характер попиту на перевезення можна описати цими законами розподілу. Утримування власного парку РС різної вантажності є дорогим, а утримування парку різної вантажності в межах мінімальних і максимальних значень попиту приведе до великих простоїв транспортних засобів, де вартість простою може перевищувати можливі штрафні санкції за невиконання замовлення.

У роботі [33] пропонується методика визначення кількості РС, яка ґрунтується на розрахунку техніко-експлуатаційних показників роботи транспорту. Методика розрахунку резерву транспортних засобів не наводиться, хоча резерв транспортних засобів враховується в роботі при визначенні структури парку РС. Модель визначення кількості РС носить стохастичний характер, тобто в роботі заявка на перевезення носить випадковий характер.

Серед робіт останнього періоду необхідно відмітити роботу [34], в якій ретельно досліджені складові витрат матеріалопотоку в ланцюгах постачань в залежності від різних факторів, в тому числі – транспортних. Визначається, що в залежності від структури ланцюга постачань, від виду товару, особливо – від його ціни, величини матеріалопотоку питома вага витрат на транспортування може сягати 10-15 % від загальних витрат на доставку. Однак, наведені в роботі висновки стосуються великих компаній, що монопольно володіють каналами розподілу і, відповідно, виконують увесь комплекс логістичних операцій по доставці вантажу. Ці висновки не поширюються на умови доставки вантажів для досить невеликих торговельних підприємств, що забезпечують переважну частину товарообігу споживчого ринку України і використовують сторонні підприємства для виконання різних логістичних операцій.

В роботі [35] визначається значний вплив таких показників, як щільність дислокації вантажоодержувачів і розмір партії вантажу на витрати на доставку вантажу, але напрямки вдосконалення процесу доставки, що пропонуються в роботі, орієнтовані на конкретне торговельне підприємство і потребують перегляду в кожному конкретному випадку. Це не дає змоги визначити вимоги до парку РС навіть в межах більш-менш великого регіону, а також визначити тенденції зміни умов перевезень і спрогнозувати ці самі вимоги на майбутній період.

В роботі [36] вказується на необхідність врахування умов перевезень для оптимізації систем доставки вантажів, а саме – логістичних мереж. Але даний підхід може бути прийнятий тільки за тих умов, що структура, яка керує цією системою, має всі повноваження на здійснення цього процесу. Це можливо також тільки в рамках великої компанії. До того ж застосовані в цій роботі моделі відбивають умови міжміських перевезень вантажів і їх застосування для організації перевезень в містах призведе до неадекватних висновків.

При виборі РС в роботі [37] рекомендується ґрунтуватися на техніко-експлуатаційні показники роботи транспорту, властивості вантажів, особливості їх перевезень. Як і у багатьох попередніх методиках відсутні методики визначення структури парку РС, немає методик визначення кількості моделей РС різної вантажності, не враховується, також, змінний характер попиту на перевезення.

В роботі [38] також приділяють увагу питанням оптимізації перевізного процесу за рахунок визначення структури парку РС, виявленню резервів для підвищення ефективності роботи за рахунок визначення впливу техніко-експлуатаційних показників на виконання плану за об'ємом перевезень і вантажообігом. Визначені індекси для факторів, які оказують вплив на величину резервів для підвищення ефективності доставки. На основі приватних індексів розраховується абсолютна зміна результативного показника за рахунок кожного такого фактора. Відповідно до наявної інформації, в модель включається різне число факторів, оскільки вони отримуються шляхом послідовного розчленовування факторів на його складові. Недоліком даної методики є те, що визначення резервів носить тільки рекомендаційний характер і дозволить тільки оцінити вплив факторів на ефективність доставки.

В деяких дослідженнях, як [39], не приводиться аналітичних моделей при виборі вантажності транспортних засобів, проте пропонується, на відміну від попередньої роботи, ґрунтуватися на властивості вантажу, транспортного пакету і т.і.

В роботах [40, 41] автори класифікують РС за умовами перевезень і при їх виборі рекомендують враховувати характер і структуру вантажопотоку, властивості вантажу; об'єми перевезень; дорожні умови; спосіб виконання НРР.

В роботі [42] при виборі РС надається перевага моделям автомобілів з новими конструкційними характеристиками, за експлуатаційними якостями автомобілів. Кількість рухомих одиниць знаходиться як відношення планового вантажообігу до продуктивності автомобіля. Головним недоліком цієї методики є її непридатність в реальних умовах, парк РС неможливо змінювати кожен обліковий період за результатами планових звітів.

В роботі [43] враховуються енергетичні показники автомобілів, конструкційні властивості РС при визначенні парку РС. Автор роботи бачить недосконалість існуючих методів удосконалення конструкції автомобіля, які основані на теорії сталого руху для аналізу потенційних можливостей автомобілів, яка не описує умови використання ресурсів транспорту. Бачиться важливим відповідність необхідних і запропонованих параметрів автомобільного транспорту згідно схеми відтворення продукту транспорту. В роботі отримані емпіричні залежності енергоємності автотранспортних засобів від характеристик району перевезень (вид сполучення, ухил доріг, довжина перегонів). В роботі представлені кількісні і якісні характеристики впливу ряду конструктивних параметрів автомобілів на його енергетичну ефективність, а також на енергетичних коефіцієнтів характеристик ефективності автотранспортних засобів. Як можливі напрямки подальшого розвитку енергоємності транспортних засобів бачиться підвищення якості обслуговування. З цією метою доцільно проаналізувати і розробити методику резервування ПМ парку РС в умовах змінного попиту на перевезення.

В роботі [44] пропонується методика визначення парку РС, яка ґрунтується на зміні сегменту ринку перевезень. При виборі РС рекомендується враховувати питому трудомісткість технічного обслуговування і ремонту вантажних автомобілів.

В роботі [45] приводиться економічний аналіз парку РС, обґрунтування придбання РС при різних джерелах фінансування, що не розглядалося в попередніх роботах. Вибір РС базується на техніко-економічних показниках роботи транспорту. В роботі запропоновано критерій і розроблено алгоритм оптимізації часних характеристик ефективного використання парку РС, розроблено методику обґрунтування вибору придбання РС при різних джерелах фінансування. В роботі доповнено та удосконалено методику оцінки обсягів списання основних засобів підприємства. Практична значимість основних результатів, отриманих у роботі, полягає в тому, що реалізація комплексного механізму оновлення парку РС дозволяє оптимізувати управлінські рішення, що забезпечують відтворення основних коштів підприємства не тільки на стадії їх прийняття, але й на стадії розробки. Але недоліком методики вибору і придбання парку РС є те, що в ній не враховано можливість створення запасу за вантажністю, що є доцільним на стадії придбання і оновлення парку автомобільного транспорту.

В роботах [46, 47] рекомендовано обирати РС для перевезення гуртових вантажів в конкретних умовах експлуатації за двома основними параметрами: за продуктивністю одиниці РС та за собівартістю автомобільних перевезень. Зазвичай цим вимогам задовольняють нові моделі РС з максимально можливою для умів перевезення вантажністю. При виборі РС за вантажністю пропонується приймати до уваги: середню вагу однієї відправки, територіальне розміщення відправників та одержувачів, методи організації руху РС, складання маршрутів з послідовністю об'їзду пунктів заванезення/вивозу вантажів, спосіб виконання навантажувально-розвантажувальних робіт, експлуатаційні властивості автомобілів, основними з яких є технічна швидкість руху РС в заданих дорожніх умовах.

Характерною особливістю роботи [48] є те, що в роботі враховується змінний характер попиту на перевезення та розміру партії вантажу при виборі РС. Представлена методика визначення раціональної структури парку автомобільного транспорту враховує перманентні коливання попиту. Описуються різні випадки, де попит на перевезення і розмір партії вантажу описуються нормальним та експоненціальним законами розподілу. В роботі розглядається проблема заванезення невеликих розмірів замовлення в містах, де можливі затори і екологічні обмеження. Але в самих отриманих моделях не врахову-

ються дорожні та екологічні умови доставки. В роботі запропоновано методи визначення раціонального розміру партії вантажу і способу їх транспортування на основі загальних витрат на їх зберігання та перевезення. Вантажність автомобіля визначається з врахуванням ймовірності виникнення замовлення, розмір якого не буде більший за вантажність автомобіля. Однак в представленій методиці не пояснено, який закон розподілу необхідно використовувати для яких форматів торгових точок. Врахування можливих наслідків коливань попиту в пунктах заводу дозволило б підвищити ефективність доставки в заданих умовах.

В роботі [49] головним критерієм при виборі парку РС бачиться надійність роботи транспорту і його економічність. Проте їх розробки направлені на великі компанії, які мають власний масштабний парк РС. У роботі розглянутий Байесовський підхід до умов невизначеності, який вносить вклад у вирішення питань про управління парком РС в умовах змінного попиту на обслуговування. Цей підхід є доцільним в питаннях, що стосуються планування кількості РС, його технічного обслуговування. В роботі розглядається можливість оновлення парку РС у умовах невизначеності. За основу в роботі покладено невизначеність розподілу числа відмов на перевезення. Такий підхід поширює коло застосування цієї методики, однак покладене в основу цієї методики припущення щодо гамма-розподілу кількості відмов на перевезення, однак характер відмов в обслуговуванні торгових точок різних форматів різний.

В роботі [50] навпаки пропонується ряд розробок для підприємств, які б надавали виробничим організаціям послуги на перевезення. В роботі також розглядається коливання попиту на перевезення, описуються ймовірно-статистичні характеристики відмови в перевезенні. Кр. Черри в роботі щільність розподілення випадкової величини відмови в перевезенні описує законом розподілу Вейбулла.

В роботі [51] запропоновано структуру автопарку визначати з урахуванням впливу параметрів потоку заявок на склад автопарку, що дозволяє одержати в результаті таку структуру парку вантажних автомобілів, яка найбільш повно відповідала б ситуації на ринку транспортних послуг. При визначенні раціональної структури парку РС проведена оцінка ризику використання парку РС з заданою структурою. Приймається, що інтервал надходження заявки на транспортні

послуги є випадковою величиною, яка описується показниковим законом розподілу.

Таким чином, кожна з представлених цих робіт враховує стохастичний характер відмови в обслуговуванні, застосовуються різні закони розподілу для опису випадкової величини, але межі застосування кожної з методик не наводяться, що призводить до нерозуміння щодо впровадження розроблених моделей.

Аналіз літературних джерел щодо вибору автомобілів раціональної вантажності свідчить, що увага авторів зосереджена на вирішенні проблем визначення парку РС з метою зниження витрат на доставку [51-53], підвищення якості обслуговування клієнтів [54, 55] та підвищення надійності роботи транспорту [56, 57]. Існуючи підходи до визначення структури парку РС ґрунтуються на характеристиках вантажу.

Одним з основних параметрів, які використовуються при визначенні вантажності автомобіля є розмір партії вантажу [33, 36, 58]. До основних факторів, які обумовлюють вибір РС при доставці гуртових вантажів в містах можна віднести крім розміру партії вантажу, вид і особливості перевезень вантажу, швидкість доставки вантажу, спосіб виконання навантаження та розвантаження [59, 60].

Багато методик визначення раціональної вантажності парку РС носять тільки рекомендаційний характер, не наводячи конкретних моделей [36, 46, 47].

1.5 Аналіз існуючих методів резервування провізних можливостей парку рухомого складу

Під резервуванням необхідно розуміти ефективний метод підвищення надійності роботи системи за рахунок введення додаткового числа елементів, підсистем і зв'язків порівняно з мінімально необхідним для виконання заданих функцій в даних умовах роботи.

В даний час вивченню питанню резервування ПМ у вирішенні завдань, пов'язаних з доставкою продукції в роздрібну торговельну мережу в умовах змінного попиту, приділяється увага в наукових працях як вітчизняних, так і зарубіжних вчених.

Розгляд питання резервування ПМ було представлено в роботах Спіріна І.В., Голобородкіна Б.М., Яцуковича Ч.І., Беспалова Р.В., Горяїнова О.М. та інших. Усі існуючі моделі резервування ПМ можна

розділити на дві групи: детерміновані моделі [46, 61, 62] й ті, що враховують ймовірнісно-статистичний характер величини розміру партії вантажу [63-70].

Більшість авторів розглядають першу постановку задачу. До них можна віднести Сміхова А.А., Семенченко Ж.О., Голобородкіна Б.М., Левковець П.Р., Сумець О.М. та інші. Друга постановка задачі є більш доцільна та реалістична, тому що в складних системах, в яких вихідні дані не повністю визначаються поточним станом моделі і вхідними даними, які залежать також від коливань випадкового характеру. Розгляд цього питання було представлено в роботах Спіріна І.В., Нагорного Є.В., Наумова В.С., Яцуковича Ч.І., Шептурі О.М., Кр. Черри та інших.

Задача визначення числа резервного транспортного засобу в загальному випадку може бути описана у визначеннях теорії надійності [46, 47, 66] та теорії масового обслуговування [68]. Так, завезення вантажу в неповному обсязі еквівалентне відмові елемента системи, замовлення створює потік вимог на обслуговування. В теорії надійності отримані аналітичні залежності для визначення складу резерву. Однак використання цих моделей для визначення числа резервних автомобілів при доставці заказу без врахування технічних, експлуатаційних та технологічних особливостей приводить до значної похибки, а іноді і зовсім неможливо по ряду причин. В більшій мірі це пов'язано з швидкою зміною попиту на перевезення гуртових вантажів, великого асортименту його, гнучкого графіку руху транспортних засобів. Звичайні методи теорії надійності та теорії масового обслуговування орієнтовані на розгляд процесів в системах, які перебувають в стаціонарному стані, тобто мають твердий режим, який чітко сформований. Тому використання цих методів на практиці по раціоналізації ПМ РС по завезенню товарів в торгівельну мережу не дасть позитивних результатів. Проте основні ідеї і принципи теорії надійності і теорії масового обслуговування лежать в основі усіх методик по резервуванню.

У дослідженнях для правильного планування перевезень з метою зниження витрат пропонується досліджувати можливі резерви ПМ на прикладі наявного парку РС. Дослідження базуються на результатах аналізу техніко-експлуатаційних показників роботи автомобілів (за рахунок збільшення коефіцієнта випуску на лінію, коефіцієнту використання пробігу). Ця методика запропонована тільки для

підприємств, що мають одні з гірших показників роботи при централизованому управлінні, оскільки за еталон узяті середні значення ТЕП роботи транспорту на суміжних підприємствах. Методика розроблена ще в період централизованого планування і в умовах ринкової економіки, де перевізники виступають в ролі конкурентів, утратила актуальність. На сьогодні дана методика може реалізовуватись тільки для декількох підприємств одного власника.

У роботах [70] на прикладі морського транспорту розглядається питання зменшення витрат на доставку вантажу за рахунок резервування ПМ флоту. Оптимальним коефіцієнтом резерву ПМ флоту і пропускної спроможності портів є приріст до поточних показників, який визначається як відношення середнього часу чекання вантажних робіт до середнього часу оборту. Коефіцієнт використовується в моделі для зниження сумарних економічних втрат, які складаються з упущеного прибутку, який не отримали унаслідок використання додаткового флоту на перевезенні вантажу і додаткових витрат, пов'язаних з чеканням вантажної обробки. Недоліком методики є те, що доцільно мінімізувати не тільки упущені втрати, як це представлено в роботі, а загальні витрати. Також коефіцієнт резерву ПМ флоту за представленими в роботі моделями завжди більше 1, а для оптимізації витрат – можливе його зменшення. Не розглядається можливість резервування флоту за рахунок додаткових одиниць транспорту та коефіцієнту запасу одночасно.

В наукових дослідженнях з метою підвищення ефективності перевезень, рекомендується знижувати витрати на логістику [71]. Розглядаються причини виникнення штрафів та рекомендації для їх зменшення. Але усі пропозиції носять рекомендаційний характер, в яких не враховуються додаткові втрати, які можна виразити у виді штрафів за неповне обслуговування торгових точок або недоотримання можливих доходів постачальника. Однак, автор зауважує, що рівень обслуговування споживача необхідно розглядати як компроміс між якістю обслуговуванням і відповідними витратами. В рекомендаціях не згадується про можливість резервування, як способу зменшення можливих фінансових втрат перевізників. Пропонується політика роботи підприємств-замовників, а саме – із збільшенням збитків від недоліків обслуговування необхідно покращувати «логістику» в діяльності підприємства.

В деяких роботах розглядається питання зменшення витрат на життєвий цикл автомобіля. Для збільшення ефективності використання ПМ парку РС досліджено вплив коливання попиту. На підставі регресійного аналізу, визначено основні фактори, що впливають на обсяг перевезень (площа району перевезень та інші) і отримані аналітичні моделі обсягу перевезень і вантажообігу. В роботі запропонований коефіцієнт використання ПМ парку РС, що представляє добуток коефіцієнтів, які являють собою відношення фактичних до нормативних техніко-експлуатаційних показників роботи автомобільного транспорту. В роботі не розглядається можливість оптимізації роботи транспорту за критерієм надійності. Немає рекомендацій про вибір резервного автомобіля за вантажністю. Нецільно прив'язуватись до життєвого циклу автомобіля, тому що він відрізняється від життєвого циклу ланцюга постачань, в якому конкретний автомобіль використовується [68].

Деякі дослідники пропонують розглядати резерв як деякий запас на перевезення [72]. Сумець О.М. проаналізував статистичні дані про зміну величини запасу в залежності від кількості постачань за квартал, отримано аналітичну модель середньої величини поточного запасу. Головним недоліком в роботі є те, що модель розроблена для конкретних умов постачань і не може застосовуватись в інших умовах.

В роботі [73] пропонується строк доставки товару клієнтові розглядати як найбільш важливий показник якості транспортних послуг. За критерій оптимізації роботи транспорту приймається якість транспортних послуг. У роботі розглядаються фактори, що виявляють вплив на цей показник і підходи до його раціоналізації. Фактично автор описує функціонування інформаційної системи, що підтримує процеси керування транспортними послугами. Підвищення рівня надійності досягається за рахунок відмови від деяких клієнтів, а резервування ПМ парку РС не розглядався як один із способів підвищення надійності роботи транспорту в ланцюзі постачань.

В роботах [67, 74] запропоновано аналітичну модель визначення резервного РС для оптимізації роботи транспорту в системі перевезення пасажирів. Так визначено показники, які більшою мірою впливають на резервування транспорту, а саме кількість одиниць РС, який працює на лінії та частота виникнення збоїв. Запропоновано використовувати приблизну залежність для визначення числа резер-

вних автобусів яка являє собою твір середньосписочної кількості автобусів, які обслуговують маршрут, коефіцієнт випуску автобусів на маршрут та частки рейсів, які не виконуються через зходження автобусу. Показники, які входять у модель змінюються зі зміною часу. Запропоновано для визначення частки рейсів, які не виконуються, враховувати сезонні коливання. Тому запропоновано кількість РС визначати та змінювати кожен місяць, або не менш ніж чотири рази за рік. В якості вихідної інформації запропоновано використовувати дані по кількості сходжень з лінії автобусів за минулий місяць з врахуванням очікуваної зміни в поточному місяці. Проаналізувати ефективність введення резервного транспортного засобу пропонується за допомогою визначення частки маршрутів, які були фактично виконані з резервуванням та без. В роботі детально наведено методику резервування ПМ автобусів, але не розглядається можливість використання методики визначення резерву місткості транспортного засобу. Також не визначені умови та стратегії застосування власного чи найманого транспорту, вибору автомобіля за вантажністю.

У випадку складності і великої кількості зовнішніх та внутрішніх зв'язків найбільш точні результати можуть бути отримані при використанні методу статистичного моделювання [75]. Перевагами цього методу є те, що за невеличкий проміжок часу за допомогою ПЕОМ імітується поведінка в часі реальної системи, а в якості вихідної інформації використовуються різноманітні статистичні характеристики досліджуваного процесу. Така модель була також запропонована в роботах [66, 68]. В якості вихідних даних при моделюванні використовується розподіл інтенсивності сходження і недовипуску транспортних засобів за період доби, розподіл часу знаходження РС в ремонті і т.і. Крім того, необхідно володіти інформацією про обсяги перевезень на маршруті, зміною кількості транспортних засобів в експлуатації за періоди доби. Модель дозволяє оцінити такі параметри, як середній час очікування на транспортний засіб, відмову у перевезенні, простої резервного транспортного засобу, дефіцит резервних одиниць в залежності від прийнятої кількості РС в резерві. Однак в цих роботах не розглядається можливість резервування вантажності РС.

В роботі [62] представлені основні наукові погляди на транспортні резерви, проаналізовано їх походження. Розглянуто підходи до вивчення резервів транспорту та зв'язок між окремими його елемен-

тами. Виявлено позитивні та негативні сторони всіх наукових напрямків та сформульовано передумови для подальшого вивчення транспортних резервів. На прикладі одного з підприємств Харкова визначено залежність підвищення регулярності обслуговування учасників логістичної системи від числа резервних транспортних засобів. Автори приходять до висновку, що збільшення кількості резервних транспортних засобів веде до збільшення частки виконання маршрутів при обслуговуванні учасників логістичної системи. Однак при розгляді резервних можливостей підприємства, йдеться про резервний РС, в роботі не розглянуто варіант використання РС з запасом за вантажністю.

Враховуючи зарубіжний досвід і дослідження з визначення раціонального розміру резерву виробничих ресурсів на транспорті [48-50], при оцінці рівня конкурентоспроможності підприємства приймається величина резерву (тобто перевищення пропозиції над попитом) у розмірі 20%. Зменшення або збільшення цієї величини знижує показник рівня конкурентоспроможності підприємця. Так, якщо резерв ПМ підприємства занадто великий (більше 20 %), то може статися, що деякі ПМ залишаться незатребуваними протягом тривалого часу, що тільки збільшить витрати підприємства на утримання зайвого парку РС. Якщо резерв буде занадто малий, то може виникнути ситуація, при якій буде попит на перевезення, але він залишиться незадоволеним через відсутність ПМ. Однак, встановлена норма відсотку резерву може використовуватись не для всіх підприємств, умов перевезень.

В роботі [69] запропонована методика вибору вантажності автомобіля з урахуванням його додаткової місткості для перевезення додаткових обсягів вантажів, що зростають внаслідок коливання попиту в пунктах завою відносно середніх завою. Метою цієї методики є мінімізація сумарних питомих витрат на доставку вантажів, що складаються з витрат на транспортування вантажів та втрат від неповного виконання замовлення на доставку вантажів. Запропоновані в роботі оптимізаційні моделі враховують різні види втрат від неповного виконання замовлення, зокрема – прямі витрати у вигляді стягнень, додаткові витрати на залучення додаткових автомобілів або збільшення часу роботи автомобілів для завою додаткових обсягів вантажів тощо. Такий підхід поширює коло застосування цієї методики, однак покладене в основу цієї методики припущення щодо

прямокутного закону розподілу розміру замовлень на перевезення не дозволяє використовувати її в інших випадках, зокрема при доставці вантажів в торгові точки середніх та великих форматів. Окрім того дана методика розрахована на використання тільки одного способу резервування ПМ парку автомобілів – резервування вантажності автомобілів і не дозволяє порівняти ефективність даного способу з іншими.

Отже, існує дві основні постановки задачі резервування: резервування вантажності РС та резервування ПМ за рахунок додаткової кількості РС. Резервний РС може бути тієї ж вантажності, що і основний, а може і інший. На практиці використовують резервний транспорт тієї ж вантажності, що і основний. Головною причиною цього явища є менші капіталовкладення в додатковий РС через можливість ротації автомобілів на маршрутах. В загальному випадку, класифікацію методів та моделей резервування ПМ парку РС можна представити у вигляді рис. 1.3.

При розв'язанні завдань резервування ПМ парку РС використовуються такі критерії ефективності як мінімізація витрат на транспортування, мінімізація страхування при перевезенні, мінімізація часу доставки та мінімізація сумарних витрат.

Так, критерій транспортних витрат не дає постачальнику та вантажовласнику повну інформацію про обсяг невиконаної роботи та час доставки вантажу. Час же доставки інформує вантажовласника про терміни виконання транспортних послуг. З погляду роздрібної мережі час доставки відіграє важливу роль, але далеко не головну. Отже сумарні приведені витрати, які враховують як витрати на транспортування, так і втрати від недозавезення є більш ґрунтовним критерієм ефективності.

Висновки

1. Тенденції зміни потреб ринку України призвело до зміни якісної та кількісної структури товаропотоку, збільшення насичення ринку та посилення конкуренції між торговими операторами. Ці тенденції потребують розробки нових підходів до якісного транспортного забезпечення роздрібної торгівлі.

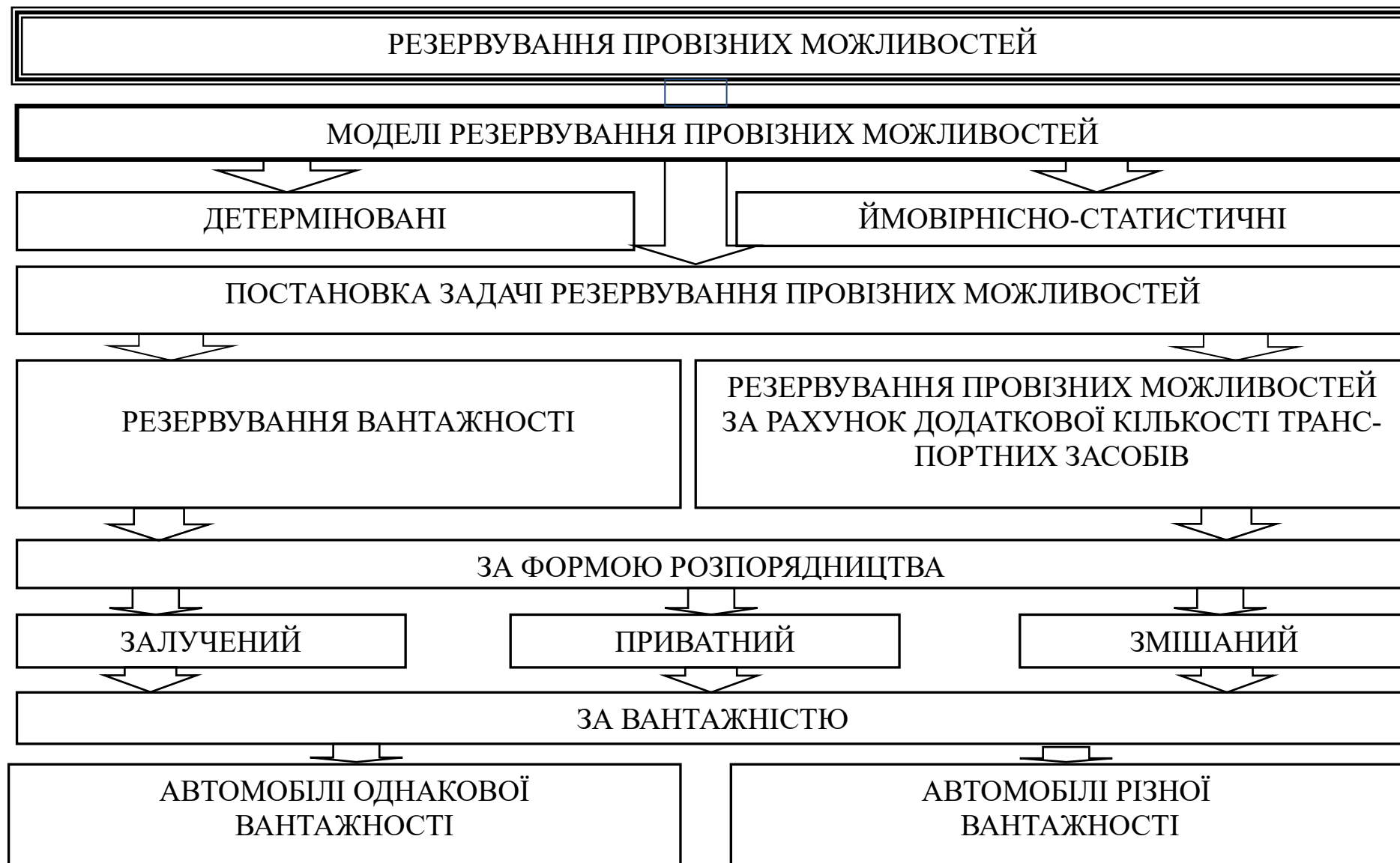


Рис. 1.3. Методи резервування ПМ

2. Особливості роздрібної торгівлі призводять до необхідності застосування розвізних маршрутів. Ті ж особливості характеризуються коливанням попиту, що при використанні традиційних способів проектування транспортної ланки в логістичній системі мереж роздрібної торгівлі призводить як до неповного завантаження транспортних засобів, так і до постачання в неповному обсязі, що веде до недостатньо високої надійності постачань в них. Виходом з цієї ситуації є резервування ПМ парку автомобільного транспорту.

3. У зв'язку зі збільшенням кількості постачальників роздрібних точок, ступеня централізації закупівель, зі зростанням швидкості руху товарних запасів через весь ланцюг постачань роздрібних торговців, зі зміною форматів роздрібної торгівлі, необхідна систематизація умов роботи автомобільного транспорту при перевезенні споживчих товарів в логістичних мережах. Виходячи з цього, доцільно вирішити питання зниження витрат на транспортування для найбільш розповсюдженої схеми доставки товарів повного асортименту в роздрібну мережу за рахунок оптимізації структури парку автомобілів в умовах району перевезень.

4. Аналіз теоретичних підходів до проектування роботи транспорту в ланцюзі постачань в умовах змінного попиту на перевезення вказує на відсутність методики резервування ПМ для зниження витрат на доставку з урахуванням втрат від неповного завезення товарів. В умовах змінного попиту гнучкість роботи транспорту є жорстким критерієм для успішної роботи виконавців. Відсутність чітких ефективних алгоритмів проектування роботи транспорту веде до втрати прибутку. Знаходження меж використання власного чи найманого транспорту, необхідність резервування ПМ – ті завдання, які залишаються невирішеними і потребують більш ретельного вивчення, як для теоретиків, так і практиків. Розробка та використання методики резервування ПМ парку автомобільного транспорту дозволить визначити раціональну структуру парку РС з урахуванням змінного попиту на перевезення для зниження витрат на доставку.

5. В поточний час існує проблема наукового обґрунтування сфер раціонального використання різних способів резервування ПМ парку автомобільного транспорту при перевезеннях гуртових вантажів в реальних умовах перманентних коливань попиту. Механічне поєднання відомих методик для вирішення цієї задачі неможливо внаслідок застосування в них різних критеріїв ефективності рішень.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПРОВІЗНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПАРКУ РУХОМОГО СКЛАДУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Основним ймовірно-стохастичним показником, що впливає на витрати на доставку продукції з врахуванням додаткових втрат підприємства, пов'язаних з недопоставкою товарів, є коливання обсягу замовлень продукції. За допомогою визначення закономірностей коливань обсягів замовлення в залежності від форматів торгових точок розроблено схеми компенсації цих коливань за рахунок технологічних і організаційних рішень.

За допомогою методів системного аналізу та математичного моделювання можливо отримати моделі приведених витрат на доставку продукції при різних способах резервування ПМ парку РС з урахуванням втрат, пов'язаних з недопоставкою СТ в роздрібну торговельну мережу, а проаналізувавши вплив раціональних параметрів схем резервування на приведені логістичні витрати можна визначити раціональний спосіб резервування ПМ парку РС.

2.1 Вибір та обґрунтування варіантів резервування ПМ парку РС

Основними елементами транспортно-технологічної схеми доставки СТ в роздрібну торговельну мережу є виробник, постачальники, транспорт та споживачі. Схема доставки передбачає, що товар від заводу-виробника (постачальника) поступає до проміжного складу, де відбувається зберігання, переробка та розподіл товару за споживачами, після чого товар поступає до кінцевого споживача. Проміжних складів може бути декілька, але може відбуватись і пряма поставка від постачальника до споживача без використання розподільчих центрів.

Як розглядалося у попередньому розділі, при доставці товарів завезення в роздрібну торговельну мережу може здійснюватися транспортом вантажовідправника (власний або за довгостроковим договором з транспортною компанією) або тимчасово залученим транспортом, який працює за принципом «вантажне таксі».

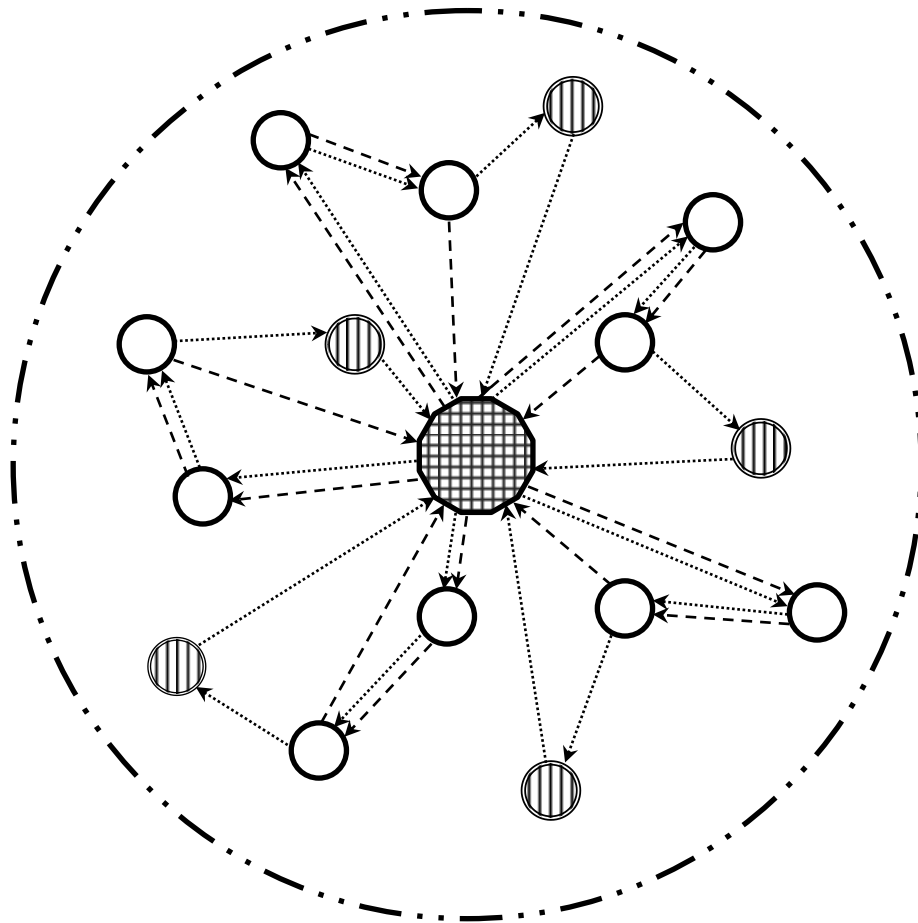
Кількість завезених товарів повинна повністю забезпечувати

безперебійний їх продаж до чергового завезення і, разом з тим, виключати утворення зайвих запасів і дефіциту товарів. При визначенні обсягу замовлення враховують частоту завезення товарів і середньодобову їх реалізацію. Доставка товарів повинна здійснюватися за строго встановленим графіком. При плануванні роботи транспорту в процесі доставки СТ в роздрібну торговельну мережу враховують віддаленість торгових точок від виробника або розподільчого центру, обсяг і періодичність завезення, особливості експлуатації використовуваного транспорту в районі обслуговування. Під районом обслуговування слід розуміти територію, в межах якої підприємство або центр обслуговування обслуговує своїх клієнтів. Форма і розмір району обслуговування різні і залежать від таких факторів як місцезнаходження підприємства або центра обслуговування, характеру пропонувананих товарів або послуг. В роботах [34, 35] при дослідженнях по даному напрямку береться за основу, що район обслуговування має форму кола.

Компенсація коливань попиту можлива за рахунок реалізації технологічних і організаційних рішень, одним з яких є резервування ПМ парку РС, розглядаючи чотири основні постановки:

- резервування – ПМ парку РС, за рахунок збільшення вантажності автомобілів в порівнянні з плановою;
- резервування ПМ парку РС, за рахунок кількісного збільшення парку РС;
- резервування ПМ парку РС, за рахунок використання залученого РС, у разі, коли попит на перевезення перевищує ПМ парку РС;
- поєднання всіх вище перерахованих способів.

Створення запасу по вантажності як способу резервування ПМ для підвищення ефективності доставки товарів у торгову мережу в умовах змінного попиту на перевезення, можливо реалізувати на практиці в разі, коли розраховується вантажність автомобілів та визначається структура парку РС, тобто на стадії проекту. Виходячи з припущення, що щільність дислокації торговельних точок рівномірна, схема постачання СТ у торгові точки в районі перевезень зображена на рис. 2.1-2.2, де центральний склад або склад готової продукції постачальника або виробника може перебувати як всередині району обслуговування (рис. 2.1), так і за його межами (рис. 2.2).



- постачальник;



- торгові точки, які обслуговувались основним парком РС;



- торгові точки, які залишились не обслуговуваними основним парком РС;

- - - - - межі району обслуговування;

.....> послідовність об'їзду пунктів заводу на запланованому маршруті;

-----> послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті, які обслужені основним парком РС.

Рис. 2.1. Схема обслуговування торгових точок основним парком РС при умові, що постачальник перебуває в районі обслуговування

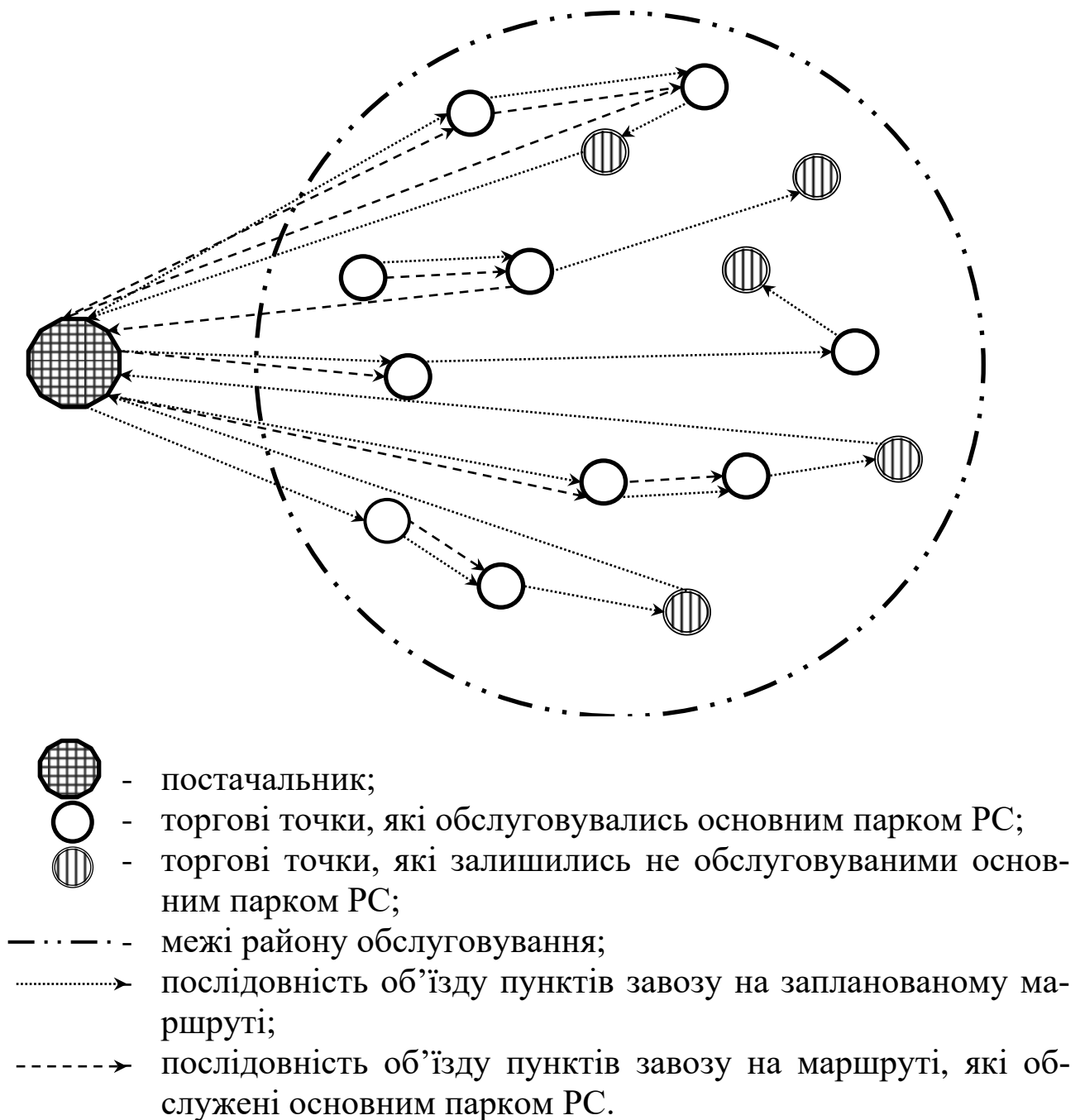


Рис. 2.2. Схема обслуговування торгових точок основним парком РС при умові, що постачальник перебуває за межами району обслуговування

Планування маршрутів доставки продукції здійснюється попередньо, і у випадку коливань попиту зміна маршруту заборонена, а завезення товарів від постачальника повинне відбуватися за графіком, який складається попередньо. Одним із способів компенсації коливань попиту за рахунок технологічних рішень є створення запасу за вантажністю автомобіля. В цьому випадку розрахункова вантажність автомобіля збільшується з врахуванням коефіцієнту запасу по

вантажності.

Згідно цієї схеми постачань (рис. 2.1) на першому етапі постачальник отримує замовлення на товар від торгових точок роздрібної торгівлі. Постачальник обслуговує весь район обслуговування. Кількість пунктів заїзду на всіх маршрутах однакова. При цьому необхідно відзначити, що вантажність автомобіля не повинна перевищувати допустиме значення при роботі в міських умовах, яке становить 10 т [75]. При схемі доставки, коли постачальник перебуває на значній відстані від споживачів (рис. 2.2), обмеження по вантажності залишається, оскільки розглядається варіант прямих поставок споживачеві, тобто вантаж від постачальника, що перебуває на значній відстані, завозиться в торгові точки в районі обслуговування. Виходячи з вимог до режимів роботи водіїв, час оборту на маршруті не повинен перевищувати 16 год [37].

Особливістю характеристик роботи парку РС при резервуванні ПМ за рахунок запасу за вантажністю порівняно з роботою без резервування ПМ, є те, що номінальне значення кількості пунктів заїзду на маршруті розраховується з урахуванням раціонального значення коефіцієнта запасу за вантажністю, який являє собою відношення номінальної і фактичної кількості пунктів заїзду на маршруті. В умовах змінного попиту на перевезення, знаходження раціональних значень даного коефіцієнту та кількості пунктів заїзду на маршруті дозволить забезпечити ефективну роботу парку РС за умови резервування ПМ парку РС за рахунок компенсації коливань попиту. За умов мінімізації приведених логістичних витрат при такому підході частина торгових точок може залишитись повністю або частково не обслуговуваною. У цьому випадку, постачальник недоотримає частину можливого доходу, зокрема несе втрати від недопостачання товарів не в явному вигляді.

Цільова функція в цьому випадку представляє приведені логістичні витрати ($S_{д}^{пр}$, грн./т) і має наступний вид

$$S_{д}^{пр}(n_{ф}, k_{з}) = \frac{B_{ш}(n_{ф}, k_{з}) + B_{тр}(n_{ф}, k_{з})}{Q_{о}(n_{ф}, k_{з})} \rightarrow \min, \quad (2.1)$$

де $B_{ш}$ – втрати від обслуговування клієнтів не в повному обсязі, грн.;
 $n_{ф}$ – фактично виконана кількість пунктів заїзду на маршруті, од.;

k_3 – коефіцієнт запасу за вантажністю;

$B_{\text{тр}}$ – витрати на транспортування вантажу в торговельні точки, грн.;

Q_0 – обсяг вантажу, завезений в торгові точки постачальником, т.

Система обмежень має наступний вид

$$\begin{cases} n_{\phi_j} \geq 1; \\ Q_j = \sum_{i=1}^{n_{\phi_j}} g_i; \\ \sum_{j=1}^M n_{\phi_j} = N_{\text{пз}}; \\ \sum_{j=1}^M Q_j = \sum_{i=1}^{N_{\text{пз}}} g_i; \\ k_3 \geq 0. \end{cases} \quad (2.2)$$

де Q_j – розмір замовлення на j -му маршруті, т;

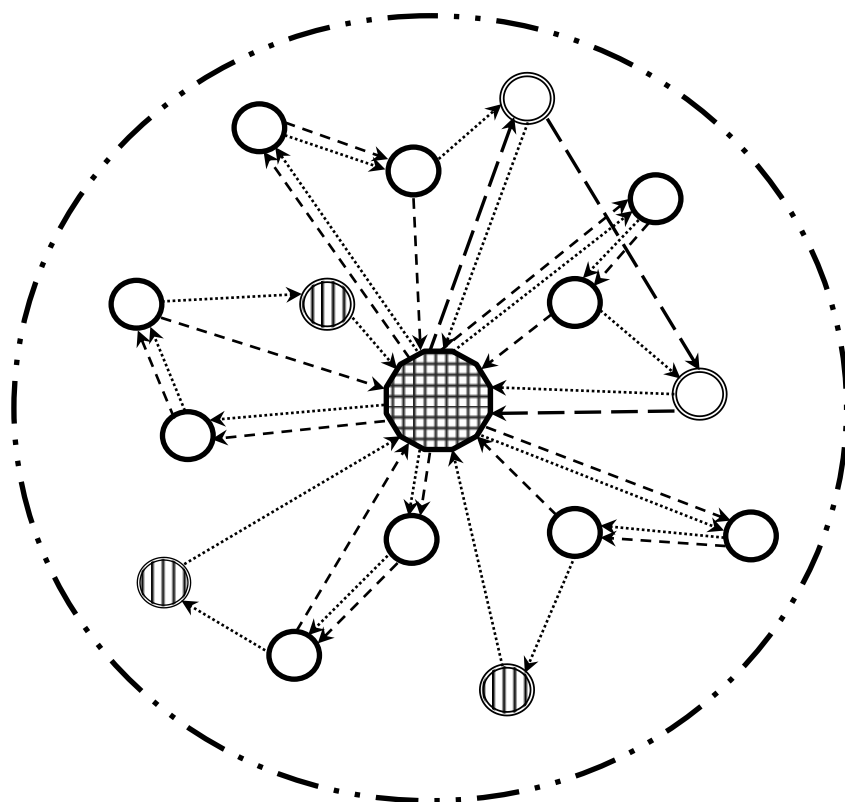
g_i – середній розмір замовлення в одній торговельній точці, т;

M – кількість маршрутів, од;

$N_{\text{пз}}$ – кількість торгових точок в районі обслуговування, од.

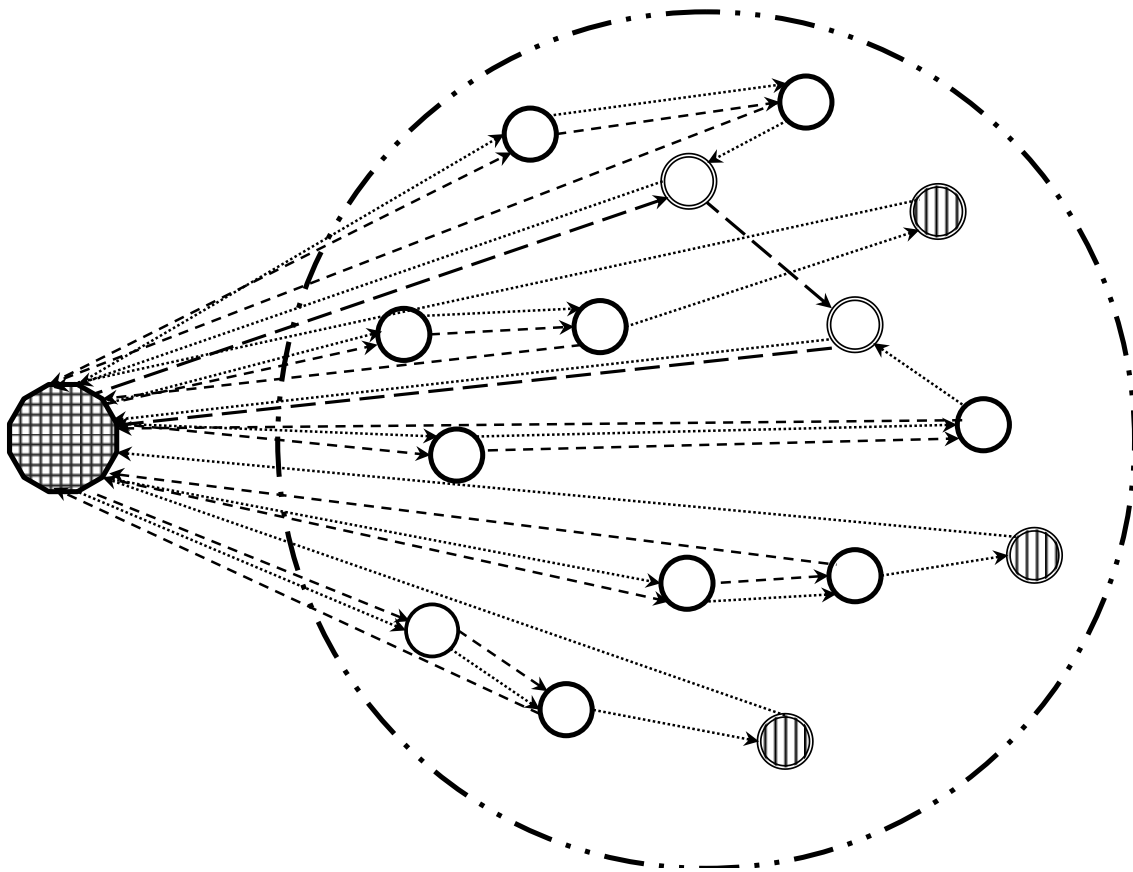
В системі обмежень кількість пунктів заїзду на маршруті більше або дорівнює одному; розмір замовлення на j -му маршруті дорівнює сумі замовлень торгових точок, що обслуговуються транспортом на цьому маршруті, з урахуванням фактичної кількості пунктів заїзду; сума всіх пунктів заїзду по всіх маршрутах дорівнює кількості торгових точок в районі обслуговування; сума розмірів замовлення всіх торгових точок в регіоні обслуговування становить загальний обсяг заявок в регіоні, коефіцієнт запасу за вантажністю більше нуля. При резервуванні ПМ парку РС за рахунок кількісного збільшення парку РС схема доставки товарів у торговельну мережу схожа з попередньою. Однак після того, як ПМ основного парку РС вичерпані, і залишилися торгові точки, які не були обслужені, де втрати від недопостачання перевищують витрати на транспортування резервним транспортом, то стає раціональним використання резервного парку РС (рис. 2.3-2.4). Постачальник може перебувати як в межах району

перевезень (рис. 2.3), так і за межами району перевезень (рис. 2.4).



- постачальник;
- торгові точки, які обслуговувались основним парком РС;
- торгові точки, які не були обслуговувані основним парком РС;
- торгові точки, які залишились не обслуговуваними основним і резервним парком РС;
- межі району обслуговування;
- послідовність об'їзду пунктів заводу на запланованому маршруті;
- послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті, які обслужені основним парком РС;
- послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті, які обслужені резервним парком РС.

Рис. 2.3. Схема обслуговування торгових точок основним і резервним парком РС при умові, що постачальник перебуває в районі обслуговування







-  - постачальник;
-  - торгові точки, які обслуговувались основним парком РС;
-  - точки, які не були обслуговувані основним парком РС;
-  - торгові точки, які залишились не обслуговуваними після роботи основного і резервного парку РС;
- · - · - межі району обслуговування;
- - послідовність об'їзду пунктів заводу на запланованому маршруті;
- - - - - → - послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті, які обслужені основним парком РС;
- - - - - → - послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті, які обслужені резервним парком РС.

Рис. 2.4. Схема обслуговування точок основним і резервним парком РС коли постачальник перебуває за межами району обслуговування

Вантажність резервних одиниць парку РС така ж, як і основного через можливість ротації автомобілів на маршрутах. Виходячи з цьо-

го, перепроєктування маршрутів резервного парку РС недоцільна, а кількість пунктів заїзду на маршруті така ж, як і у основного.

Якщо приймається, що торгові точки розподілені рівномірно в районі перевезень, то приймається, що й торгові точки, які не обслуговувані основним парком РС, теж розподілені рівномірно в районі перевезень. Через зменшення значення щільності дислокації торговельних точок, які мають бути обслужені резервним парком РС, порівняно з основним, відстань між суміжними пунктами заїзду, відповідно, збільшиться. Однак характеристики маршруту резервного парку РС будуть відрізнятися від основного, так довжина і час оберту на маршруті резервного парку РС буде більше ніж на маршруті основного, але з урахуванням обмеження по часу оберту.

При резервуванні ПМ парку РС за рахунок кількісного збільшення парку РС, варіант створення запасу за вантажності не розглядається.

Однак в умовах змінного попиту для компенсації коливань попиту, доцільним стає створення певного запасу резервних одиниць парку РС, тобто при розрахунку частки резервних транспортних одиниць до основних необхідно врахувати коефіцієнт запасу ПМ резервного парку РС.

Коефіцієнт запасу ПМ резервного парку РС та кількість пунктів заїзду на маршруті є оптимізаційними параметрами роботи резервного парку РС, знаходження яких дозволить визначити обсяги робіт для резервного парку РС та застосування даного способу компенсації коливань попиту з раціональними значеннями параметрів роботи дозволить зменшити витрати на доставку.

Цільова функція являє собою приведені логістичні витрати ($S_d^{пр}$, грн./т) на доставку, має наступний вид

$$S_d^{пр}(n_3, \delta_{зр}) = \frac{B_p(n_3, \delta_{зр}) + B_{ш}(n_3, \delta_{зр}) + B_{тр}(n_3)}{Q_o(n_3, \delta_{зр})} \rightarrow \min, \quad (2.3)$$

де B_p – витрати на транспортування вантажу резервним парком РС, грн.;

n_3 – кількість пунктів заїзду на маршруті, од;

$\delta_{зр}$ – коефіцієнт запасу ПМ резервних автомобілів.

Система обмежень має наступний вид

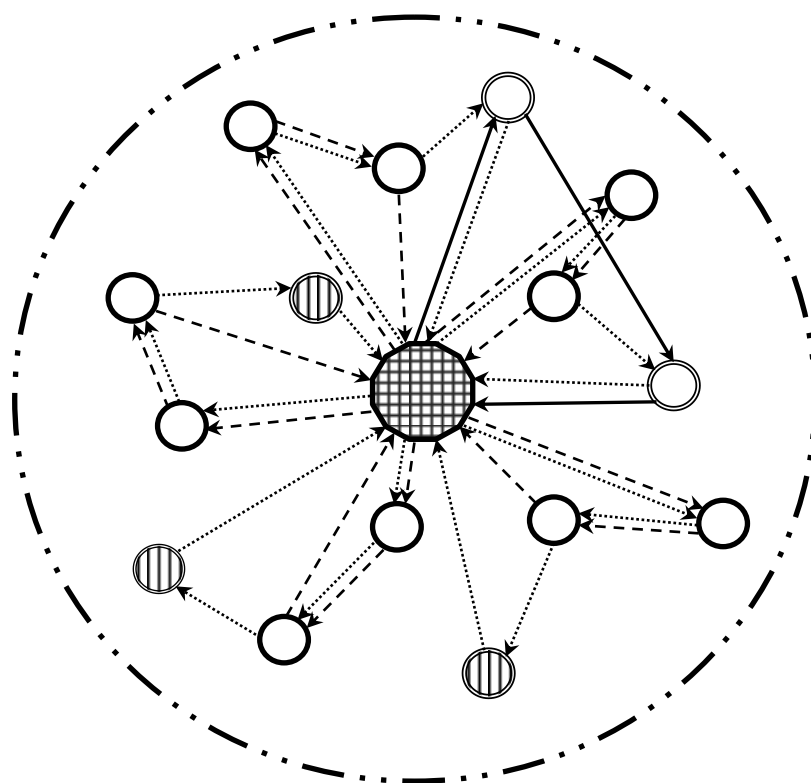
$$\left\{ \begin{array}{l} n_{3j} \geq 1; \\ Q_j = \sum_{i=1}^{n_{\phi_j}} g_i; \\ \sum_{j=1}^M n_{3j} = N_{\text{ПЗ}}; \\ \sum_{j=1}^M Q_j = \sum_{i=1}^{N_{\text{ПЗ}}} g_i; \\ \delta_{3p} \geq 0. \end{array} \right. \quad (2.4)$$

В цьому випадку з'являється обмеження по значенню коефіцієнта запасу ПМ резервного РС, який має бути більше або дорівнювати нулю.

При резервуванні ПМ парку РС у випадку, коли попит на перевезення перевищує ПМ парку РС, можливий варіант використання залученого парку РС, який працює на ринку за принципом «вантажного таксі». Часто на практиці при резервуванні ПМ парку РС найбільш раціональним бачиться використання залученого парку РС. Проте найбільш істотними недоліками даного способу резервування є завищена вартість перевезень залученим автомобілем порівняно з собівартістю перевезень цим автомобілем, і те, що мінімальний строк оренди автомобіля часто перевищує необхідний час оренди автомобіля.

Практика показує, що в середньому мінімальний час, на яке дається транспортний засіб, становить 4-5 годин, а середня вартість однієї години оренди фургонів малої і середньої вантажності становить 60-100 грн./год і 5,0-5,5 грн./км. Знаходження маржі дало б змогу кількісно оцінити доцільність використання залученого парку РС. Виходячи з цього, використовувати залучений парк РС необхідно під необхідний обсяг робіт, тобто в умовах змінного попиту створювати резерв ПМ залученого парку РС не раціонально. Запас за вантажністю основного парку РС не розглядається. Реалізація даної задачі наступна: спочатку проектуються маршрути основного парку РС, після роботи яких, якщо залишаються точки, які не були обслужені основним парком РС, і втрати від недопоставки яких перевищують витрати на транспортування залученим парком РС, то залучається орендний

транспорт. Постачальник може перебувати як в межах району обслуговування (рис. 2.5), так і за межами району обслуговування (рис. 2.6).







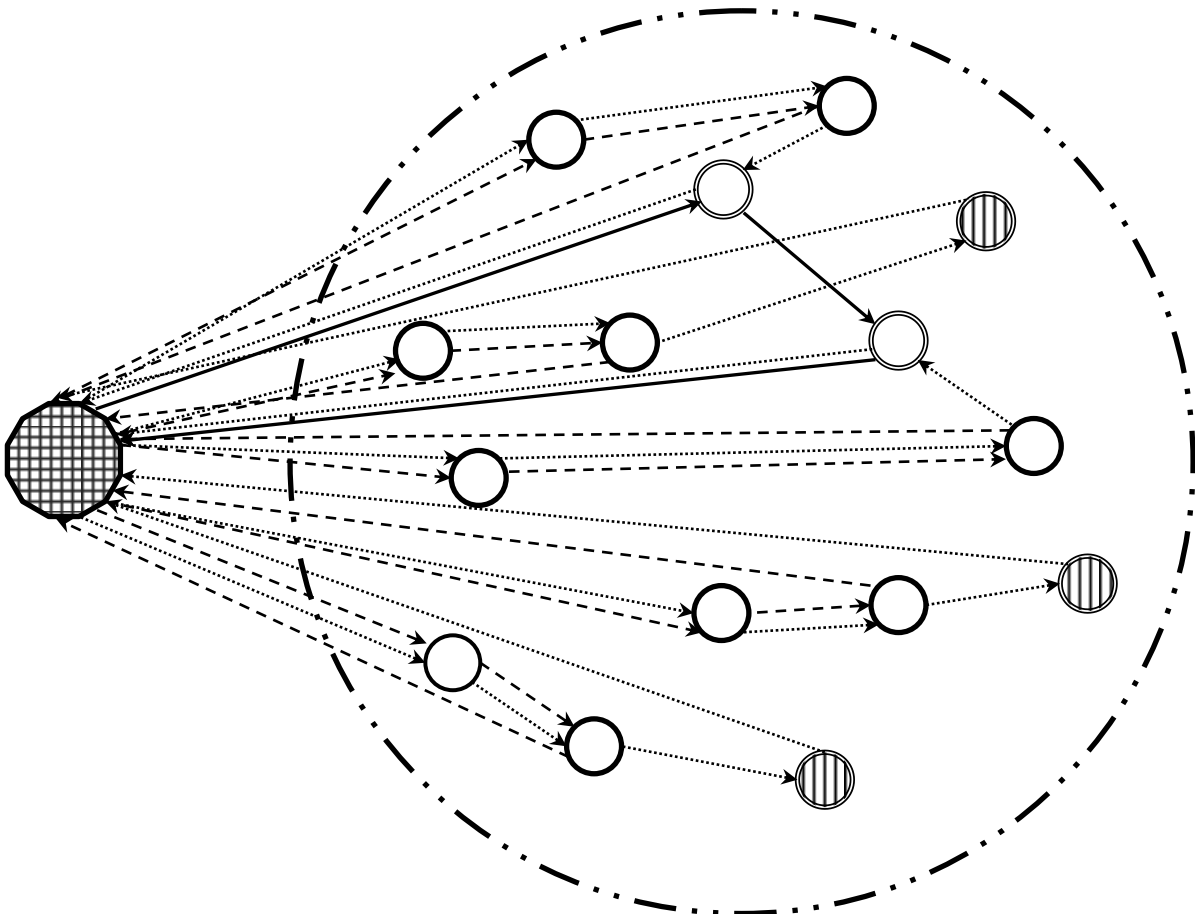
-  - постачальник;
-  - торгові точки, які обслуговувались основним парком РС;
-  - торгові точки, які не були обслуговувані основним парком РС;
-  - торгові точки, які залишились не обслуговуваними основним і залученим парком РС;
- · · · - межі району обслуговування;
- · · · · → - послідовність об'їзду пунктів заводу на запланованому маршруті;
- · · · · → - послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті, які обслужені основним парком РС;
- → - послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті, які обслужені залученим парком РС.

Рис. 2.5. Схема обслуговування точок основним і залученим парком РС при умові, що постачальник перебуває в районі обслуговування











-  - постачальник;
-  - торгові точки, які обслуговувались основним парком РС;
-  - торгові точки, які не були обслуговувані основним парком РС;
-  - торгові точки, які залишились не обслуговуваними після роботи основного і залученого парку РС;
-  - межі району обслуговування;
-  - послідовність об'їзду пунктів заводу на запланованому маршруті;
-  - послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті, які обслужені основним парком РС;
-  - послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті, які обслужені залученим парком РС.

Рис. 2.6. Схема обслуговування торгових точок основним і залученим парком РС при умові, що постачальник перебуває за межами району обслуговування

Приймається, що існує така вантажність залученого автомобіля, яка дорівнювала або була близька розміру партії вантажу, яку необхідно перевести. Кількість пунктів заїзду на маршруті основного і залученого парку РС є оптимізаційним параметром роботи залученого парку РС, виходячи з його значення, визначається вантажність залученого парку РС. Виходячи з припущення про рівномірне розподілені торгових точок в районі перевезень і випадковий характер не обслуговування торгових точок основним парком РС, витікає, що й торговельні точки, обслуговувані залученим парком РС, теж розподілені рівномірно в районі перевезень.

Характеристики маршрутів основного та залученого парку РС будуть відрізнятися. На рис. 2.5-2.6 наведено окремий випадок схеми обслуговування торгових точок основним і залученим парком РС, де кількість пунктів заїзду на маршруті основного і залученого парку РС однакова. В загальному випадку, вони між собою можуть відрізнятися, тобто значення кількості пунктів заїзду на маршруті залученого парку РС буде менше основного.

Якщо втрати підприємства від обслуговування деяких точок, що не обслужені основним і залученим парком РС, будуть менше витрат на транспортування залученим парком РС, то ці точки не обслуговуються.

В цієї постановки задачі цільова функція має наступний вигляд

$$S_{д}^{пр}(n_3, m) = \frac{B_{пр}(n_3, m) + B_{ш}(n_3, m) + B_{тр}(n_3)}{Q_0(n_3, m)} \rightarrow \min. \quad (2.5)$$

де $B_{пр}$ – витрати на транспортування вантажу залученим парком РС, грн.;

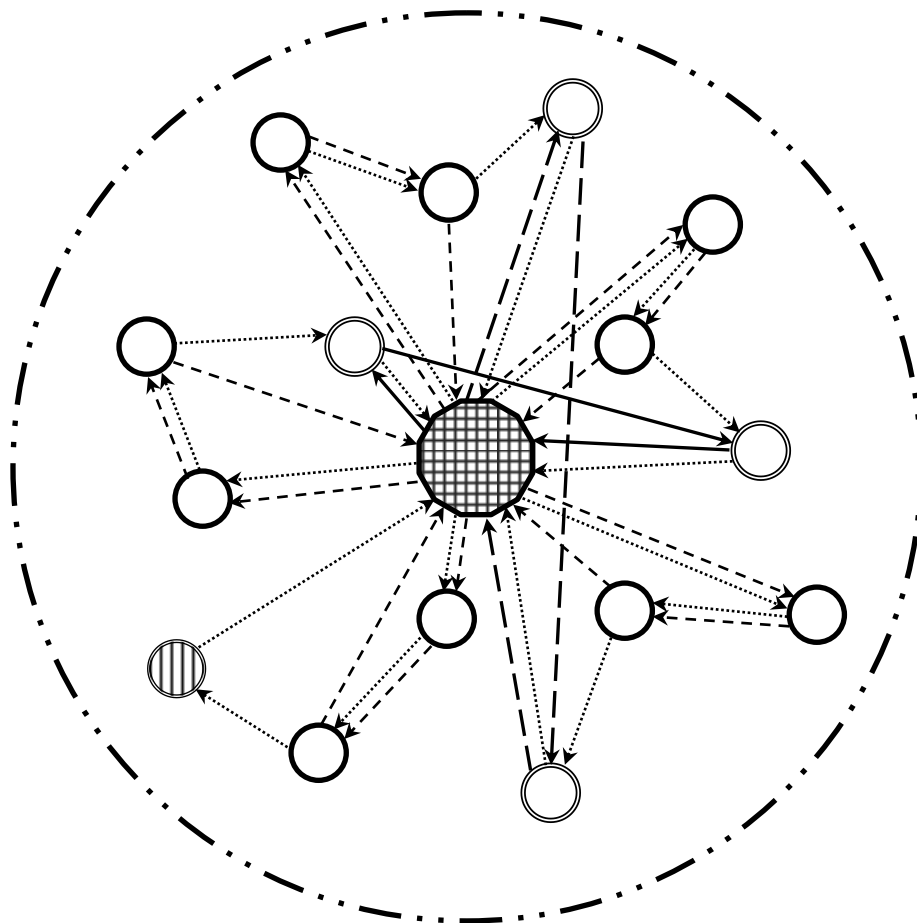
m – кількість пунктів заїзду на маршруті залученого транспорту, од;

Система обмежень бути мати наступний вид

$$\left\{ \begin{array}{l} n_{3j} \geq 1; \\ Q_j = \sum_{i=1}^{n_{\phi_j}} g_i; \\ \sum_{j=1}^M n_{3j} = N_{\text{ПЗ}}; \\ \sum_{j=1}^M Q_j = \sum_{i=1}^{N_{\text{ПЗ}}} g_i; \\ m \geq 0. \end{array} \right. \quad (2.6)$$

Таким чином, крім того, що кількість пунктів заїзду на маршруті більше одного; розмір замовлення на j -му маршруті дорівнює сумі замовлень торгових точок, що обслуговуються транспортом на цьому маршруті, з урахуванням фактичної кількості пунктів заїзду; сума всіх пунктів заїзду по всіх маршрутах дорівнює кількості торгових точок в районі обслуговування; сума розмірів замовлення всіх торгових точок в регіоні обслуговування становить загальний обсяг заявок в регіоні, кількість пунктів заїзду на маршруті залученого транспорту більше або дорівнює нулю.

У випадку поєднання всіх способів резервування, послідовність залучення парку РС наступна: після роботи основного парку РС, вантажність якого обирається з урахуванням запасу по вантажності; якщо залишаються торгові точки не обслужені, втрати від не обслуговування яких перевищують витрати на транспортування, то використовується резервний парк РС; якщо знову залишаються торгові точки, які не обслужені резервним парком РС, втрати від не обслуговування яких перевищують витрати на транспортування залученим парком РС, то використовується залучений парк РС (рис. 2.7-2.8). Постачальник може перебуває як в районі обслуговування (рис. 2.7), так і за межами району обслуговування (рис.2.8). У випадку якщо коефіцієнт запасу по вантажності дорівнює 1, то основний парк РС використовується без запасу по вантажності. Оптимізаційними параметрами виступають кількість пунктів заїзду на маршруті основного, резервного та залученого транспорту, коефіцієнт запасу за вантажністю та запасу ПМ резервного парку РС.








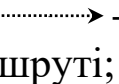

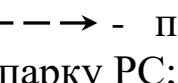
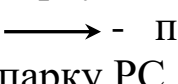
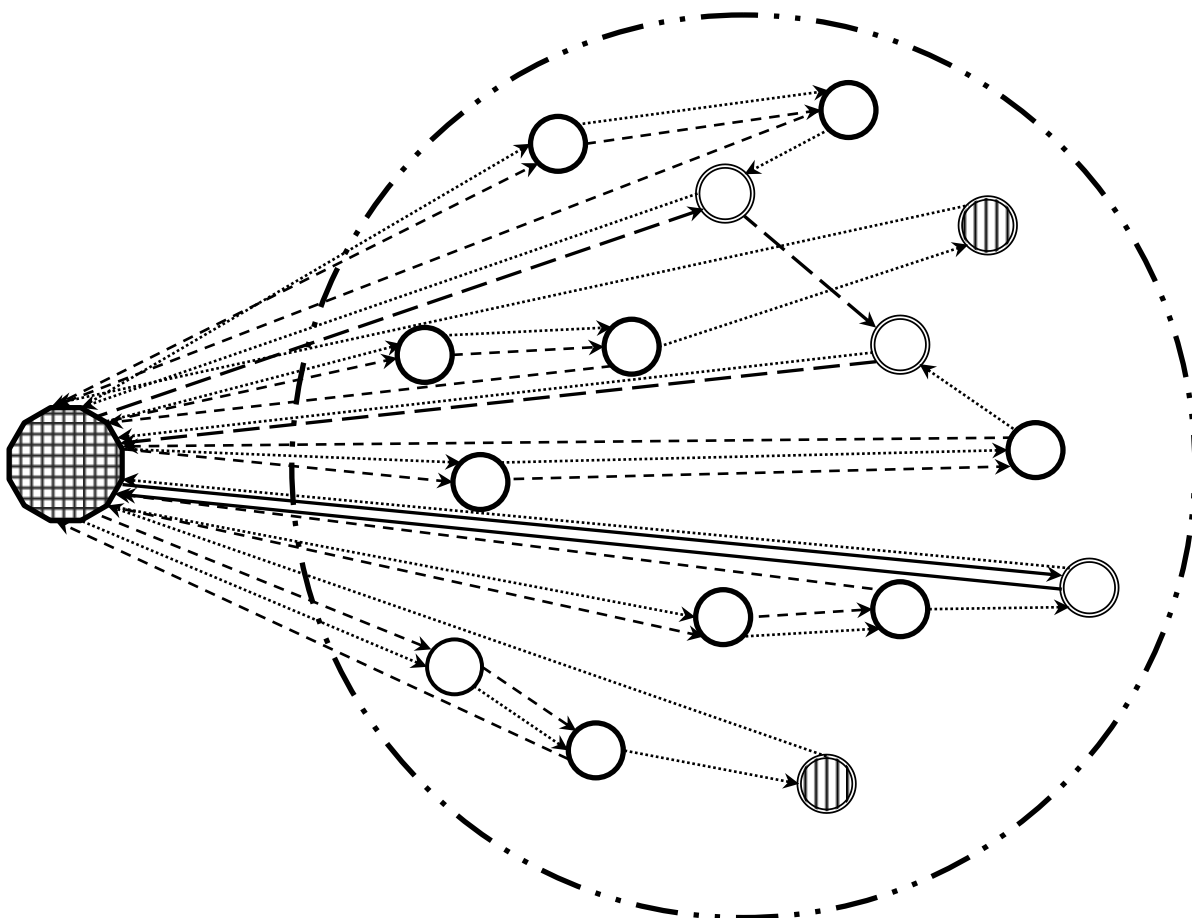
-  - постачальник;
-  - торгові точки, які обслуговувались основним парком РС;
-  - торгові точки, які не були обслуговувані основним парком РС;
-  - торгові точки, які залишились не обслуговуваними після роботи основного, резервного та залученого парку РС;
-  - межі району обслуговування;
-  - послідовність об'їзду пунктів заводу на запланованому маршруті;
-  - послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті основного парку РС;
-  - послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті резервного парку РС;
-  - послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті залученого парку РС.

Рис. 2.7. Схема обслуговування торгових точок основним, резервним і залученим парком РС при умові, що постачальник перебуває в районі обслуговування












-  - постачальник;
-  - торгові точки, які обслуговувались основним парком РС;
-  - торгові точки, які не були обслуговувані основним парком РС;
-  - торгові точки, які залишилися не обслуговуваними після роботи основного, резервного та залученого парку РС;
-  - межі району обслуговування;
-  - послідовність об'їзду пунктів заводу на запланованому маршруті;
-  - послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті основного парку РС;
-  - послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті резервного парку РС;
-  - послідовність об'їзду пунктів заводу на маршруті залученого парку РС.

Рис. 2.8. Схема обслуговування торгових точок основним, резервним і залученим парком РС при умові, що постачальник перебуває за межами району обслуговування

У разі якщо коефіцієнт запасу ПМ резервного парку РС дорівнює 0, то використання резервного парку РС стає недоцільним. Схема обслуговування торгових точок основним, резервним і залученим парком РС представлена на рис.2.7-2.8. Можливі випадки, коли після використання трьох способів резервування залишаться торгові точки не обслужені. Можливо це коли втрати від неповного завезення будуть менше витрат на транспортування в ці точки.

Цільова функція в цьому випадку буде мати наступний вигляд

$$S_{\text{д}}^{\text{пр}}(n_{\phi}, k_3, \delta_{\text{зр}}, m) = \frac{B_{\text{пр}}(n_{\phi}, k_3, \delta_{\text{зр}}, m) + B_{\text{ш}}(n_{\phi}, k_3, \delta_{\text{зр}}, m) + B_{\text{тр}}(n_{\phi}, k_3)}{Q_0(n_{\phi}, k_3, \delta_{\text{зр}}, m)} + \frac{B_{\text{р}}(n_{\phi}, k_3, \delta_{\text{зр}})}{Q_0(n_{\phi}, k_3, \delta_{\text{зр}}, m)} \rightarrow \min. \quad (2.7)$$

Система обмежень бути мати наступний вид

$$\left\{ \begin{array}{l} n_{\phi_j} \geq 1; \\ Q_j = \sum_{i=1}^{n_{\phi_j}} g_i; \\ \delta_{\text{зр}} \geq 0; \\ \sum_{j=1}^M n_{\phi_j} = N_{\text{пз}}; \\ \sum_{j=1}^M Q_j = \sum_{i=1}^{N_{\text{пз}}} g_i; \\ k_3 \geq 0; \\ m \geq 0. \end{array} \right. \quad (2.8)$$

Кількість пунктів заїзду на маршруті більше одного; розмір замовлення на j-му маршруті дорівнює сумі замовлень торгових точок, що обслуговуються транспортом на цьому маршруті, з урахуванням фактичної кількості пунктів заїзду; сума всіх пунктів заїзду по всіх маршрутах дорівнює кількості торгових точок в районі обслуговування; сума розмірів замовлення всіх торгових точок в регіоні обслуговування становить загальний обсяг заявок в регіоні, кількість пунк-

тів заїзду на маршруті залученого транспорту більше або дорівнює нулю, коефіцієнт запасу за вантажністю більше нуля, а коефіцієнт запасу ПМ резервного транспорту більше або дорівнює нулю.

2.2 Визначення характеристик розміру замовлень роздрібної мережі міст

Обсяг попиту на товари та послуги практично завжди невідомий. Тобто основним статистично невизначеним показником, що впливає на витрати на доставку продукції і додаткові втрати підприємства, пов'язані з неповним завезенням вантажу, є обсяг постачань продукції. Тому економічні результати торговельної діяльності мають стохастичний, випадковий характер, який негативним чином впливає на поточну і перспективну діяльність будь-якого підприємства, пов'язаного з просуванням і реалізацією споживчих товарів.

Розмір партії вантажу залежить від зміни коливань попиту, від періодичності постачань товарів кінцевим одержувачем. Інтервали часу, через які здійснюється доставка замовлення кінцевого споживача, можуть бути різними, але в роздрібній продовольчій торгівлі на певні групи товари інтервал між поставками не змінюється. Отримані статистичні дані за обсягами замовлень продовольчих товарів торговими точками різних форматів вказують на випадковий характер даної величини. Незважаючи на це, обсяг замовлень продукції кінцевому споживачеві має цілком певні закономірності зміни, і їх можна описати законом розподілу, але характер розподілу даної випадкової величини в залежності від формату торгових точок різний, бо є певні особливості та відмінності цих форматів, як зазначалось у розділі 1.

Головною особливістю торгових точок «дрібного» формату є невеликі розміри замовлення і значні коливання попиту, поставка продукції здійснюється в них кожену добу. Для проектування системи доставки продовольчих товарів у торгові точки необхідно врахувати особливості виду формату торгової точки. Тому статистичні дані розділені в залежності від формату торгових точок, розмір замовлення яких аналізується.

Виходячи з статистичних даних коливання попиту в торгових точках різних форматів, доцільно визначити стохастичні параметри попиту, такі як середнє значення та середньоквадратичне відхилення

обсягу замовлення. Середній обсяг замовлення торгової точки (\bar{g}_j , кг) визначається

$$\bar{g}_j = \frac{\sum_{i=1}^n g_{ij}}{n}, \quad (2.9)$$

де g_{ij} – розмір замовлення в i -ій торговій точці j -го формату, кг;

n – кількість спостережень.

Так для торгових точок «дрібних» форматів середнє значення розміру замовлення складе

$$\bar{g}_{др} = \frac{40,46 + 65,03 + 15,2 + \dots + 37,27 + 78,84 + 21,35}{364} = 48,23.$$

Аналогічно визначається середнє значення розміру замовлення торгових точок «великих» форматів. Результати розрахунків наведені в табл. 2.1.

Середньоквадратичне відхилення (σ_j , кг) визначається за залежністю

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (g_{ij} - \bar{g}_j)^2}{n}}. \quad (2.10)$$

Для торгових точок «дрібних» форматів

$$\sigma_{др} = \sqrt{\frac{(40,46-48,23)^2 + (65,03-48,23)^2 + \dots + (21,35-48,23)^2}{364}} = 28,95.$$

Аналогічно визначається середньоквадратичне відхилення розміру замовлення торгових точок «великих» форматів. Результати наведені в табл. 2.1.

З урахуванням визначених значень обсягів замовлення продовольчих товарів і використовуючи статистичні методи визначення статистичного закону розподілу варіаційного ряду, визначено, що коливання обсягів замовлень продовольчих товарів торгових точок «дрібних» форматів можливо описати рівномірним законом розподілу, щільність розподілу якого має вигляд

$$f(x) = \begin{cases} \frac{1}{g_{\max} - g_{\min}} & \text{при } g_{\min} \leq x \leq g_{\max}; \\ 0 & \text{при } x < g_{\min}; \quad x > g_{\max}. \end{cases} \quad (2.11)$$

де g_{\max}, g_{\min} – максимальне і мінімальне можливе значення розміру замовлення відповідно;

x – значення обсягів замовлення.

Параметрами даного закону розподілу є максимальне і мінімальне значення розміру замовлення.

Таблиця 2.1

Стохастичні параметри величини розміру замовлення торгових точок різних форматів

Стохастичний параметр величини	Формат торгової точки	
	«дрібний»	«великий»
Середнє значення, кг	48,23	246,183
Середньоквадратичне відхилення, кг	28,95	48,992

Перевірка гіпотези про належність досліджуваної вибірки теоретичній кривій виду рівномірного закону розподілу проведена за критерієм відповідності Пірсона

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_i - f_m)^2}{f_m}, \quad (2.12)$$

де k – число груп, на які розбито варіаційний ряд,

f_i – спостережувана частота ознаки у i -й групі,

f_m – теоретична частота.

Графічне зображення розподілу обсягів замовлень продовольчих товарів торгових точок «дрібних» форматів представлено на рис. 2.9.

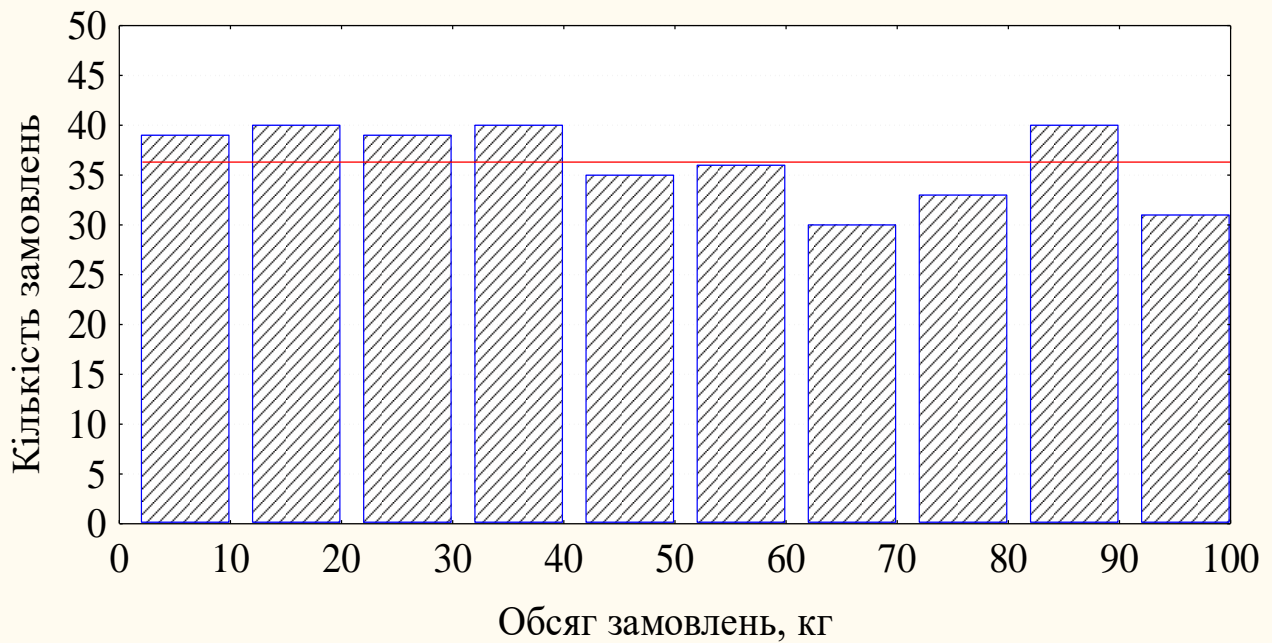


Рис. 2.9. Розподіл обсягів замовлення продовольчих товарів торгових точок «дрібних» форматів

Розрахункові та табличні значення критерію Пірсона наведені в табл.2.2.

Таблиця 2.2

Показники визначення закону розподілу обсягу замовлень торгових точок «дрібних» форматів

Назва показника	Закон розподілу	Показники визначення закону розподілу	
		$\chi^2_{\text{розр}}$	$\chi^2_{\text{табл}}$ при $p=0,05$
Обсяг замовлення торговими точками «дрібних» форматів	Рівномірний	3,749	14,067

Кількість ступенів свободи визначається за формулою

$$df = k - s - 1, \quad (2.13)$$

де s - число параметрів передбачуваного розподілу, оцінених за даними вибірки ($s = 2$).

Для даного закону розподілу при кількості груп, на які розбито розподіл маємо

$$df = 10 - 2 - 1 = 7.$$

Таким чином, табличне значення χ^2 складає 14,067, що підтверджує гіпотезу про розподіл обсягів замовлення продукції в торгові точки «дрібних» форматів за рівномірним законом розподілу.

Грунтуючись на аналіз статистичних даних про коливання обсягів замовлень продовольчих товарів в супермаркетах та гіпермаркетах (рис. 2.10), в якості нульової гіпотези приймається гіпотеза про трикутний закон розподілу (Сімпсона) обсягу замовлення, щільність розподілу якого має вигляд

$$f''(x) = \begin{cases} \frac{2 \cdot (x - g_{\min})}{(g_{\max} - g_{\min}) \cdot (g_{\text{mid}} - g_{\min})} & \text{при } g_{\min} < x \leq g_{\text{mid}}; \\ \frac{2 \cdot (g_{\max} - x)}{(g_{\max} - g_{\min}) \cdot (g_{\max} - g_{\text{mid}})} & \text{при } g_{\text{mid}} < x \leq g_{\max}. \end{cases} \quad (2.14)$$

Де $g_{\max}, g_{\min}, g_{\text{mid}}$ – максимально, мінімально можливе і середнє значення обсягу замовлення відповідно.

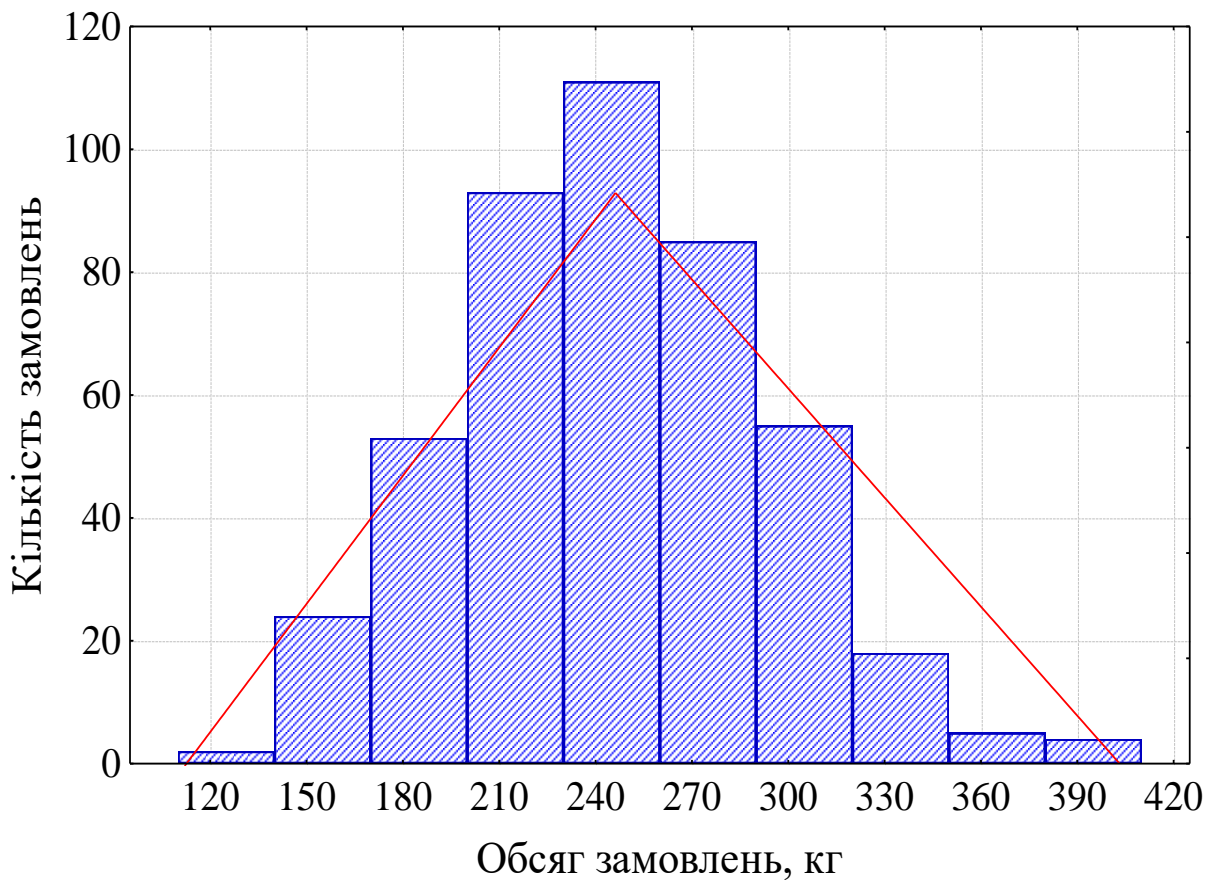


Рис. 2.10. Розподіл обсягів замовлення продовольчих товарів торгових точок «великих» форматів

Перевірка гіпотези про належність досліджуваної вибірки теоретичній кривій виду закону розподілу Сімпсона проводилася за критерієм відповідності Пірсона (табл. 2.3).

Отримані значення χ^2 підтверджують гіпотезу про розподіл об'ємів замовлення продукції. Коливання розміру замовлення торгових точок «великих» форматів можна описати законом розподілу Сімпсона.

Таблиця 2.3

Показники визначення закону розподілу обсягу замовлень торгових точок «великих» форматів

Назва показника	Закон розподілу	Показники визначення закону розподілу	
		$\chi^2_{\text{розр}}$	$\chi^2_{\text{табл}}$ при $p=0,05$
Обсяг замовлення продукції торговими точками «великих» форматів	Сімпсона	6,431	12,592

2.3 Математична постановка задачі резервування ПМ парку РС автомобільного транспорту

Показником, що найбільш повно характеризує ефективність виробництва, обсяг і якість виробленої продукції, рівень собівартості є прибуток. Разом з тим прибуток є метою функціонування будь-якого підприємства, надає стимулюючий вплив на інтенсифікацію виробництва при будь-якій формі власності. Прибуток – один з основних фінансових показників плану і оцінки господарської діяльності підприємств. Прибуток як кінцевий фінансовий результат діяльності підприємства представляє собою різницю між загальною сумою доходів і витратами на виробництво і реалізацію продукції з урахуванням збитків.

Отже в загальному випадку прибуток представляє собою

$$П = Д - З. \tag{2.15}$$

Доходи і витрати визначаються відповідно

$$D = C \cdot Q_{\phi}, \quad (2.16)$$

де C – ціна за товар або послугу, грн./т;

Q_{ϕ} – обсяг фактично поставленого вантажу, од або т.

$$Z = S \cdot Q_3, \quad (2.17)$$

де S – собівартість перевезень одиниці вантажу, грн.;

Q_3 – обсяг замовлення на перевезення, т.

У випадку, коли застосовується парк автомобілів в умовах змінного попиту без резервування ПВ парку автомобілів прибуток складе

$$\Pi_1 = C \cdot Q_{\phi_1} - S_1 \cdot Q_3. \quad (2.18)$$

У випадку, коли застосовується резервування ПМ парку автомобілів

$$\Pi_2 = C \cdot Q_{\phi_2} - S_2 \cdot Q_3. \quad (2.19)$$

Порівнюючи (2.18) та (2.19), маємо

$$\Pi_1 = C \cdot Q_{\phi_2} - S_2 \cdot Q_3 - C \cdot \Delta Q, \quad (2.20)$$

де ΔQ – додатковий обсяг завезення, що забезпечується резервуванням провізних можливостей парку РС.

Вираз $C \cdot Q_{\phi_2}$ у (2.20) є константою і виходячи з мети функціонування будь-якого підприємства і залежностей (2.15-2.18), критерій ефективності буде мати наступний вигляд

$$\Pi_1 \rightarrow \max \equiv S_2 \cdot Q_3 + C \cdot \Delta Q \rightarrow \min, \quad (2.21)$$

тобто максимум прибутку тотожно дорівнює мінімуму сумі витрат та втрат, а отже

$$\Pi \rightarrow \max \equiv B_{mp} + B_{ui} \rightarrow \min. \quad (2.22)$$

Отже сумарні приведені витрати на транспортування і втрати від недозавезення вантажів забезпечують максимізацію прибутку підприємства.

Розмір штрафу за недопоставку або завезення в неповному обсязі однієї одиниці вантажу може коливатись в межах собівартості та ціни за перевезення. Витрати за перевезення та втрати від завезення вантажу не в повному обсязі віднесені на одиницю фактично перевезеного вантажу представляють собою приведені логістичні витрати постачальника. За рахунок компенсації коливань попиту на перевезення можливо зменшити приведені логістичні витрати постачальника і тим самим збільшити прибутки підприємства .

В загальному випадку цільова функція задачі резервування ПМ парку РС враховує усі види витрат на доставку товарів, які отримує постачальник – прямі і побічні, що представлені у вигляді недоотримання доходу (втрати), приведені до одиниці фактично перевезеного вантажу, і має наступний вид

$$S_{\text{д}}^{\text{пр}} = \frac{\sum_{j=1}^n B_{\text{тр}j} + B_{\text{ш}}}{Q_0} \rightarrow \min, \quad (2.23)$$

де $B_{\text{тр}j}$ – витрати на транспортування при j -му способі резервування ПМ парку РС, грн.

В якості припущень при вирішенні задачі прийнято, що:

- відкладений попит відсутній;
- район обслуговування має форму кола;
- торгові точки рівномірно розподілені в районі перевезень. Потрібно мінімізувати приведені логістичні витрати постачальника при наступних обмеженнях:
 - кількість пунктів заїзду на маршруті більше 1;
 - послідовність об'їзду торгових точок на маршруті основного парку РС постійна;
 - перепроєктування маршруту основного парку РС не допускається;
 - розміщення постачальника відносно району обслуговування розглядається у двох варіантах: 1 – в районі обслуговування; 2 – за межами розглянутого району обслуговування;
 - розмір замовлення на j -му маршруті дорівнює сумі замовлень торгових точок, що обслуговуються транспортом на цьому маршруті, з урахуванням фактичної кількості пунктів заїзду;

- сума всіх пунктів заїзду по всіх маршрутах дорівнює кількості торгових точок в районі обслуговування;
- сума розмірів замовлення всіх торгових точок в регіоні обслуговування утворює загальний обсяг заявок регіону;
- коефіцієнт статичного використання вантажності змінюється в діапазоні 0,4-1,0;
- максимально допустима вантажність автомобіля становить 10т;
- витрати часу на навантаження або розвантаження вантажу складають 0,05 год/т;
- додатковий час на оформлення документів становить 0,15 год;
- коефіцієнти регресійної моделі залежності собівартості автомобільних перевезень від вантажності автомобіля складають відповідно $A_{зм} = 2$ грн./км, $A_{пост} = 15$ грн./год, $B_{зм} = 0,5$ грн./ткм і $B_{пост} = 1$ грн./тгод (визначено емпіричним шляхом, методика розрахунку та результати представлені в додатку А);
- технічна швидкість для умов перевезень в межах міста становить 24 км/год, при доставці товарів у міжміському сполученні – 50 км/год;
- щільність дислокації торговельних точок варіюється в діапазоні від 1,948 до 25,398 од./км², (дані дослідження міст України з чисельністю населення понад 100 тис. жителів);
- середнє значення попиту в одній торговій точці варіюється в діапазоні від 0,1 до 6т (дані дослідження міст України з чисельністю населення понад 100 тис. жителів);
- штраф (втрати) за недопоставку одиниці вантажу варіюється в діапазоні 500-10000 грн./т в залежності від ціни товару;
- середня відстань доставки складає в середньому 3-30 км для доставки товарів в роздрібну торгову мережу в межах міста, 30-200 км – для міжміського сполучення [33];
- коефіцієнт варіації попиту 0,1-0,577 для рівномірного закону розподілу; 0,1-0,333 для закону розподілу Сімпсона (розділ 2.2);
- час оберту на маршруті – не більше 16 год, що відповідає двохзмінному режиму роботи водія.

В аналітичному визначенні обмеження можливо представити у вигляді наступної системи

$$\left\{ \begin{array}{l}
n_{\phi_j} \geq 1; \\
Q_j = \sum_{i=1}^{n_{\phi_j}} g_i; \\
\delta_{зр} \geq 0; \\
\sum_{j=1}^M n_{\phi_j} = N_{пз}; \\
\sum_{j=1}^M Q_j = \sum_{i=1}^{N_{пз}} g_i; \\
k_3 \geq 1; \\
m \geq 0; \\
\gamma = 0,4 \dots 1,0; \\
q_{\max} = 10 \text{ т}; \\
\tau_{нр} = 0,05 \text{ год/т}; \\
t_{д} = 0,15 \text{ год}; \\
A_{зМ} = 2 \text{ грн./км}; \\
B_{зМ} = 0,5 \text{ грн./ткм}; \\
A_{пост} = 15 \text{ грн./год}; \\
B_{пост} = 1 \text{ грн./тгод}; \\
V_{т} = 24 \text{ або } 50 \text{ км/год}; \\
1,948 \leq \lambda \leq 25,398 \text{ од./км}^2; \\
3 \leq l_i \leq 200 \text{ км}; \\
0,1 \leq g \leq 6 \text{ т}; \\
500 \leq C_{ш} \leq 10000 \text{ грн./т}; \\
0,1 \leq k_{v_g} \leq \frac{1}{\sqrt{3}} \text{ або } \frac{1}{3}; \\
t_{об} \leq 1 \text{ год}.
\end{array} \right. \quad (2.24)$$

де γ – коефіцієнт статичного використання вантажності;

q_{\max} – максимально допустима вантажність автомобіля, т;

$\tau_{н-р}$ – витрати часу на навантаження або розвантаження вантажу, год/т;

$t_{\text{д}}$ – додатковий час на оформлення документів, год;
 $V_{\text{Т}}$ – технічна швидкість автомобіля, км/год;
 λ – щільність дислокації торговельних точок в районі обслуговування, од/км²;
 g – середнє значення попиту в одній торговій точці, т;
 $C_{\text{ш}}$ – штраф (втрати) за недопоставку одиниці вантажу, грн./т;
 l_i – середня відстань доставки, км;
 k_{v_g} – коефіцієнт варіації попиту в торговій точці;
 $t_{\text{об}}$ – час оберту на маршруті, год.

Для побудови математичної моделі приведених витрат на доставку товарів, середній пробіг автомобілів між суміжними пунктами заїзду на маршруті ($l_{(i-1)-i}$, км) визначається за формулою [33]

$$l_{(i-1)-i} = 0,76 \cdot \sqrt{\lambda^{-1}}. \quad (2.25)$$

Довжина оберту на маршруті, $l_{\text{об}}$, км, розраховується за формулою

$$l_{\text{об}} = 2l_i + (n_{\text{ф}} - 1) \cdot l_{(i-1)-i}. \quad (2.26)$$

При першій постановці задачі, де використовується основний парк РС з урахуванням запасу по вантажності для резервування ПМ парку РС, номінальну кількість пунктів заїзду можна визначити, виходячи з коефіцієнта запасу по вантажності [48]

$$n_{\text{н}} = n_{\text{ф}} \cdot k_3 \quad (2.27)$$

Час на навантаження-розвантаження визначається за наступною залежністю

$$t_{\text{н-р}} = 2 \cdot (t_{\text{д}} + q_{\text{н}} \cdot \gamma \cdot \tau_{\text{н-р}}), \quad (2.28)$$

де $q_{\text{н}}$ – номінальна вантажність автомобіля, т.

Номінальна вантажність автомобіля визначається за формулою

$$q_{\text{н}} = \frac{n_{\text{н}} \cdot g}{\gamma_{\text{ст}}}, \quad (2.29)$$

де n_n – номінальна кількість пунктів заїзду на маршруті, од.

Час обертю на маршруті визначається за такою залежністю

$$t_{об} = \frac{l_{об}}{V_T} + t_{н-р} + n_{ф} \cdot t_{д}, \quad (2.30)$$

Сумарний обсяг замовлень на маршруті визначається за формулою

$$Q_{зам} = g \cdot n_{ф}. \quad (2.31)$$

У випадку рівномірного закону розподілу попиту на маршруті, для торгових точок «дрібних» форматів, коефіцієнт варіації попиту на маршруті, k_v складає [54]

$$k_v = \frac{k_v g}{\sqrt{n_{ф}}}, \quad (2.32)$$

а середньоквадратичне відхилення попиту на маршруті (σ) складає

$$\sigma = k_v \cdot G, \quad (2.33)$$

де G – середній розмір замовлення на маршруті, т.

Виходячи з даних про закон розподілу попиту на маршруті, щільність розподілу сумарного попиту має вигляд [55]

$$f(x) = \frac{1}{b-a}, \quad (2.34)$$

де b – максимальне значення в інтервалі;

a – мінімальне значення в інтервалі;

x – випадкова величина попиту на маршруті,

а середньоквадратичне відхилення

$$\sigma(x) = \frac{b-a}{2\sqrt{3}}. \quad (2.35)$$

Виразивши $b-a$ з (2.35), маємо

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{12} \cdot \sigma}. \quad (2.36)$$

Максимальні і мінімальні значення попиту на маршруті при даному законі розподілу

$$\begin{cases} G_{\max} = G + \sqrt{3} \cdot \sigma \\ G_{\min} = G - \sqrt{3} \cdot \sigma \end{cases} \quad (2.37)$$

Ймовірність недопостачання вантажу, яка дорівнює ймовірності того, що попит на перевезення виявиться більшим за фактичну вантажність автомобіля, можна визначити через наступну формулу

$$P_{\text{недоз}} = \int_{q_n \cdot \gamma}^{G_{\max}} f(x) dx. \quad (2.38)$$

Тоді обсяг недозавезення вантажу в торгові точки на маршруті має наступний вид

$$Q_{\text{недоз}} = \int_{q_n \cdot \gamma}^{G_{\max}} f(x) \cdot x dx. \quad (2.39)$$

Підставивши (2.36)-(2.37) в (2.39), маємо

$$Q_{\text{недоз}} = \frac{\sqrt{3} \cdot g \cdot \sqrt{n_{\phi}} \left(n_{\phi} - k_3^2 \cdot n_{\phi} + 3 \cdot k_{v_g}^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}} \right)}{12 \cdot k_{v_g}}. \quad (2.40)$$

Вираз (2.40) дійсний тільки для випадків, коли $G_{\min} < q_n \cdot \gamma < G_{\max}$. В загальному ж випадку маємо

$$Q_{\text{недоз}} = \begin{cases} 0 \text{ при } q_n \cdot \gamma \geq G_{\max} \\ \frac{\sqrt{3} \cdot g \cdot \sqrt{n_{\phi}} \left(n_{\phi} - k_3^2 \cdot n_{\phi} + 3 \cdot k_{v_g}^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}} \right)}{12 \cdot k_{v_g}} \text{ при } G_{\min} < q_n \cdot \gamma < G_{\max}; \\ \frac{\sqrt{3} \cdot g \cdot \sqrt{n_{\phi}} \left(n_{\phi} - k_3^2 \cdot n_{\phi} + 3 \cdot k_{v_g}^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}} \right)}{12 \cdot k_{v_g}} + \\ + (G_{\min} - q_n \cdot \gamma) \text{ при } q_n \cdot \gamma \leq G_{\min}. \end{cases} \quad (2.41)$$

Фактичний обсяг вантажу, завезений в торгові точки на маршруті, становить

$$Q_o = Q_{\text{зам}} - Q_{\text{недоз}}, \quad (2.42)$$

де $Q_{\text{зам}}$ – обсяг замовлень на маршруті, т.

Підставивши (2.31)-(2.41) в (2.42) і вирішив його, маємо

$$Q_o = g \cdot n_{\phi} - \frac{\sqrt{3} \cdot g \cdot \sqrt{n_{\phi}} \left(n_{\phi} - k_3^2 \cdot n_{\phi} + 3 \cdot k_{v_g}^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}} \right)}{12 \cdot k_{v_g}}, \quad (2.43)$$

що слушно для випадку, коли $G_{\min} < q_H \cdot \gamma < G_{\max}$.

Собівартість перевезень вантажу має вигляд [33]

$$S_{\text{тр}} = \frac{C_{\text{зм}} \cdot l_{\text{об}} + C_{\text{пост}} \cdot t_{\text{об}}}{Q_o}, \quad (2.44)$$

де $C_{\text{зм}}$, $C_{\text{пост}}$ – змінна і постійна складові витрат на перевезення відповідно [33]

$$\begin{cases} C_{\text{зм}} = A_{\text{зм}} + B_{\text{зм}} \cdot q_H; \\ C_{\text{пост}} = A_{\text{пост}} + B_{\text{пост}} \cdot q_H. \end{cases} \quad (2.45)$$

Підставивши наведені вище вирази у вираз (2.35), маємо

$$\begin{aligned} S_{\text{тр}} = & \frac{\left[2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\phi} - 1) \right] \cdot \left(A_{\text{зм}} + \frac{B_{\text{зм}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi}}{\gamma} \right)}{g \cdot n_{\phi} - \frac{\sqrt{3} \cdot g \cdot \sqrt{n_{\phi}} \left(n_{\phi} - k_3^2 \cdot n_{\phi} + 3 \cdot k_{v_g}^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}} \right)}{12 \cdot k_{v_g}}} + \\ & + \frac{\left(A_{\text{пост}} + \frac{B_{\text{пост}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi}}{\gamma} \right)}{g \cdot n_{\phi} - \frac{\sqrt{3} \cdot g \cdot \sqrt{n_{\phi}} \left(n_{\phi} - k_3^2 \cdot n_{\phi} + 3 \cdot k_{v_g}^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}} \right)}{12 \cdot k_{v_g}}} \times \\ & \left[2 \cdot t_d + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\phi} - 1)}{V_T} + (n_{\phi} - 1) \cdot t_d + 2 \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi} \cdot \tau_{\text{н-р}} \right]. \end{aligned} \quad (2.46)$$

Штрафи (втрати) являють собою фіксовану ставку за невиконання або неповне виконання замовлень, залежать від обсягу виконаних робіт, і їх можна представити наступним чином

$$S_{\text{ш}} = \frac{C_{\text{ш}} \cdot Q_{\text{недоз}}}{Q_0}. \quad (2.47)$$

Підставивши вирази (2.43) і (2.41) у вираз визначення штрафів за невиконання або неповне виконання замовлень, маємо

– для випадку коли $q_{\text{н}} \cdot \gamma \geq G_{\text{max}}$

$$S_{\text{ш}} = 0, \quad (2.48)$$

– для випадку коли $G_{\text{min}} < q_{\text{н}} \cdot \gamma < G_{\text{max}}$

$$S_{\text{ш}} = - \frac{C_{\text{ш}} \cdot (6 \cdot k_{v_g} \sqrt{n_{\phi}} + 3\sqrt{3} \cdot k_{v_g}^2 + \sqrt{3} \cdot n_{\phi} - \sqrt{3} \cdot k_3^2 \cdot n_{\phi})}{3\sqrt{3} \cdot k_{v_g}^2 - 6 \cdot k_{v_g} \sqrt{n_{\phi}} + \sqrt{3} \cdot n_{\phi} - \sqrt{3} \cdot k_3^2 \cdot n_{\phi}}, \quad (2.49)$$

– для випадку коли $q_{\text{н}} \cdot \gamma \leq G_{\text{min}}$

$$S_{\text{ш}} = \frac{C_{\text{ш}} \cdot (18 \cdot k_{v_g} \sqrt{n_{\phi}} - 9\sqrt{3} \cdot k_{v_g}^2 + \sqrt{3} \cdot n_{\phi} - \sqrt{3} \cdot k_3^2 \cdot n_{\phi} - 12 \cdot k_3 \cdot k_{v_g} \sqrt{n_{\phi}})}{9\sqrt{3} \cdot k_{v_g}^2 - 6 \cdot k_{v_g} \sqrt{n_{\phi}} - \sqrt{3} \cdot n_{\phi} + \sqrt{3} \cdot k_3^2 \cdot n_{\phi} + 12 \cdot k_3 \cdot k_{v_g} \sqrt{n_{\phi}}}. \quad (2.50)$$

Таким чином, приведені логістичні витрати, пов'язані з доставкою вантажу і втратами за невиконання або неповне виконання замовлень при вирішенні завдання резервування ПМ парку РС, з урахуванням запасу за вантажністю, для торгових точок «дрібних» форматів будуть мати наступний вигляд

– для випадку коли $q_{\text{н}} \cdot \gamma \geq G_{\text{max}}$

$$\begin{aligned}
S_{\text{д}}^{\text{пп}} = & \frac{\left[2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\Phi} - 1) \right] \cdot \left(A_{3\text{М}} + \frac{B_{3\text{М}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\Phi}}{\gamma} \right)}{g \cdot n_{\Phi} - \frac{\sqrt{3} \cdot g \cdot \sqrt{n_{\Phi}} \left(n_{\Phi} - k_3^2 \cdot n_{\Phi} + 3 \cdot k_{v_g}^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\Phi}} \right)}{12 \cdot k_{v_g}}} + \\
& \times \frac{\left(A_{\text{пост}} + \frac{B_{\text{пост}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\Phi}}{\gamma} \right)}{g \cdot n_{\Phi} - \frac{\sqrt{3} \cdot g \cdot \sqrt{n_{\Phi}} \left(n_{\Phi} - k_3^2 \cdot n_{\Phi} + 3 \cdot k_{v_g}^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\Phi}} \right)}{12 \cdot k_{v_g}}} \times \\
& + \left[2 \cdot t_{\text{д}} + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\Phi} - 1)}{V_{\text{T}}} + n_{\Phi} \cdot t_{\text{д}} + 2 \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\Phi} \cdot \tau_{\text{н-р}} \right] \cdot
\end{aligned} \tag{2.51}$$

– для випадку коли $G_{\text{min}} < q_{\text{н}} \cdot \gamma < G_{\text{max}}$

$$\begin{aligned}
S_{\text{д}}^{\text{пп}} = & \frac{\left[2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\Phi} - 1) \right] \cdot \left(A_{3\text{М}} + \frac{B_{3\text{М}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\Phi}}{\gamma} \right)}{g \cdot n_{\Phi} - \frac{\sqrt{3} \cdot g \cdot \sqrt{n_{\Phi}} \left(n_{\Phi} - k_3^2 \cdot n_{\Phi} + 3 \cdot k_{v_g}^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\Phi}} \right)}{12 \cdot k_{v_g}}} + \\
& + \frac{\left(A_{\text{пост}} + \frac{B_{\text{пост}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\Phi}}{\gamma} \right)}{g \cdot n_{\Phi} - \frac{\sqrt{3} \cdot g \cdot \sqrt{n_{\Phi}} \left(n_{\Phi} - k_3^2 \cdot n_{\Phi} + 3 \cdot k_{v_g}^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\Phi}} \right)}{12 \cdot k_{v_g}}} \times \\
& \left[2 \cdot t_{\text{д}} + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\Phi} - 1)}{V_{\text{T}}} + n_{\Phi} \cdot t_{\text{д}} + 2 \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\Phi} \cdot \tau_{\text{н-р}} \right] - \\
& - \frac{C_{\text{ш}} \cdot (6 \cdot k_{v_g} \sqrt{n_{\Phi}} + 3\sqrt{3} \cdot k_{v_g}^2 + \sqrt{3} \cdot n_{\Phi} - \sqrt{3} \cdot k_3^2 \cdot n_{\Phi})}{3\sqrt{3} \cdot k_{v_g}^2 - 6 \cdot k_{v_g} \sqrt{n_{\Phi}} + \sqrt{3} \cdot n_{\Phi} - \sqrt{3} \cdot k_3^2 \cdot n_{\Phi}},
\end{aligned} \tag{2.52}$$

– для випадку коли $q_{\text{н}} \cdot \gamma \leq G_{\text{min}}$

$$\begin{aligned}
S_{\text{д}}^{\text{пр}} = & \frac{\left[2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\phi} - 1) \right] \cdot \left(A_{3\text{М}} + \frac{B_{3\text{М}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi}}{\gamma} \right)}{g \cdot n_{\phi} - \frac{\sqrt{3} \cdot g \cdot \sqrt{n_{\phi}} (n_{\phi} - k_3^2 \cdot n_{\phi} + 3 \cdot k_{v_g}^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}})}{12 \cdot k_{v_g}}} + \\
& + \frac{\left(A_{\text{пост}} + \frac{B_{\text{пост}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi}}{\gamma} \right) \cdot \left[2 \cdot t_{\text{д}} + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\phi} - 1)}{V_{\text{т}}} + n_{\phi} \cdot t_{\text{д}} + 2 \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi} \cdot \tau_{\text{н-р}} \right]}{g \cdot n_{\phi} - \frac{\sqrt{3} \cdot g \cdot \sqrt{n_{\phi}} (n_{\phi} - k_3^2 \cdot n_{\phi} + 3 \cdot k_{v_g}^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}})}{12 \cdot k_{v_g}}} + (2.53) \\
& + \frac{C_{\text{ш}} \cdot (18 \cdot k_{v_g} \sqrt{n_{\phi}} - 9\sqrt{3} \cdot k_{v_g}^2 + \sqrt{3} \cdot n_{\phi} - \sqrt{3} \cdot k_3^2 \cdot n_{\phi} - 12 \cdot k_3 \cdot k_{v_g} \sqrt{n_{\phi}})}{9\sqrt{3} \cdot k_{v_g}^2 - 6 \cdot k_{v_g} \sqrt{n_{\phi}} - \sqrt{3} \cdot n_{\phi} + \sqrt{3} \cdot k_3^2 \cdot n_{\phi} + 12 \cdot k_3 \cdot k_{v_g} \sqrt{n_{\phi}}}.
\end{aligned}$$

В підрозділі 2.2 визначено, що попит на маршруті при доставці продовольчих товарів у торгові точки «великих» форматів, типу супермаркет та гіпермаркет описується трикутним законом розподілу (Сімпсона), то щільність розподілу сумарного попиту на маршруті має вигляд

$$\begin{cases} f_1(x) = \frac{2 \cdot (x - G_{\min})}{(G_{\max} - G_{\min}) \cdot (G - G_{\min})} \text{ при } x \leq G; \\ f_2(x) = \frac{2 \cdot (G_{\max} - x)}{(G_{\max} - G_{\min}) \cdot (G_{\max} - G)} \text{ при } x > G. \end{cases} \quad (2.54)$$

де G_{\max} – максимальне значення попиту на маршруті, т;

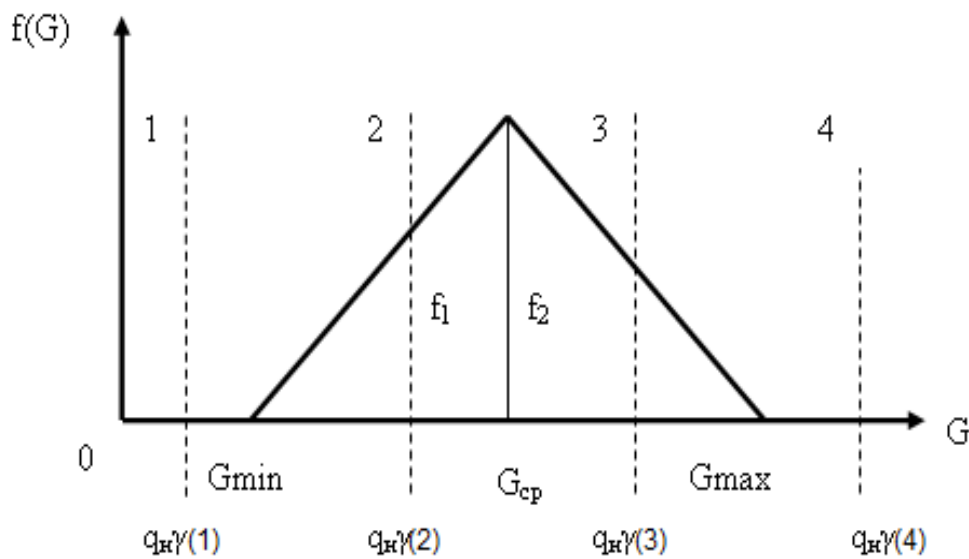
G_{\min} – мінімальне значення попиту на маршруті, т.

Максимальне і мінімальне значення попиту на маршруті при даному законі розподілу мають наступний вид

$$\begin{cases} G_{\max} = G + 3 \cdot \sigma; \\ G_{\min} = G - 3 \cdot \sigma. \end{cases} \quad (2.55)$$

В такому випадку, обсяг недопоставки вантажу в торгові точки по маршруту при врахуванні можливих випадків (рис. 2.11) має наступний вид

$$Q_{\text{недоз}} = \begin{cases} \int_{G_{\min}}^G f_1(x) \cdot x dx + \int_G^{G_{\max}} f_2(x) \cdot x dx + (G_{\min} - q_H \cdot \gamma) & \text{при } q_H \cdot \gamma \leq G_{\min} \\ q_H \cdot \gamma & \text{при } G_{\min} < q_H \cdot \gamma \leq G \\ \int_{q_H \cdot \gamma}^{G_{\max}} f_2(x) \cdot x dx & \text{при } G < q_H \cdot \gamma < G_{\max} \\ 0 & \text{при } q_H \cdot \gamma \geq G_{\max} \end{cases} \quad (2.56)$$



- 1 — випадок, коли фактична вантажність автомобіля менше мінімального попиту на маршруті,
- 2 — випадок, коли фактична вантажність автомобіля більше мінімального попиту на маршруті, але не менше середнього значення;
- 3 — випадок, коли фактична вантажність автомобіля більше середнього значення, але менше максимального попиту на маршруті;
- 4 — випадок, коли фактична вантажність автомобіля більше максимального попиту на маршруті.

Рис. 2.11. Функція щільності розподілу сумарного попиту на маршруті

Підставивши (2.54)-(2.55) в (2.56) і вирішивши його, маємо

$$Q_{\text{недоз}} = \begin{cases} -g \cdot (3 \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_\phi} - 2 \cdot n_\phi + k_3 \cdot n_\phi) & \text{при } q_H \cdot \gamma \leq G_{\min}; \\ \frac{g \cdot \sqrt{n_\phi} (k_{v_g} + \sqrt{n_\phi})}{2} - \frac{g \cdot (k_3 - 1) \cdot (9 \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_\phi}^3}{54 \cdot k_{v_g}^2} - \frac{k_3 \cdot n_\phi^2 - n_\phi^2 + 2 \cdot k_3^2 \cdot n_\phi^2 + 9 \cdot k_3 \cdot k_{v_g} \cdot g \cdot \sqrt{n_\phi}^3}{54 \cdot k_{v_g}^2} & \\ \text{при } G_{\min} < q_H \cdot \gamma \leq G; \\ \frac{g \cdot \sqrt{n_\phi} \cdot (3 \cdot k_{v_g} - k_3 \cdot \sqrt{n_\phi} + \sqrt{n_\phi})^2 \cdot (3 \cdot k_{v_g} + 2 \cdot k_3 \cdot \sqrt{n_\phi} + \sqrt{n_\phi})}{54 \cdot k_{v_g}^2} & \\ \text{при } G < q_H \cdot \gamma < G_{\max}; \\ 0 & \text{при } q_H \cdot \gamma \geq G_{\max}. \end{cases} \quad (2.57)$$

Підставивши вирази (2.57) у вираз (2.47), маємо

– для випадку, коли $q_H \cdot \gamma \leq G_{\min}$

$$S_{\text{ш}} = \frac{C_{\text{ш}} \cdot (2 \cdot n_\phi - 3 \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_\phi} - 2 \cdot k_3 \cdot n_\phi)}{n_\phi}, \quad (2.58)$$

– для випадку, коли $G_{\min} < q_H \cdot \gamma \leq G$

$$S_{\text{ш}} = \frac{54 \cdot k_{v_g}^2 C_{\text{ш}} \cdot \left[\frac{g \cdot \sqrt{n_\phi} (k_{v_g} + \sqrt{n_\phi})}{2} - \frac{g \cdot (k_3 - 1) \cdot (9 \cdot k_{v_g} \cdot n_\phi^{\frac{3}{2}} + k_3 \cdot n_\phi^2 - n_\phi^2 + 2 \cdot k_3^2 \cdot n_\phi^2 + 9 \cdot k_3 \cdot k_{v_g} \cdot n_\phi^{\frac{3}{2}})}{54 \cdot k_{v_g}^2} \right]}{g \cdot \sqrt{n_\phi} \cdot (2 \cdot k_3 \cdot \sqrt{n_\phi} - 3 \cdot k_{v_g} + \sqrt{n_\phi}) \cdot (3 \cdot k_{v_g} + k_3 \cdot \sqrt{n_\phi} - \sqrt{n_\phi})^2}, \quad (2.59)$$

– для випадку, коли $G < q_H \cdot \gamma < G_{\max}$

$$S_{\text{ш}} = \frac{C_{\text{ш}} \cdot g \cdot \sqrt{n_\phi} (3 \cdot k_{v_g} - k_3 \cdot \sqrt{n_\phi} + \sqrt{n_\phi})^2 \cdot (3 \cdot k_{v_g} + 2 \cdot k_3 \cdot \sqrt{n_\phi} + \sqrt{n_\phi})}{54 \cdot k_{v_g}^2 \left[\frac{g \cdot (n_\phi - k_{v_g} \cdot \sqrt{n_\phi})}{2} + \frac{g \cdot (k_3 - 1) \cdot (k_3 \cdot n_\phi^2 + 9 \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_\phi}^3 + n_\phi^2 - 2 \cdot k_3^2 \cdot n_\phi^2 + 9 \cdot k_3 \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_\phi}^3)}{54 \cdot k_{v_g}^2} \right]}, \quad (2.60)$$

– для випадку, коли $q_H \cdot \gamma \geq G_{\max}$

$$S_{III} = 0. \quad (2.61)$$

Отже приведені логістичні витрати при резервуванні ПМ парку РС за рахунок створення запасу за вантажністю для торгових точок «великих» форматів

– для випадку коли $q_n \cdot \gamma \leq G_{\min}$

$$S_{\text{д}}^{\text{пр}} = \frac{\left[2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\phi} - 1) \right] \cdot \left(A_{3\text{М}} + \frac{B_{3\text{М}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi}}{\gamma} \right)}{g \cdot (n_{\phi} - k_{v_g})} +$$

$$+ \frac{\left(A_{\text{пост}} + \frac{B_{\text{пост}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi}}{\gamma} \right)}{g \cdot n_{\phi}} \times$$

$$\times \left[2 \cdot t_{\text{д}} + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\phi} - 1)}{V_{\text{T}}} + n_{\phi} \cdot t_{\text{д}} + 2 \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi} \cdot \tau_{\text{н-р}} \right] +$$

$$+ \frac{C_{\text{ш}} \cdot (2 \cdot n_{\phi} - 3 \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}} - 2 \cdot k_3 \cdot n_{\phi})}{n_{\phi}}, \quad (2.62)$$

– для випадку коли $G_{\min} < q_n \cdot \gamma \leq G$

$$S_{\text{д}}^{\text{пр}} = \frac{54 \cdot k_{v_g}^2 \left[2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\phi} - 1) \right] \cdot \left(A_{3\text{М}} + \frac{B_{3\text{М}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi}}{\gamma} \right)}{g \cdot \sqrt{n_{\phi}} \cdot (2 \cdot k_3 \cdot \sqrt{n_{\phi}} - 3 \cdot k_{v_g} + \sqrt{n_{\phi}}) \cdot (3 \cdot k_{v_g} + k_3 \cdot \sqrt{n_{\phi}} - \sqrt{n_{\phi}})^2} +$$

$$+ \frac{\left(A_{\text{пост}} + \frac{B_{\text{пост}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi}}{\gamma} \right) \cdot \left[2 \cdot t_{\text{д}} + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\phi} - 1)}{V_{\text{T}}} + (n_{\phi} - 1) \cdot t_{\text{д}} + 2 \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi} \cdot \tau_{\text{н-р}} \right]}{g \cdot \sqrt{n_{\phi}} \cdot (2 \cdot k_3 \cdot \sqrt{n_{\phi}} - 3 \cdot k_{v_g} + \sqrt{n_{\phi}}) \cdot (3 \cdot k_{v_g} + k_3 \cdot \sqrt{n_{\phi}} - \sqrt{n_{\phi}})^2} +$$

$$+ \frac{54 \cdot k_{v_g}^2 C_{\text{ш}} \cdot \left[\frac{g \cdot \sqrt{n_{\phi}} (k_{v_g} + \sqrt{n_{\phi}})}{2} - \frac{g \cdot (k_3 - 1) \cdot (9 \cdot k_{v_g} \cdot n_{\phi}^{\frac{3}{2}} + k_3 \cdot n_{\phi}^2 - n_{\phi}^2 + 2 \cdot k_3^2 \cdot n_{\phi}^2 + 9 \cdot k_3 \cdot k_{v_g} \cdot n_{\phi}^{\frac{3}{2}})}{54 \cdot k_{v_g}^2} \right]}{g \cdot \sqrt{n_{\phi}} \cdot (2 \cdot k_3 \cdot \sqrt{n_{\phi}} - 3 \cdot k_{v_g} + \sqrt{n_{\phi}}) \cdot (3 \cdot k_{v_g} + k_3 \cdot \sqrt{n_{\phi}} - \sqrt{n_{\phi}})^2}. \quad (2.63)$$

– для випадку коли $G < q_H \cdot \gamma < G_{\max}$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{д}}^{\text{пр}} = & \frac{\left[2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\phi} - 1) \right] \cdot \left(A_{3\text{М}} + \frac{B_{3\text{М}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi}}{\gamma} \right)}{\frac{g \cdot (n_{\phi} - k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}})}{2} + \frac{g \cdot (k_3 - 1) \cdot (k_3 \cdot n_{\phi}^2 + 9 \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}^3} + n_{\phi}^2 - 2 \cdot k_3^2 \cdot n_{\phi}^2 + 9 \cdot k_3 \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}^3})}{54 \cdot k_{v_g}^2}} + \\
 & \left(A_{\text{пост}} + \frac{B_{\text{пост}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi}}{\gamma} \right) \cdot \left[2 \cdot t_{\text{д}} + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\phi} - 1)}{V_{\text{Т}}} + (n_{\phi} - 1) \cdot t_{\text{д}} + 2 \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi} \cdot \tau_{\text{н-р}} \right] + \\
 & \frac{g \cdot (n_{\phi} - k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}})}{2} + \frac{g \cdot (k_3 - 1) \cdot (k_3 \cdot n_{\phi}^2 + 9 \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}^3} + n_{\phi}^2 - 2 \cdot k_3^2 \cdot n_{\phi}^2 + 9 \cdot k_3 \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}^3})}{54 \cdot k_{v_g}^2} + \\
 & \frac{C_{\text{ш}} \cdot g \cdot \sqrt{n_{\phi}} (3 \cdot k_{v_g} - k_3 \cdot \sqrt{n_{\phi}} + \sqrt{n_{\phi}})^2 \cdot (3 \cdot k_{v_g} + 2 \cdot k_3 \cdot \sqrt{n_{\phi}} + \sqrt{n_{\phi}})}{54 \cdot k_{v_g}^2} \left[\frac{g \cdot (n_{\phi} - k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}})}{2} + \frac{g \cdot (k_3 - 1) \cdot (k_3 \cdot n_{\phi}^2 + 9 \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}^3} + n_{\phi}^2 - 2 \cdot k_3^2 \cdot n_{\phi}^2 + 9 \cdot k_3 \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}^3})}{54 \cdot k_{v_g}^2} \right], \quad (2.64)
 \end{aligned}$$

– для випадку коли $q_H \cdot \gamma \geq G_{\max}$

$$\begin{aligned}
 S_{\text{д}}^{\text{пр}} = & \frac{\left[2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\phi} - 1) \right] \cdot \left(A_{3\text{М}} + \frac{B_{3\text{М}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi}}{\gamma} \right)}{\frac{g \cdot (n_{\phi} - k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}})}{2} + \frac{g \cdot \sqrt{n_{\phi}} \cdot (\sqrt{n_{\phi}} + k_{v_g})}{2}} + \\
 & \left(A_{\text{пост}} + \frac{B_{\text{пост}} \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi}}{\gamma} \right) \times \\
 & \frac{g \cdot (n_{\phi} - k_{v_g} \cdot \sqrt{n_{\phi}})}{2} + \frac{g \cdot \sqrt{n_{\phi}} \cdot (\sqrt{n_{\phi}} + k_{v_g})}{2} \\
 & \left[2 \cdot t_{\text{д}} + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_{\phi} - 1)}{V_{\text{Т}}} + (n_{\phi} - 1) \cdot t_{\text{д}} + 2 \cdot g \cdot k_3 \cdot n_{\phi} \cdot \tau_{\text{н-р}} \right]. \quad (2.65)
 \end{aligned}$$

Для знаходження оптимуму за фактичною кількістю пунктів заїзду та коефіцієнту запасу за вантажністю необхідно знайти похідні по k_3 і n_{ϕ} математичної моделі і вирішити систему рівнянь. Похідні отриманої математичної моделі визначення загальних витрат на доставку продукції з урахуванням штрафів є ірраціональними рівняннями. Тому отримання аналітичного рішення при використанні моделі в даному вигляді неможливо. Необхідно використовувати чисельні

методи рішення. Для забезпечення можливості аналітичного рішення необхідно модель, по-можливості, спростити, але без втрати необхідного рівня деталізації і точності. Визначити закономірності впливу зовнішніх чинників і внутрішніх параметрів системи доставки на приведені логістичні витрати аналітично неможливо, можна тільки за допомогою чисельного експерименту.

При другій постановці задачі при резервуванні ПМ парку РС при залученні резервних одиниць вважаємо, що пункти завою, в які не був завезений вантаж основним парком РС, також розташовані на території району обслуговування рівномірно. Тоді, щільність дислокації торговельних точок для роботи резервного парку РС (λ_p , од/км²) складе

$$\lambda_p = \lambda \cdot P_{\text{недоз}}. \quad (2.66)$$

Вантажність автомобілів резервного транспорту не відрізняється від основного через універсальності деталей та можливості ротації автомобілів на маршруті, а кількість пунктів заїзду на маршруті резервного і основного транспорту однакова. Однак на відміну від першої постановки задачі, вантажність автомобіля підбирається без урахування коефіцієнта запасу за вантажністю. Таким чином, обсяги завезення продукції на маршруті, обсяги недопоставки основного і резервного парку РС не відрізняються, але при цьому самі маршрути будуть відрізнятися (відстань між суміжними пунктами заїзду, довжина і час обертю).

Середній пробіг автомобілів між суміжними пунктами заїзду на маршруті резервного парку РС, $l_{(i-1)-i_p}$, км визначається по формулі

$$l_{(i-1)-i_p} = 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda_p}}. \quad (2.67)$$

Довжина обертю на маршруті резервного транспорту, $l_{\text{об}_p}$, км, розраховується за формулою

$$l_{\text{об}_p} = 2 \cdot l_i + (n_3 - 1) \cdot l_{(i-1)-i_p}. \quad (2.68)$$

Час обертю резервного парку РС ($t_{\text{об}_p}$, год) визначається за такою залежністю

$$t_{\text{обп}} = \frac{l_{\text{обп}}}{V_{\text{T}}} + t_{\text{н-р}} + n_3 \cdot t_{\text{д}}. \quad (2.69)$$

Для визначення загального обсягу перевезеного вантажу основним і резервним парком РС необхідно визначити частки вантажу, який завезено відповідно основним і резервним парком РС. Частка вантажу, завезеного основним парком РС, (ω_1), представляє відношення обсягу завезеного вантажу основним парком РС до загального обсягу замовлень, тобто

$$\omega_1 = \frac{Q_{\text{зам}} - Q_{\text{недоз}}}{Q_{\text{зам}}}. \quad (2.70)$$

Для визначення витрат на перевезення вантажу резервним транспортом необхідно визначити частку транспортних засобів резервних по відношенню до основних δ_p

$$\delta_p = \frac{A_p}{A_o}, \quad (2.71)$$

де A_p – кількість резервних автомобілів, які використовуються для доставки, од;

A_o – кількість автомобілів основного парку РС, од., яку можна представити як

$$\delta_p = \delta_{\text{об}}^p \cdot \delta_{\text{зр}} \cdot P_{\text{недоз}}, \quad (2.72)$$

де $\delta_{\text{об}}^p$ – коефіцієнт кратності часу оберту резервного парку РС до основного

$$\delta_{\text{об}}^p = \frac{t_{\text{обп}}}{t_{\text{об}}}. \quad (2.73)$$

Частка вантажу, що завезена резервним транспортом від обсягу замовлень (ω_2), буде мати вигляд

$$\omega_2 = \frac{Q_{\text{зав}}^{\text{рез}} \cdot (1 - \omega_1)}{Q_{\text{заяв}}}, \quad (2.74)$$

де $Q_{\text{зав}}^{\text{рез}}$ – обсяг вантажу, завезений резервним транспортом на маршруті (відповідає обсягу вантажу, який перевезений основним парком РС на маршруті).

Загальні витрати на перевезення вантажу резервним парком РС складуть

$$B_p = C_{\text{зм}} \cdot l_{\text{об}_p} \delta_{\text{об}}^p \cdot P_{\text{недоз}} + C_{\text{пост}} \cdot t_{\text{об}_p} \cdot \delta_p. \quad (2.75)$$

Загальні витрати, викликані штрафами за недопоставку товарів основним і резервним парком РС ($B_{\text{ш}}^{\text{о-р}}$, грн.) складуть

$$B_{\text{ш}}^{\text{о-р}} = C_{\text{ш}} \cdot Q_{\text{недоз}}^{\text{о-р}}, \quad (2.76)$$

де $Q_{\text{недоз}}^{\text{о-р}}$ – загальний обсяг недопоставки товарів у роздрібну торговельну мережу після роботи основного і резервного парку РС

$$Q_{\text{недоз}}^{\text{о-р}} = Q_{\text{зам}} \cdot (1 - \omega_{1-2}), \quad (2.77)$$

де ω_{1-2} – частка обсягу вантажу, яка перевозиться основним і резервним парком РС у цілому

$$\omega_{1-2} = \omega_1 + (1 - \omega_1) \cdot \omega_2. \quad (2.78)$$

Виходячи з цього, фактично перевезений обсяг вантажу основним і резервним парком РС складе

$$Q_o^{\text{о-р}} = Q_{\text{зам}} \cdot \omega_{1-2}. \quad (2.79)$$

Фактично перевезений обсяг вантажу основним і резервним парком РС:

– при доставці товарів в торгові точки «дрібних» форматів

$$Q_o^{\text{о-р}} = \frac{g \cdot \left(40 \cdot n_3 - \frac{3\sqrt{3} \cdot k_{v_g}^3}{\sqrt{n_3}} - 6 \cdot k_{v_g}^2 - 12\sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_3} \right)}{64}, \quad (2.80)$$

– при доставці товарів в торгові точки «великих» форматів

$$Q_0^{o-p} = \frac{g \cdot \left(5 \cdot n_3 - \frac{k_{vg}^3}{\sqrt{n_3}} - k_{vg}^2 - 3 \cdot k_{vg} \cdot \sqrt{n_3} \right)}{8}. \quad (2.81)$$

Обсяг недопоставки на маршруті, як основним, так і резервним парком РС буде мати вигляд:

– при доставці товарів в торгові точки «дрібних» форматів

$$Q_{недоз}^{o-p} = \frac{g \cdot \sqrt{n_3} \cdot \left(2 \cdot \sqrt{n_3} + \sqrt{3} \cdot k_{vg} \right)}{4}, \quad (2.82)$$

– при доставці товарів в торгові точки «великих» форматів

$$Q_{недоз}^{o-p} = \frac{g \cdot \sqrt{n_3} \cdot \left(k_{vg} + \sqrt{n_3} \right)}{2}. \quad (2.83)$$

Штрафи за недопоставку товарів на маршруті в умовах перманентних коливань попиту після роботи основного та додаткового парку РС при доставці товарів

– в торгові точки «дрібних» форматів

$$B_{ш}^{o-p} = \frac{3 \cdot C_{ш} \cdot g \cdot \left(2 \cdot \sqrt{n_3} + \sqrt{3} \cdot k_{vg} \right) \cdot \left(k_{vg}^2 + 4 \cdot n_3 \right)}{64 \cdot \sqrt{n_3}}, \quad (2.84)$$

- в торгові точки «великих» форматів

$$B_{ш}^{o-p} = \frac{C_{ш} \cdot g \cdot \left(3 \cdot n_3 + 3 \cdot k_{vg} \cdot \sqrt{n_3} + k_{vg}^2 + \frac{k_{vg}^3}{\sqrt{n_3}} \right)}{8}. \quad (2.85)$$

Витрати на перевезення вантажу основним парком РС визначаються з (2.44) при доставці в торгові точки як «великих», так і «дрібних» форматів складе

$$B_{\text{тр}} = \left[2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_3 - 1) \right] \cdot \left(A_{3\text{М}} + \frac{B_{3\text{М}} \cdot g \cdot n_3}{\gamma} \right) + \left(A_{\text{пост}} + \frac{B_{\text{пост}} \cdot g \cdot n_3}{\gamma} \right) \times$$

$$\times \left[2 \cdot t_{\text{д}} + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_3 - 1)}{V_t} + (n_3 - 1) \cdot t_{\text{д}} + 2 \cdot g \cdot n_3 \cdot \tau_{\text{н-р}} \right]. \quad (2.86)$$

Витрати на перевезення вантажу резервним парком РС при доставці в торгові точки як «дрібних», так і «великих» форматів визначається за (2.35) і складе

$$B_{\text{р}} = \frac{\delta_{\text{р}} \cdot \left(A_{\text{пост}} + \frac{B_{\text{пост}} \cdot g \cdot n_3}{\gamma} \right) \cdot \left[2 \cdot t_{\text{д}} + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_3 - 1)}{V_{\text{т}}} + (n_3 - 1) \cdot t_{\text{д}} + 2 \cdot g \cdot n_3 \cdot \tau_{\text{н-р}} \right]^2}{4 \cdot t_{\text{д}} + \frac{4 \cdot l_i + 1,52 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_3 - 1)}{V_{\text{т}}} + 2 \cdot (n_3 - 1) \cdot t_{\text{д}} + 4 \cdot g \cdot n_3 \cdot \tau_{\text{н-р}}} +$$

$$+ \frac{\left[2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_3 - 1) \right] \cdot \left(A_{3\text{М}} + \frac{B_{3\text{М}} \cdot g \cdot n_3}{\gamma} \right) \cdot \left[2 \cdot t_{\text{д}} + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_3 - 1)}{V_{\text{т}}} + (n_3 - 1) \cdot t_{\text{д}} + 2 \cdot g \cdot n_3 \cdot \tau_{\text{н-р}} \right]}{4 \cdot t_{\text{д}} + \frac{4 \cdot l_i + 1,52 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_3 - 1)}{V_{\text{т}}} + 2 \cdot (n_3 - 1) \cdot t_{\text{д}} + 4 \cdot g \cdot n_3 \cdot \tau_{\text{н-р}}}. \quad (2.87)$$

Таким чином, приведені логістичні витрати, пов'язані з доставкою вантажу і втратами за невиконання або неповне виконання заявок при вирішенні завдання резервування ПМ парку РС, з урахуванням резервного парку РС, що перебуває на балансі підприємства, будуть мати наступний вигляд

$$S_{\text{д}}^{\text{о-р}} = \frac{B_{\text{р}} + B_{\text{ш}}^{\text{о-р}} + B_{\text{тр}}}{Q_{\text{ф}}^{\text{о-р}}}. \quad (2.88)$$

Підставивши (2.84)-(2.87) і (2.81)-(2.82) у (2.88) отримаємо сумарні приведені логістичні витрати на доставку вантажу з урахуванням втрат за недопоставку товарів при резервуванні ПМ парку РС, за рахунок кількісного збільшення парку РС.

Для знаходження оптимуму за кількістю пунктів заїзду та коефіцієнта запасу ПМ резервного парку РС, необхідно знайти окремі

похідні математичної моделі і вирішити систему рівнянь. Похідні отриманої математичної моделі визначення приведених логістичних витрат на доставку продукції з урахуванням втрат від недопоставки товарів є ірраціональними рівняннями як і при рішенні задачі резервування ПМ за рахунок запасу за вантажністю. Тому отримання аналітичного рішення при використанні моделі в даному вигляді неможливо. Необхідно використовувати чисельні методи рішення.

При резервуванні ПМ парку РС, за рахунок використання залученого парку РС, у разі, коли попит на перевезення перевищує ПМ основного парку РС, коефіцієнт, що показує частку орендних транспортних засобів до основних (δ_3) визначається аналогічно (2.73), але створювати запас ПМ залученого парку РС недоцільно, і складе

$$\delta_3 = \delta_{об}^{пр} \cdot P_{недоз}, \quad (2.89)$$

де $\delta_{об}^{пр}$ – коефіцієнт кратності часу оборту залученого парку РС до основного, який розраховується за формулою (2.73), однак в даному випадку використовується відношення часу оборту залученого парку РС до основного. Загальні витрати на перевезення вантажу залученим автомобілем складуть

$$B_{т}^{пр} = 1,5 \cdot \delta_3 \cdot (C_{зм} \cdot l_{об_{ар}} + C_{пост} \cdot t_{об_{ар}}), \quad (2.90)$$

де 1,5 – коефіцієнт, що представляє відношення витрат, викликаних взяттям транспортного засобу в оренду і собівартістю перевезення (визначається емпіричним шляхом, на підставі існуючих пропозицій на ринку транспортних послуг, представлений у додатку Б).

При розгляді задачі мінімізації витрат на доставку вантажу за рахунок резервування ПМ парку РС при використанні залученого парку РС, необхідно визначити раціональну кількість пунктів заїзду на маршруті залученого парку РС.

Сумарний обсяг замовлень на маршруті залученого парку РС складе

$$G_a = g \cdot m, \quad (2.91)$$

де m – кількість пунктів заїзду на маршруті залученого парку РС, од.

Коефіцієнт варіації (k_{v_a}) і середньоквадратичне відхилення (σ_a) попиту на маршруті залученого парку РС визначається аналогічно формулам (2.32-2.33) і становитиме відповідно

$$k_{v_a} = \frac{k_{v_g}}{\sqrt{m}}, \quad (2.92)$$

$$\sigma_a = k_{v_a} \cdot G_a. \quad (2.93)$$

Довжина оберту на маршруті залученого транспорту, $l_{об}^{п\text{р}}$, км, розраховується аналогічно формулі (2.26) і складе

$$l_{об}^{п\text{р}} = 2l_i + (m-1)l_{(i-1)-i}^{п\text{р}}, \quad (2.94)$$

де $l_{(i-1)-i}^{п\text{р}}$ – відстань між суміжними пунктами заїзду на маршруті залученого транспорту, км.

Час оберту на маршруті залученого парку РС визначається аналогічно формулі (2.30) і складе

$$t_{об}^{п\text{р}} = \frac{l_{об}^{п\text{р}}}{V_T} + t_{н-р}^{п\text{р}} + m \cdot t_d, \quad (2.95)$$

де $l_{об}^{п\text{р}}$ – довжина оберту на маршруті залученого транспорту, км.,

$t_{н-р}^{п\text{р}}$ – час на навантаження-розвантаження, год.

Час навантаження-розвантаження залученого парку РС розраховується аналогічно формулі (2.28), і для залученого парку РС складе

$$t_{н-р}^{п\text{р}} = 2 \cdot (t_d + q_n^{п\text{р}} \cdot \gamma \cdot \tau_{н-р}), \quad (2.96)$$

де $q_n^{п\text{р}}$ – номінальна вантажність залученого парку РС, т.

Максимальне і мінімальне значення попиту на маршруті залученого транспорту розраховується за формулою (2.37) для випадку, коли здійснюється доставка в торгові точки «дрібних» форматів, і за формулою (2.55) при доставці в торгові точки «великих» форматів.

Виходячи з того, що вантажності основних і залучених автомобілів відрізняються, то й змінні та постійні складові витрат, обсяги замовлень на маршруті, обсяги завезення і недопоставки різні.

Підставивши (2.34) або (2.54) – в залежності від формату торгової точки, в яку здійснюється завезення у формули (2.38) та (2.54), і, вирішивши їх, маємо обсяг недопоставки на маршруті залученого автомобіля

– при доставці в торгові точки «дрібних» форматів

$$Q_{\text{недоз}}^{\text{пр}} = \frac{g \cdot \sqrt{m} \cdot (2 \cdot \sqrt{m} + \sqrt{3} \cdot k_{vg})}{4}, \quad (2.97)$$

– при доставці в торгові точки «великих» форматів

$$Q_{\text{недоз}}^{\text{пр}} = \frac{g \cdot \sqrt{m} \cdot (\sqrt{m} + k_{vg})}{2}. \quad (2.98)$$

Обсяг замовлень на перевезення залученим транспортом

$$Q_{\text{заяв}}^{\text{пр}} = \frac{G_{\text{max}}^{\text{пр}} + G_{\text{min}}^{\text{пр}}}{2}, \quad (2.99)$$

де $G_{\text{max}}^{\text{пр}}$, $G_{\text{min}}^{\text{пр}}$ – максимальний і мінімальний попит на маршруті залученого парку РС, т.

Обсяг завезення в торгові точки, які обслуговувались на одному маршруті залученим транспортом складе

$$Q_{\text{зав}}^{\text{пр}} = \int_{G_{\text{min}}^{\text{пр}}}^{q_{\text{н}}^{\text{пр}} \cdot \gamma} f_a \cdot x dx, \quad (2.100)$$

де f_a – функція щільності розподілу попиту на маршруті залученого транспорту (рівномірний для торгових точок «дрібних» форматів; трикутний (Симпсона) – для торгових точок «великих» форматів).

Частка обсягу вантажу, яка завезена залученим транспортом (ω_3), розраховується за формулою

$$\omega_3 = \frac{Q_{\text{завар}} \cdot (1 - \omega_1)}{Q_{\text{зам}}}. \quad (2.101)$$

Загальний обсяг недопоставки товарів у роздрібну торговельну мережу після роботи основного та залученого парку РС ($Q_{\text{недоз}}^{\text{о-пр}}$, т) складає

$$Q_{\text{недоз}}^{\text{о-пр}} = Q_{\text{зам}} \cdot (1 - \omega_{1-3}), \quad (2.102)$$

де ω_{1-3} – частка обсягу вантажу, перевезена основним і залученим парком РС у цілому, і складе

$$\omega_{1-3} = \omega_1 + (1 - \omega_1) \cdot \omega_3. \quad (2.103)$$

Виходячи з цього, фактично перевезений обсяг вантажу основним і залученим парком РС складе

$$Q_o^{\text{о-пр}} = Q_{\text{зам}} \cdot \omega_{1-3}. \quad (2.104)$$

Фактично перевезений обсяг вантажу основним і залученим парком РС:

– при доставці товарів в торгові точки «дрібних» форматів

$$Q_o^{\text{о-пр}} = \frac{g \cdot \left(40 \cdot n_3 - \frac{3\sqrt{3} \cdot k_{v_g}^3}{\sqrt{m}} + 6 \cdot k_{v_g}^2 - \frac{12 \cdot k_{v_g}^2 \cdot \sqrt{n_3}}{\sqrt{m}} - 8\sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_3} - \frac{4\sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot n_3}{\sqrt{m}} \right)}{64}, \quad (2.105)$$

– при доставці товарів в торгові точки «великих» форматів

$$Q_o^{\text{о-пр}} = \frac{g \cdot \left(5 \cdot n_3 - 2 \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_3} + k_{v_g}^2 - \frac{k_{v_g}^3}{\sqrt{m}} - \frac{2 \cdot k_{v_g}^2 \cdot \sqrt{n_3}}{\sqrt{m}} - \frac{k_{v_g} \cdot n_3}{\sqrt{m}} \right)}{8}. \quad (2.106)$$

Обсяг недопостачання товарів на маршруті при доставці залученим парком РС

– при доставці товарів в торгові точки «дрібних» форматів

$$Q_{\text{недоз}}^{\text{пр}} = \frac{g \cdot \sqrt{m} \cdot (2 \cdot \sqrt{m} + \sqrt{3} \cdot k_{v_g})}{4}, \quad (2.107)$$

– при доставці товарів в торгові точки «великих» форматів

$$Q_{\text{недоз}}^{\text{пр}} = \frac{g \cdot \sqrt{m} \cdot (k_{v_g} + \sqrt{m})}{2}. \quad (2.108)$$

Штрафи за недопоставку товарів при доставці товарів в торгові точки «дрібних» форматів складуть

$$B_{\text{ш}} = \frac{C_{\text{ш}} \cdot g \cdot \left(24 \cdot n_3 - 6 \cdot k_{v_g}^2 + \frac{3 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g}^3}{\sqrt{m}} + \frac{12 \cdot k_{v_g}^2 \cdot \sqrt{n_3}}{\sqrt{m}} + 8 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot \sqrt{n_3} + \frac{4 \cdot \sqrt{3} \cdot k_{v_g} \cdot n_3}{\sqrt{m}} \right)}{64}, \quad (2.109)$$

а в торгові точки «великих» форматів

$$B_{\text{ш}} = \frac{C_{\text{ш}} \cdot g \cdot (k_{v_g} + \sqrt{n_3}) \cdot (k_{v_g} \cdot \sqrt{n_3} - k_{v_g} \cdot \sqrt{m} + k_{v_g}^2 + 3 \cdot \sqrt{m} \cdot \sqrt{n_3})}{8 \cdot \sqrt{m}}. \quad (2.110)$$

Витрати на перевезення вантажу основним парком РС без врахування запасу за вантажністю при доставці в торгові точки «великих» і «дрібних» форматів в роздрібну торговельну мережу складе

$$B_{\text{тр}} = \left[2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_3 - 1) \right] \cdot \left(A_{\text{зМ}} + \frac{B_{\text{зМ}} \cdot g \cdot n_3}{\gamma} \right) + \left(A_{\text{пост}} + \frac{B_{\text{пост}} \cdot g \cdot n_3}{\gamma} \right) \times$$

$$\times \left[2 \cdot t_{\text{д}} + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_3 - 1)}{V_{\text{т}}} + (n_3 - 1) \cdot t_{\text{д}} + 2 \cdot g \cdot n_3 \cdot \tau_{\text{н-р}} \right]. \quad (2.111)$$

Витрати на перевезення вантажу залученим парком РС при доставці в торгові точки «дрібних» і «великих» форматів роздрібною торговельною мережею в умовах перманентних коливань попиту з врахуванням коефіцієнту, що представляє відношення витрат, викликаних взяттям транспортного засобу в оренду і собівартістю перевезення, складе

$$\begin{aligned}
B_{\text{пр}} = & \frac{\left[1,5 \cdot \left(A_{\text{пост}} + \frac{B_{\text{пост}} \cdot g \cdot m}{\gamma} \right) \cdot \left[2 \cdot t_{\text{д}} + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (m-1)}{V_{\text{т}}} + (m-1) \cdot t_{\text{д}} + 2 \cdot g \cdot m \cdot \tau_{\text{н-р}} \right] \right]}{4 \cdot l_i + 1,52 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_3 - 1) + 2 \cdot (n_3 - 1) \cdot t_{\text{д}} + 4 \cdot g \cdot n_3 \cdot \tau_{\text{н-р}}} + \\
& + \frac{1,5 \cdot \left[2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (m-1) \right] \cdot \left(A_{\text{зм}} + \frac{B_{\text{зм}} \cdot g \cdot m}{\gamma} \right) \cdot \left[2 \cdot t_{\text{д}} + \frac{2 \cdot l_i + 0,76 \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (m-1)}{V_{\text{т}}} + (m-1) \cdot t_{\text{д}} + 2 \cdot g \cdot m \cdot \tau_{\text{н-р}} \right]}{4 \cdot t_{\text{д}} + \frac{4 \cdot l_i + 1,52 \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}} \cdot (n_3 - 1)}{V_{\text{т}}} + 2 \cdot (n_3 - 1) \cdot t_{\text{д}} + 4 \cdot g \cdot n_3 \cdot \tau_{\text{н-р}}} \quad (2.112)
\end{aligned}$$

Таким чином, сумарні приведені логістичні витрати, пов'язані з доставкою вантажу з врахуванням втрат за невиконання або неповне виконання замовлень при вирішенні завдання резервування ПМ парку РС за рахунок використання залученого парку РС, будуть мати наступний вигляд

$$S_{\text{д}}^{\text{пр}} = \frac{B_{\text{пр}} + B_{\text{ш}} + B_{\text{тр}}}{Q_{\text{о}}^{\text{о-пр}}} \quad (2.113)$$

Рішення завдання резервування ПМ за рахунок використання спільно трьох попередніх способів резервування, тобто резервування вантажності, використання додаткових одиниць РС та залучення транспорту ґрунтується на вищевикладених методиках.

Однак, в даному випадку, частка завезеного вантажу парком РС за рахунок резервування ПМ парку РС при використанні трьох способів резервування ПМ (ω_{1-2-3}) буде мати вигляд

$$\omega_{1-2-3} = \omega_1 + (1 - \omega_1) \cdot \omega_2 + [1 - (1 - \omega_1) \cdot \omega_2] \cdot \omega_3 \quad (2.114)$$

Виходячи з цього, фактично перевезений обсяг вантажу складе

$$Q_{\text{о}}^{\text{о-пр-пр}} = Q_{\text{зам}} \cdot \omega_{1-2-3} \quad (2.115)$$

Сумарні приведені витрати на доставку товарів у роздрібну торговельну мережу при резервуванні ПМ парку РС за рахунок використання трьох способів резервування ПМ будуть мати вигляд

$$S_{\text{пр}}^{\text{д}} = \frac{B_{\text{р}} + B_{\text{ш}} + B_{\text{тр}} + B_{\text{пр}}}{Q_{\text{ф}}^{\text{о-р-пр}}}. \quad (2.116)$$

Витрати на доставку продукції основним парком РС при доставці товарів в торгові точки «дрібних» і «великих» форматів представляє (2.111). Формула витрат на транспортування резервним транспортом представлена в (2.87). При розрахунку витрат на доставку залученим транспортом необхідно врахувати, що частка обсягу вантажу, завезеного залученим транспортом після роботи основного і резервного складе

$$\omega_3 = \frac{Q_{\text{зав}}^{\text{пр}} \cdot (1 - \omega_1) \cdot (1 - \omega_2)}{Q_{\text{зам}}^{\text{пр}}}. \quad (2.117)$$

Аналіз розробленої моделі впливу зовнішніх факторів і внутрішніх параметрів системи доставки на логістичні витрати показав, що визначення закономірностей їх зміни можливо в рамках чисельного експерименту.

Висновки

1. Постачальник в процесі доставки вантажу до кінцевого споживача змушений нести ряд витрат, як прями, що виражені у вигляді транспортних витрат та штрафів за невиконання замовлення, так і непрямі, що виражені у зниженні надійності постачань, що призводить до зниження доступності товару. Причинами цього є коливання попиту на товар споживача. Тому, критерієм ефективності є мінімум витрат на перевезення і втрат, пов'язаних з неповним завезенням товарів у роздрібну торговельну мережу.

2. Компенсація коливань попиту можлива за рахунок реалізації технологічних і організаційних рішень, а саме за рахунок резервування ПМ парку РС. Серед існуючих способів резервування ПМ парку РС можна виділити чотири – резервування ПМ парку РС, за рахунок збільшення кількості пунктів заїзду автомобілів на маршруті по-

рівняно з номінальною; за рахунок кількісного збільшення парку РС; за рахунок використання залученого парку РС, і поєднання всіх попередніх способів.

3. Оптимізаційними параметрами схем резервування є кількість пунктів заїзду на маршруті основного та залученого парку РС, коефіцієнт запасу за вантажністю та коефіцієнт запасу ПМ резервного парку РС. Аналіз моделей показав, що параметри схем резервування змінюють складові приведені логістичні витрати в різних напрямках і впливають на них нелінійно. Отже існують такі значення цих параметрів, знаходження и впровадження яких дозволить зменшити приведені логістичні витрати.

4. Отримані оптимізаційні моделі впливу умов доставки, технологічних параметрів способу резервування ПМ парку РС дозволяють визначити вплив раціональних параметрів схем резервування на приведені логістичні витрати, тим самим визначити раціональний спосіб резервування ПМ парку РС.

5. Аналіз розроблених математичних моделей впливу зовнішніх факторів і внутрішніх параметрів системи доставки на приведені логістичні витрати показав, що для визначення закономірностей їх зміни необхідне застосування чисельних методів.

З ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОКАЗНИКІВ СХЕМ ДОСТАВКИ НА ПРИВЕДЕНІ ЛОГІСТИЧНІ ВИТРАТИ

Визначення залежності впливу умов доставки, технологічних параметрів способу резервування в залежності від формату торгової точки та від виду сполучення на приведені логістичні витрати у виді аналітичних моделей можливо визначити за допомогою експериментальних досліджень при застосуванні чисельних методів рішення.

3.1 Методика проведення експерименту

Метою проведення експерименту є отримання закономірності впливу основних показників схем доставки на витрати, пов'язані з доставкою товарів, з урахуванням втрат, пов'язаних з неповним завантаженням СТ. В рамках проведення експерименту необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити основні фактори, що найбільше впливають на досліджуваний процес, ґрунтуючись на теоретичні основи;
- визначити рівні варіювання факторів, виходячи з необхідної точності, характеру вимірюваного фактора і масштабів досліджуваного процесу,
- вибрати і обґрунтувати необхідну кількість вимірювань,
- знайти значення оптимізаційних параметрів при мінімізації цільової функції чисельним методом для кожного досліджуваного процесу,
- обрати вид моделей, якими можливо описати зв'язок залежної величини і незалежних факторів,
- побудувати та розрахувати коефіцієнти нелінійних регресійних залежностей,
- перевірити їх значущість та визначити точність коефіцієнтів,
- перевірити на адекватність отримані моделі.

Можливі два підходи до вирішення задачі знаходження мінімуму функції багатьох змінних $f(x) = f(x_1, \dots, x_n)$ при відсутності обмежень на діапазон зміни невідомих. Перший підхід лежить в основі непрямих методів оптимізації і зводить рішення задачі оптимізації до розв'язання системи нелінійних рівнянь, які є наслідком умов екстремуму функції багатьох змінних [78, 79]. Як відомо, ці умови визначають, що в точці екстремуму всі перші похідні функції по незалеж-

ним змінним дорівнюють нулю. Ці умови утворюють систему нелінійних рівнянь, серед рішень яких знаходяться точки екстремуму. Внаслідок цього на практиці використовують другий підхід до мінімізації функцій, що становить основу прямих методів [80, 81]. Методи побудови таких послідовностей часто називають методами «спускання», так як здійснюється перехід від великих до менших значень функцій.

Враховуючи кількість факторів в отриманих моделях приведених логістичних витрат, що впливають на кінцевий результат і рекомендації щодо вимог до планів, доцільно використовувати план повного факторного експерименту [82-83]. Це такий план, при якому використовуються всі можливі поєднання рівнів факторів, але, жодна з цих комбінацій не повторюється.

На приведені логістичні витрати на доставку продукції впливає велика кількість факторів. Дані фактори враховані в побудові математичних моделей (2.51-2.53, 2.88, 2.113, 2.116) визначення загальних приведених логістичних витрат на доставку продукції з урахуванням втрат за недопоставку товарів.

Змінні, присутні в математичних моделях можна розділити на дві групи:

- зовнішні фактори системи;

- внутрішні параметри системи.

До зовнішніх факторів системи відносяться:

- обсяг поставок продукції споживачеві, т;

- коефіцієнт варіації розміру замовлення;

- щільність дислокації торгових точок, од/км²;

- середня відстань доставки продукції, км;

- технічна швидкість автомобіля, км/год

- штрафи за недопоставку продукції, грн./т;

- коефіцієнт статичного використання вантажності;

- витрати часу на навантаження (розвантаження) одиниці вантажу, т/год;

- додатковий час на оформлення документів, год;

- коефіцієнти регресійної моделі залежності собівартості автомобільних перевезень від вантажності автомобіля, грн./км, грн./рік, грн./ткм, грн./тгод;

– коефіцієнт, що представляє відношення витрат, викликаних взяттям транспортного засобу в оренду і собівартістю перевезення цим же транспортним засобом.

До внутрішніх факторів системи відносяться:

- кількість пунктів заїзду на маршруті основного транспорту, од;
- коефіцієнт запасу провізних можливостей резервного транспорту;
- коефіцієнт запасу по вантажності;
- кількість пунктів заїзду на маршруті залученого транспорту, од.

Аналіз впливу зовнішніх факторів системи на приведені логістичні витрати на доставку продукції на основі отриманих аналітичних моделей (2.51-2.53, 2.88, 2.1113, 2.116) показав:

- середній розмір замовлення торгової точки має нелінійну залежність з приведеними логістичними витратами, пов'язаними з доставкою продукції з урахуванням втрат від недопоставки. При збільшенні обсягу поставки продукції кінцевому споживачеві, приведені логістичні витрати зменшуються, при чому при розмірі замовлення 0,1-1,0 т відбувається різкий спад, а потім - монотонно зменшується;
- збільшення середньої відстані доставки продукції веде за собою збільшення приведених логістичних витрат;
- збільшення коефіцієнта варіації розміру замовлення веде до збільшення приведених логістичних витрат;
- збільшення щільності дислокації торговельних точок в районі обслуговування веде до зниження приведених логістичних витрат;
- збільшення штрафів за недопоставку продукції, веде до збільшення приведених логістичних витрат;
- збільшення коефіцієнта використання вантажності веде до зменшення приведених логістичних витрат;
- вплив технічної швидкості на приведені логістичні витрати не розглядається, тому що приймаються постійні значення залежно від виду сполучення;
- вплив витрат часу на навантаження (розвантаження) одиниці вантажу, додаткового часу на оформлення документів, коефіцієнтів регресійної моделі залежності собівартості автомобільних перевезень від вантажності автомобіля на приведені логістичні витрати не розг-

лядається, оскільки згідно постановці задачі дані фактори задані як постійні величини.

Проаналізувавши отримані аналітичні моделі (2.51-2.53, 2.88, 2.113, 2.116) можна зробити висновки про вплив внутрішніх параметрів системи на приведені логістичні витрати, а саме:

- збільшення кількості пунктів заїзду на маршруті основного парку РС веде до зменшення приведених логістичних витрат. Слід зазначити нелінійний характер цієї зміни. Так при невеликих значеннях кількості пунктів заїзду на маршруті (не більше 10 од.) функція витрат різко зменшується, а потім відбуваються незначні зміни;

- збільшення коефіцієнта запасу по вантажності, кількості пунктів заїзду на маршруті залученого транспорту і коефіцієнта запасу провізних можливостей резервного парку РС; веде до зменшення приведених логістичних витрат. Характер впливу нелінійний. При невеликих значеннях даних факторів – зміни значні, а при збільшенні фактора приведені логістичні витрати зменшуються незначно.

Аналіз впливу внутрішніх параметрів на приведені логістичні витрати вказує на нелінійний характер впливу, це має бути враховано для побудови апроксимуючих моделей. В результаті проведеного аналізу виявлено, що існують такі значення внутрішніх параметрів системи доставки товарів у роздрібну торговельну мережу, при яких приведені логістичні витрати будуть мінімальними.

Аналіз впливу фактичної кількості пунктів заїзду на маршруті основного та залученого транспорту, коефіцієнта запасу по вантажності і запасу провізних можливостей резервного парку РС, на витрати, пов'язані з доставкою товарів у роздрібну торгову мережу з урахуванням штрафів вказують на нелінійний характер залежностей. Це говорить про те, що існують такі значення оптимізаційних параметрів роботи парку РС (кількість пунктів заїзду на маршруті основного та залученого транспорту, коефіцієнт запасу провізних можливостей резервного транспорту та коефіцієнт запасу по вантажності), що дозволить мінімізувати приведені логістичні витрати.

При використанні чисельних методів рішення необхідно визначити всі фактори, що впливають на досліджуваний процес і визначити діапазони їх варіювання [84-86]. Користуючись таким плануванням, можливо провести регресійний аналіз та оцінити тісноту зв'язку між залежною і незалежними змінними, визначити достовірність і адекватність результатів.

При виборі факторів для проведення факторного експерименту необхідно враховувати:

- перелік визначених факторів необхідно обґрунтувати теоретично;
- перелік повинен включати в себе найважливіші фактори, що роблять найбільш істотний вплив на зміну об'єкта;
- перелік не слід робити занадто великим, але він повинен описувати функцію по можливості в усіх аспектах;
- фактори не повинні знаходитися між собою у функціональному зв'язку, так як існування функціональної та близьких до неї зв'язків між факторами, показує, що вони характеризують одну і ту ж сторону досліджуваного явища. Включати в модель з двох залежних факторів потрібно той фактор, який вносить в рівняння регресії найбільший внесок;
- потрібно встановити області визначення факторів;
- необхідно враховувати умови зміни факторів у часі.

На підставі одержаних математичних моделей, обрані наступні фактори, які є змінними величинами:

- щільність дислокації торговельних точок, од/км²,
- середня відстань доставки продукції, км;
- середнє значення попиту в одній торговій точці;
- штраф (втрати) за недопоставку одиниці вантажу, грн./т,
- коефіцієнт варіації попиту;
- коефіцієнт використання вантажності.

Тоді до постійних факторів системи відносимо усі інші фактори:

- технічна швидкість автомобіля, км/год;
- витрати часу на навантаження (розвантаження) одиниці вантажу, т/год;
- додатковий час на оформлення документів, год;
- коефіцієнти регресійної моделі залежності собівартості автомобільних перевезень від вантажності автомобіля, грн./км, грн./рік, грн./ткм, грн./тгод;
- коефіцієнт, що представляє відношення витрат, викликаних взяттям транспортного засобу в оренду і собівартістю перевезення цим же транспортним засобом.

План повного факторного експерименту допускає варіювання факторів на двох рівнях (мінімум і максимум), які визначаються че-

рез діапазони варіювання обраних змінних, а отже необхідно встановити ці межі, спираючись на дані статистичних досліджень або логічних уявлень. Діапазон варіювання кожного фактора, що бере участь в ході проведення експерименту становить:

x_1 – щільність дислокації торговельних точок. За даними попереднього експерименту визначено, що в містах України з чисельністю населення понад сто тисяч мешканців цей показник варіює в межах від 1,948 до 25,398 од/км²;

x_2 – середня відстань доставки продукції. Діапазони варіювання значень цього фактора визначаються залежно від виду сполучення. У разі, якщо постачальник знаходиться поблизу району обслуговування (міські перевезення), то мінімальне значення цього фактора приймається 3 км, максимальне значення - 30 км. В разі віддаленості постачальника від району обслуговування (міжміські перевезення), то мінімальне значення цього фактора приймається 30 км, максимальне значення – 200 км [33];

x_3 – середнє значення попиту в одній торговій точці. Мінімальним значенням даного фактора прийнято 0,1 т, максимальним значенням 6 т, що зумовлено умовами перевезень та особливостями споживчих товарів, у відповідності з отриманими статистичними даними для торгових точок в містах України з чисельністю населення понад 100 тисяч жителів;

x_4 – штраф (втрати) за недопоставку одиниці вантажу. Діапазон варіювання показника обирається виходячи з частки від ціни на СТ на споживчому ринку. Втрати за недопоставку одиниці продукції являють собою абсолютне значення маржі від перевезення вантажу. Мінімальним значенням даного фактора прийнято 500 грн./т. Максимальне значення приймається рівним 10000 грн./т;

x_5 – коефіцієнт варіації попиту. Мінімальним значенням даного фактора прийнято 0,1, максимальне значення – 0,577, ґрунтуючись на характеристики закону розподілу розміру замовлення для торгових точок «дрібних» форматів (рівномірний). Мінімальне значення даного фактору для торгових точок «великих» форматів приймається 0,1, а максимальне - 0,333, визначено на основі характеристик закону розподілу розміру замовлення в торгових точках даного формату (трикутний) (розділ 2);

x_6 – коефіцієнт статичного використання вантажності. Варіюється в відповідності з прийнятим ранжуванням на автомобільному транспорті. Мінімальне значення дорівнює 0,4, а максимальне – 1,0.

Наступним етапом підготовки до проведення експерименту є побудова матриці планування експерименту. Число дослідів у експерименті дорівнює 64, тому що кількість факторів складає шість при двох рівнях варіювання факторів.

Наступним етапом необхідно перетворити отримані аналітичні моделі (2.51-2.52, 2.78, 2.103, 2.106) шляхом підстановки чисельних значень постійних факторів системи. Отримані після перетворення математичні моделі загальних приведених витрат на доставку продукції необхідно вирішити чисельним методом. Методом узагальненого приведенного градієнта знайдені рішення оптимізаційних параметрів при мінімізації цільової функції (приведені витрати на доставку), де модель оптимізації складається з трьох частин: цільова функція, змінні та обмеження. Можливість реалізації даного методу представлено в надстройках “Пошук рішення” у пакеті прикладних програм Microsoft Excel. Суть даного методу (узагальненого приведенного градієнта) полягає в побудові послідовності векторів $x[0]$, $x[1]$..., $x[n]$, при яких $f(x[0]) > f(x[1]) > \dots > f(x[n])$. В якості початкової точки $x[0]$ може бути обрана довільна точка, однак прагнуть використовувати всю наявну інформацію про поведінку функції $f(x)$, щоб точка $x[0]$ розташовувалася як можна ближче до точки мінімуму. Перехід від точки $x[k]$ до точці $x[k+1]$, $k = 0, 1, 2, \dots, n$ складається з двох етапів:

- вибір напрямку руху точки $x[k]$;
- визначення кроку уздовж цього напрямку [86].

В загальному випадку задаються початкові значення змінних і з кроком в напрямку вектора знаходяться нові точки.

Для апроксимації залежності приведених логістичних витрат від обраних факторів, які мають нелінійну залежність, застосовується мультиплікативна факторна модель. В план експерименту введено 65 – у серію дослідів при середніх значеннях всіх факторів, тому що показникова та ступенева функції в крайніх точках сходяться.

3.2 Проведення експерименту

Для апроксимації залежності приведених логістичних витрат від обраних факторів застосовується показникова та ступенева функції –

найбільш поширені нелінійні моделі регресії. Рівняння регресії показникової функції має вигляд

$$Y = a_0 \prod_{i=1}^k a_i^{x_i}, \quad (3.1)$$

де Y – результуючий признак;

x_i – значення i -го фактору;

a_i – коефіцієнт регресійної моделі i -го фактору.

Рівняння регресії ступеневої функції має вигляд

$$Y = a_0 \prod_{i=1}^k x_i^{a_i}. \quad (3.2)$$

У зв'язку з тим, що залежності нелінійні, необхідно перетворити отримані чисельним методом значення оптимізаційних параметрів роботи парку РС шляхом логарифмування.

Для знаходження коефіцієнтів рівняння регресії використовується метод найменших квадратів. Рівняння регресії показникової функції після логарифмування виглядає наступним чином

$$\ln(Y') = \ln(a'_0) + \ln(a'_1) \cdot x_1 + \ln(a'_2) \cdot x_2 + \dots + \ln(a'_6) \cdot x_6, \quad (3.3)$$

де Y' – результуючий признак у натуральному вигляді;

a'_i – коефіцієнт регресійної моделі i -го фактору до логарифмування.

Рівняння регресії ступеневої функції після логарифмування виглядає наступним чином

$$\ln(Y') = \ln(a'_0) + \ln(x'_1) \cdot a_1 + \ln(x'_2) \cdot a_2 + \dots + \ln(x'_6) \cdot a_6. \quad (3.4)$$

Рівняння перетвореної ступеневої функції є лінійним відносно результуючого признаку і факторів $\ln(x_1)$, $\ln(x_2)$, ..., $\ln(x_n)$. Рівняння перетвореної показникової моделі є лінійним відносно $\ln(Y)$ і незалежних змінних x_1 , x_2 , ..., x_n .

Розрахувавши коефіцієнти лінійної регресії для перетворених нелінійних моделей, шляхом зворотних перетворень знаходять шукані дійсні коефіцієнти регресії. Для оцінки адекватності отриманих результатів необхідно перетворювати регресійні моделі в лінійні назад шляхом логарифмування.

Коефіцієнти регресійних моделей отримані за допомогою пакету прикладних програм Statistica. Переходячи до реальних значень коефіцієнтів у рівнянні виду ступеневої функції від змінних в лінійзованому рівнянні отримаємо

$$a_0 = e^{a'_0}, \quad a_1 = a'_1, \quad a_i = a'_i \quad (3.5)$$

Переходячи до реальних значень коефіцієнтів у рівнянні виду показникової функції отримаємо

$$a_0 = e^{a'_0}, \quad a_1 = e^{a'_1}, \quad a_i = e^{a'_i}. \quad (3.6)$$

Довірчий полуінтервал розбіжності значень коефіцієнтів регресійної моделі [87] визначається

$$P = \left[\bar{a}_i - t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma_{a_i} \leq \bar{a}_i \leq \bar{a}_i + t_{\frac{\alpha}{2}} \cdot \sigma_{a_i} \right] = 1 - \alpha, \quad (3.7)$$

де \bar{a}_i – отримане значення окремо взятого i -го коефіцієнту регресійної моделі;

$t_{\frac{\alpha}{2}}$ – квантіль розподілу Стюдента;

σ_{a_i} – стандартне відхилення випадкової величини a_i ,

α – рівень значущості.

Квантіль розподілу Стюдента визначається в залежності від кількості ступенів свободи експерименту і рівня значущості, який приймається рівним 0,05 [87]. Для визначення значущості коефіцієнтів регресії використовують двохсторонній інтервал. Для одностороннього інтервалу розкиду значень коефіцієнту і за умови значущості всіх факторів $t_{\frac{\alpha}{2}} = 2,3$.

Стандартне відхилення випадкової величини a_i знаходиться

$$\sigma_{a_i} = \frac{\sigma_y}{\sqrt{n} \cdot \sigma(x)}, \quad (3.8)$$

де σ_y – стандартна помилка оцінки (регресії), знаходиться як корінь від не поясненої дисперсії, приведеної до одного ступеня свободи;

$\sigma(x)$ – середньоквадратичне відхилення фактору, значення коефіцієнту якого аналізується,

n – обсяг вибірки (в даному випадку 65).

Таким чином, всі коефіцієнти регресійних моделей, що мають значення менше за величину довірчого напівінтервалу прирівнюювалися нулю і виключалися з моделі, а також визначено точність значення коефіцієнту (мінімальна кількість знаків після коми). Отже отримані апроксимуючі моделі раціональних параметрів роботи парку РС, коефіцієнти яких є уточнені та значущі.

При резервуванні провізних можливостей парку РС за рахунок збільшення вантажності автомобілів у порівнянні з номінальною, апроксимуючі моделі раціональних параметрів роботи парку РС при доставці товарів у торговельну мережу «дрібних» форматів будуть мати вигляд

– для міських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 11,5017 \cdot 1,005^\lambda \cdot 1,0343^{l_i} \cdot 0,5692^g \cdot 0,9999^{C_{ш}} \cdot 0,4362^{k_{vg}} \cdot 1,8699^\gamma \\ k_3 = 0,9934 \cdot 1,00023^\lambda \cdot 0,9989^{l_i} \cdot 1,0211^g \cdot 0,9999^{C_{ш}} \cdot 1,993^{k_{vg}} \cdot 1,0157^\gamma \end{cases}; \quad (3.9)$$

– для міжміських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 13,0341 \cdot 1,0013^\lambda \cdot 0,9992^{l_i} \cdot 0,5753^g \cdot 1,4791^{k_{vg}} \cdot 2,7817^\gamma \\ k_3 = 0,9073 \cdot 0,9995^\lambda \cdot 1,0002^{l_i} \cdot 1,0332^g \cdot 1,00000005^{C_{ш}} \cdot 1,774^{k_{vg}} \cdot 1,0351^\gamma \end{cases}. \quad (3.10)$$

При резервуванні провізних можливостей парку РС за рахунок кількісного збільшення парку РС, апроксимуючі моделі оптимізаційних параметрів роботи парку РС при доставці товарів у торговельну мережу «дрібних» форматів будуть мати вигляд

– для міських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 7,065 \cdot \lambda^{0,0197} \cdot l_i^{0,023} \cdot g^{-0,9466} \cdot C_{ш}^{0,0177} \cdot \gamma^{-0,0552} \\ \delta_{зр} = g^{1,7386} \cdot k_{vg}^{1,554} \cdot \gamma^{2,5272} \end{cases}; \quad (3.11)$$

– для міжміських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 86,0584 \cdot 1,0024^\lambda \cdot 0,9972^{l_i} \cdot 0,5265^g \cdot 0,9999^{C_{\text{ш}}} \cdot 0,9953^{k_{v_g}} \cdot 0,9916^\gamma \\ \delta_{3p} = 0,3214 \cdot 1,0108^\lambda \cdot 0,9891^{l_i} \cdot 1,3512^g \cdot 1,00009^{C_{\text{ш}}} \cdot 1,0036^{k_{v_g}} \cdot 0,4397^\gamma \end{cases} \quad (3.12)$$

При резервуванні провізних можливостей парку РС за рахунок використання залученого парку РС, у разі, коли попит на перевезення перевищує провізні можливості парку РС, апроксимуючі моделі раціональних параметрів роботи парку РС при доставці товарів у торговельну мережу «дрібних» форматів будуть мати вигляд

– для міських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 3,0036 \cdot \lambda^{0,0737} \cdot l_i^{0,0822} \cdot g^{-1,0122} \cdot C_{\text{ш}}^{0,0632} \cdot k_{v_g}^{0,014} \cdot \gamma^{0,2067} \\ m = 1,0185^\lambda \cdot 0,6388^g \cdot 1,00014^{C_{\text{ш}}} \cdot 6,8766^{k_{v_g}} \cdot 3,7454^\gamma \end{cases} \quad ; \quad (3.13)$$

– для міжміських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 52,0844 \cdot 1,0013^\lambda \cdot 0,9999^{l_i} \cdot 0,5212^g \cdot 0,9999^{C_{\text{ш}}} \cdot 0,955^{k_{v_g}} \cdot 0,997^\gamma \\ m = l_i^{-0,67} \cdot g^{-0,4376} \cdot C_{\text{ш}}^{0,6326} \cdot k_{v_g}^{1,0377} \end{cases} \quad (3.14)$$

При резервуванні провізних можливостей парку РС при поєднанні трьох способів резервування спільно, апроксимуючі моделі раціональних параметрів роботи парку РС при доставці товарів у торговельну мережу «дрібних» форматів будуть мати вигляд

– для міських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 2,4498 \cdot \lambda^{0,0648} \cdot l_i^{0,2046} \cdot g^{-0,7189} \cdot C_{\text{ш}}^{-0,012} \cdot k_{v_g}^{-0,1939} \cdot \gamma^{0,6386} \\ k_3 = 1,74930 \cdot l_i^{-0,0075} \cdot g^{0,0318} \cdot C_{\text{ш}}^{0,0011} \cdot k_{v_g}^{0,1897} \\ \delta_{3p} = 0,8514^\lambda \cdot 0,8631^{l_i} \cdot 2,226^g \cdot 0,9996^{C_{\text{ш}}} \cdot 1442,37^{k_{v_g}} \\ m = g^{1,9477} \cdot C_{\text{ш}}^{-0,597} \cdot k_{v_g}^{4,862} \end{cases} \quad ; \quad (3.15)$$

– для міжміських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 20,813 \cdot l_i^{-0,123} \cdot g^{-0,762} \cdot C_{\text{ш}}^{-0,1045} \cdot k_{v_g}^{0,091} \cdot \gamma^{0,364} \\ k_3 = 1,456 \cdot \lambda^{-0,005} \cdot l_i^{-0,0077} \cdot g^{0,0455} \cdot C_{\text{ш}}^{0,0076} \cdot k_{v_g}^{0,125} \\ \delta_{3p} = 0,9685^{l_i} \cdot 0,9995^{C_{\text{ш}}} \cdot 0,00017^\gamma \\ m = 1,0849^{l_i} \cdot 0,9438^{C_{\text{ш}}} \cdot 0,00017^\gamma \end{cases} \quad (3.16)$$

Для порівняння витрат при резервуванні провізних можливостей і без них побудована модель кількості пунктів заїзду на маршруті при доставці товарів у торговельну мережу «дрібних» форматів без резервування провізних здібностей, яка має вигляд

– для міських перевезень

$$n_3 = 2,5194 \cdot \lambda^{0,0559} \cdot l_i^{0,0909} \cdot g^{-1,0184} \cdot C_{\text{ш}}^{0,0955} \cdot k_{v_g}^{0,0793} \cdot \gamma^{0,1558}, \quad (3.17)$$

– для міжміських перевезень

$$n_3 = 5,4446 \cdot g^{-0,94577}. \quad (3.18)$$

Аналогічно побудовані моделі раціональних параметрів роботи парку РС при доставці споживчих продовольчих товарів у торгові точки «великих» форматів. При резервуванні провізних можливостей парку РС, за рахунок збільшення вантажності автомобілів у порівнянні з номінальною, апроксимуючі моделі раціональних параметрів роботи парку РС при доставці товарів у торговельну мережу «великих» форматів будуть мати вигляд

– для міських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 3,12522 \cdot \lambda^{0,0293} \cdot l_i^{0,228} \cdot g^{-0,7509} \cdot C_{\text{ш}}^{-0,0337} \cdot k_{v_g}^{-0,0632} \cdot \gamma^{0,3418} \\ k_3 = 1,68157 \cdot \lambda^{0,00104} \cdot l_i^{-0,0580} \cdot g^{0,0273} \cdot C_{\text{ш}}^{0,00018} \cdot k_{v_g}^{0,07341} \cdot \gamma^{-0,0479} \end{cases}; \quad (3.19)$$

– для міжміських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 5,1554 \cdot \lambda^{0,00159} \cdot l_i^{0,00204} \cdot g^{-0,899} \cdot C_{\text{ш}}^{-0,0002} \cdot k_{v_g}^{-0,104} \cdot \gamma^{0,1054} \\ k_3 = 1,5465 \cdot g^{0,0599} \cdot C_{\text{ш}}^{0,0054} \cdot k_{v_g}^{0,1496} \cdot \gamma^{0,0023} \end{cases} \quad (3.20)$$

При резервуванні провізних можливостей парку РС, за рахунок кількісного збільшення парку РС, апроксимуючі моделі раціональних

параметрів роботи парку РС при доставці товарів у торговельну мережу «великих» форматів будуть мати вигляд

– для міських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 2,1762 \cdot \lambda^{0,0146} \cdot l_i^{0,1549} \cdot g^{-0,8154} \cdot C_{\text{ш}}^{0,1191} \cdot k_{vg}^{0,0359} \cdot \gamma^{0,1094} \\ \delta_{3p} = 0,04264 \cdot g^{1,7534} \end{cases}; \quad (3.21)$$

– для міжміських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 7,04025 \cdot l_i^{0,01293} \cdot g^{0,01293} \cdot C_{\text{ш}}^{0,01293} \\ \delta_{3p} = 1,35250 \cdot l_i^{-1,6177} \cdot g^{1,807100} \cdot \gamma^{4,551} \end{cases}. \quad (3.22)$$

При резервуванні провізних можливостей парку РС, за рахунок використання залученого парку РС, у разі, коли попит на перевезення перевищує провізні можливості парку РС, апроксимуючі моделі раціональних параметрів роботи парку РС при доставці товарів у торговельну мережу «великих» форматів будуть мати вигляд

– для міських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 3,3393 \cdot \lambda^{0,05199} \cdot l_i^{0,1231} \cdot g^{-0,9969} \cdot C_{\text{ш}}^{0,04458} \\ m = 1,0156^\lambda \cdot 0,6592^g \cdot 1,00014^{C_{\text{ш}}} \cdot 3,2616^{k_{vg}} \cdot 2,6622^\gamma \end{cases}; \quad (3.23)$$

– для міжміських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = 1,6816 \cdot \lambda^{0,0471} \cdot l_i^{0,2447} \cdot g^{-0,9448} \cdot C_{\text{ш}}^{-0,00017} \cdot k_{vg}^{-0,305} \cdot \gamma^{0,40437} \\ m = 2,8679 \cdot 0,9963^{l_i} \cdot 0,6645^g \cdot 1,00014^{C_{\text{ш}}} \cdot 3,7515^{k_{vg}} \cdot 1,4901^\gamma \end{cases}. \quad (3.24)$$

При резервуванні провізних можливостей парку РС, при поєднанні трьох способів резервування провізних можливостей парку РС, апроксимуючі моделі раціональних параметрів роботи парку РС при доставці товарів у торговельну мережу «великих» форматів будуть мати вигляд

– для міських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = \lambda^{0,0506} \cdot l_i^{0,2326} \cdot g^{-0,7337} \cdot C_{III}^{0,0607} \cdot k_{v_g}^{-0,1694} \cdot \gamma^{0,00075} \\ k_3 = 1,70278 \cdot l_i^{-0,03921} \cdot g^{0,04259} \cdot k_{v_g}^{0,0995} \cdot \gamma^{-0,000138} \\ \delta_{зр} = l_i^{1,4319} \cdot g^{2,4695} \cdot C_{III}^{-1,2147} \cdot k_{v_g}^{3,0052} \\ m = g^{2,1864} \cdot k_{v_g}^{6,3104} \end{cases} ; \quad (3.25)$$

– для міжміських перевезень

$$\begin{cases} n_3 = \lambda^{-0,0094} \cdot l_i^{0,1875} \cdot g^{-0,8454} \cdot C_{III}^{0,089} \cdot k_{v_g}^{-0,1463} \cdot \gamma^{0,1996} \\ k_3 = 1,5809 \cdot \lambda^{-0,0052} \cdot g^{0,04298} \cdot C_{III}^{0,1438} \cdot k_{v_g}^{0,0297} \\ \delta_{зр} = l_i^{-1,633} \cdot g^{2,624} \\ m = g^{1,4943} \cdot C_{III}^{-1,03956} \end{cases} . \quad (3.26)$$

Для порівняння витрат при резервуванні провізних можливостей і без них доцільно побудувати модель кількості пунктів заїзду на маршруті при доставці товарів у торговельну мережу «дрібних» форматів без резервування провізних здібностей, яка буде мати наступний вигляд

– для міських перевезень

$$n_3 = 2,7666 \cdot \lambda^{0,0351} \cdot l_i^{0,075} \cdot g^{-0,8865} \cdot C_{III}^{0,1195} \cdot k_{v_g}^{0,05427} , \quad (3.27)$$

– для міжміських перевезень

$$n_3 = 6,811 \cdot \lambda^{0,0112} \cdot l_i^{-0,0543} \cdot g^{-0,8445} \cdot C_{III}^{0,029} \cdot k_{v_g}^{0,0056} \cdot \gamma^{0,0208} . \quad (3.28)$$

Витрати на доставку споживчих товарів у роздрібну торговельну мережу будь-яких форматів неможливо апроксимувати показниковою або ступеневою функцією з-за нелінійного та неоднозначного характеру впливу зовнішніх факторів на них. Виходячи з цього, витрати на доставку споживчих товарів можливо знайти прямим розрахунком, знаючи вид апроксимуючих моделей раціональних параметрів роботи парку РС. Порівняння значень витрат, отриманих емпіричним шляхом з розрахунковими значеннями показало, що значення середньої помилки апроксимації не перевищує 12% (максимально

допустиме значення), що говорить про адекватність одержаних рівнянь регресії. Знайдені емпіричні моделі можуть застосовуватися лише після перевірки їх інформаційної здатності по одному з критеріїв.

3.3 Перевірка інформаційної здатності моделей

Для практичного використання моделей регресії велике значення має їх адекватність. З цією метою виконують перевірку адекватності моделі процесу, об'єкта або явища, для яких дана модель побудована.

Перевірка адекватності проводиться на підставі деякої експериментальної інформації, отриманої на етапі функціонування системи або при проведенні спеціального експерименту, у ході якого спостерігаються процеси. F -критерій Фішера служить для визначення адекватності моделі [77, 88] але тільки в тому випадку, якщо мають місце повторювані досліди (спостереження), в іншому випадку F -критерій Фішера служить для визначення інформаційної здатності моделі [77, 88].

Оскільки в роботі застосовано математичне моделювання, яке засноване на детермінованих моделях, тому в даному експерименті немає повторюваних дослідів, то по F -критерію Фішера оцінюється інформаційна здатність моделей. Фактичне значення F -критерію Фішера порівнюється з табличним значенням $F_{\text{табл}}(\alpha, k_1, k_2)$ при заданому рівні значущості α і ступенях свободи k_1 і k_2 . При цьому, якщо фактичне значення F -критерію більше від табличного $F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}$, то визнається статистична значимість рівняння в цілому. В загальному вигляді

$$F = \frac{\sigma_{\text{факт}}^2}{\sigma_{\text{ост}}^2}, \quad (3.29)$$

де $\sigma_{\text{факт}}^2$ – факторна (та, яку можна пояснити) дисперсія, наведена до одного ступеня свободи;

$\sigma_{\text{ост}}^2$ – залишкова дисперсія, наведена до одного ступеня свободи.

Число ступенів свободи факторної дисперсії дорівнює кількості факторів в моделі ($k_{1\text{max}} = 6$). Кількість ступенів свободи залишкової

дисперсії $k_2 = n - m - 1$. Для випадку, коли усі фактори значущі $k_2 = 65 - 6 - 1 = 58$.

Для моделі кількості пунктів заїзду на маршрут при доставці товарів у торговельну мережу «дрібних» форматів для міських перевезень без резервування ПМ, критерій Фішера складе

$$F = \frac{71104,27 \cdot 58}{8898,02 \cdot 6} = 77,25.$$

Табличне значення при рівні значущості рівним 0,05, $k_1 = 6$ та $k_2 = 58$ складе 2,2596. Порівняння розрахункового і табличного значення критерію Фішера, вказує на те, що отримана модель кількості пунктів заїзду на маршрут для міських умов може бути використана для прийняття рішень і здійснення прогнозів. Результати представлені в табл. 3.1. Аналогічно розраховані F -критерії і для інших моделей

Таблиця 3.1

Оцінка адекватності моделі кількості пунктів заїзду при відсутності резервування ПМ

Формат торгової точки	Показник	Кількість пунктів заїзду на маршруті основного парку РС	
		міські перевезення	міжміські перевезення
«дрібні»	F - критерій ($F_{кр}$) розрахунковий	77,25	105,33
	F - критерій ($F_{табл}$) табличний	2,26	2,26
«великі»	F - критерій ($F_{кр}$) розрахунковий	87,711	44,842
	F - критерій ($F_{табл}$) табличний	2,371	2,2596

Перевірка інформаційної здатності моделей параметрів роботи парку РС при доставці СТ в торгові точки «дрібних» та «великих» форматів показала, що всі отримані моделі при рівні значущості 0,05 мають інформаційну цінність.

Висновки

1. Аналіз розробленої математичної моделі впливу умов доставки, технологічних параметрів способу резервування в залежності від формату торгової точки на приведені логістичні витрати показав, що визначення аналітичної залежності їх зміни та впливу, які є предметом даного дослідження, можливо визначити за допомогою експериментальних досліджень за допомогою чисельних методів.

2. Значущими параметрами, що обумовлюють зміну приведених витрат на доставку споживчих товарів є середній розмір замовлення, щільність дислокації торговельних точок, середня відстань доставки вантажу, розмір штрафу за недопоставку одиниці товару, коефіцієнт використання вантажності і варіювання розміру замовлення. За допомогою отриманих моделей впливу цих факторів на раціональній параметри роботи парку автомобілів можливо визначити межі ефективного використання методики резервування ПМ парку РС.

3. За результатами чисельного експерименту, визначено, що рівень значущості апроксимуючих моделей технологічних параметрів та резерву ПМ не перевищив 0,05, розрахункове значення критерію Фішера для всіх моделей більше табличного, що підтверджує інформаційну здатність отриманих апроксимуючих моделей.

4 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ РЕЗЕРВУВАННЯ ПРОВІЗНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПАРКУ РУХОМОГО СКЛАДУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Класифікування районів перевезень на основі ознак, заснованих на різнонаправленості частин задач та цілей логістики та маркетингу, при доставці СТ у роздрібну торговельну мережу, дозволить визначити умови доставки СТ, а отже і визначити межі застосування окремих способів резервування провізних можливостей парку РС під умови перевезень.

4.1 Класифікація міст України за умовами доставки споживчих товарів

Для визначення раціональної схеми доставки вантажів використовуються міста України з численністю населення, яке перевищує 100 тисяч людей. Вибір міст, саме з цією чисельністю населення обумовлюється тим, що значна частка загального товарообігу (65%) припадає саме на ці міста України.

Вихідними даними мають виступати такі параметри, які більшою мірою можуть охарактеризувати умови перевезень вантажів з точки зору характеристик району перевезень та попиту на даний вид товару.

Основними характеристиками району перевезень та попиту на товар в даній роботі виступають:

- загальна площа міст;
- чисельність населення;
- кількість магазинів;
- кількість ринків;
- кількість місць загального харчування;
- товарообіг в цілому за рік.

Для групування систем за певною кількістю ознак використовуються кластерний аналіз [89, 90]. На відміну від інших багатьох статистичних процедур, методи кластерного аналізу використовуються в більшості випадків тоді, коли не має яких-небудь апріорних гіпотез щодо груп.

В якості первинного матеріалу виступають звітні дані, отримані з державних підрозділів по регулюванню споживчого ринку. Державними органами надана інформація про кількість магазинів, ринків, місць загального харчування та товарообіг роздрібною торгівлі та ресторанного господарства у містах.

Необхідно розуміти, що методологічна сутність групування полягає в тому, що це є процес утворення однорідних груп на підставі розподілу всієї сукупності досліджуваного явища на окремі групи (частини) за найістотнішими ознаками. Отже, залежно від змісту і форм досліджуваних ознак статистичне групування здійснюється або за допомогою розподілу сукупності на окремі частини, які характеризуються внутрішньою однорідністю і відрізняються низкою ознак, або завдяки об'єднанню окремих одиниць сукупності в групи за типовими ознаками. Наслідком такого двоєдиного процесу і відбудеться розподіл об'єкта спостережень на групи. Для розрахунків використовується програмний продукт Statistica 6.0 [91].

При визначенні числа груп при об'єднанні міст України з чисельністю населення понад 100 тисяч мешканців потрібно брати до уваги розмах варіації ознак та чисельність досліджуваної сукупності. Доцільно, щоб число груп не було занадто великим чи малим і щоб в кожену групу попало достатньо велике число одиниць спостереження. Рекомендовано використовувати 6-7 груп при чисельності сукупності 25-40.

Визначення груп параметрів зовнішньої природи, що характеризують умови перевезень і впливають на економічні показники роботи автомобільного транспорту при доставці товарів народного споживання в містах дозволить систематизувати роботу.

Аналіз техніко-економічних моделей показує, що до параметрів відносяться відстань доставки вантажів, розмір партії вантажу та, якщо доставка вантажів здійснюється на розвізних маршрутах, пробіг автомобілю між суміжними пунктами заводу на маршруті.

Розмір партії вантажу опосередковано можна визначити через обсяг і структуру товарообігу торговельної точки. Відстань доставки вантажу є особистою характеристикою кожної конкретної торговельної точки, тому що вона залежить від взаємного розташування її і постачальника, структури ланцюга постачань, що прийнята торговельною компанією і змінюється в широких межах в одному і тому ж населеному пункті. Тому цей показник не може бути обраним як

критерій класифікації умов перевезень. Останній з визначених параметрів безпосередньо залежить від щільності дислокації пунктів заводу на території району перевезень.

Вибір саме цих показників районів перевезень та попиту на ТНС можна пояснити тим, що перший показник (щільність дислокації торговельних точок) необхідний для подальшого визначення таких параметрів, як відстань між суміжними пунктами і т.і., а за допомогою другого показника (товарообіг на 1 торговельну точку) можна визначити обсяги перевезень, обсяги споживання ТНС по кожному місту.

Іншими показниками, які теж могли використовуватися при розрахунках є товарообіг на тисячу мешканців, щільність дислокації магазинів, ринків, місць загального харчування, населення, товарообіг на 1 магазин та товарообіг на 1 кв.км. Тому треба визначити розподіл умов перевезень по групах за критеріями «щільність дислокації торговельних точок» і «середній обсяг товарообігу» для подальшої їх систематизації з метою точного визначення вимог до РС для доставки вантажів і тенденцій їх зміни.

При цьому треба мінімізувати кількість кластерів для запобігання зайвої деталізації і визначення найбільш загальних властивостей потенційних районів перевезень і забезпечення можливості достатньо точного прогнозу вимог до парку РС.

Необхідно визначити розподіл умов перевезень по групах за критеріями «щільність дислокації торговельних точок» і «середній обсяг товарообігу». Після кластеризації отримано шість груп міст зі схожими параметрами. Підсумки кластеризації і відстані схожості об'єктів (міст) приведені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Відстані схожості об'єктів

Місто	Щільність дислокації магазинів, λ , од./км ²	Товарообіг на 1 магазин, T , млн. грн.	Номер кластеру	Відстань схожості
1	2	3	4	5
Херсон	30,029	0,181	1	3,29
Мелітополь	24,000	0,253	1	1,01
Вінниця	23,284	0,818	1	1,51
Ужгород	21,010	1,147	1	3,13

Продовження табл. 4.1

1	2	3	4	5
Черкаси	24,782	0,463	1	0,44
Біла церква	15,430	0,135	2	0,40
Бердянськ	15,502	0,047	2	0,47
Львів	16,706	1,700	2	1,21
Івано-Франківськ	13,453	0,691	2	1,33
Хмельницький	15,557	0,897	2	0,22
Житомир	12,031	1,099	3	0,68
Полтава	10,485	0,597	3	0,55
Чернівці	11,533	0,072	3	0,80
Чернігів	10,751	1,183	3	0,23
Тернопіль	11,500	1,911	3	0,64
Кременчук	10,271	0,743	3	0,62
Маріуполь	11,730	1,359	3	0,50
Харків	10,275	1,892	3	0,79
Луцьк	9,500	2,049	4	1,05
Дніпро	9,325	1,452	4	0,67
Запоріжжя	7,940	1,012	4	0,42
Суми	9,124	1,201	4	0,46
Київ	5,371	2,392	5	0,84
Кропивницький	1,718	2,898	6	0,71

Крім даних за містами, що представлені в табл. 4.1 до вибірки включені дані і по іншим містам, по яким відома вихідна інформація. Взаємне розташування та межі кластерів наведені на рис. 4.1, де наведена графічна інтерпретація розподілу.

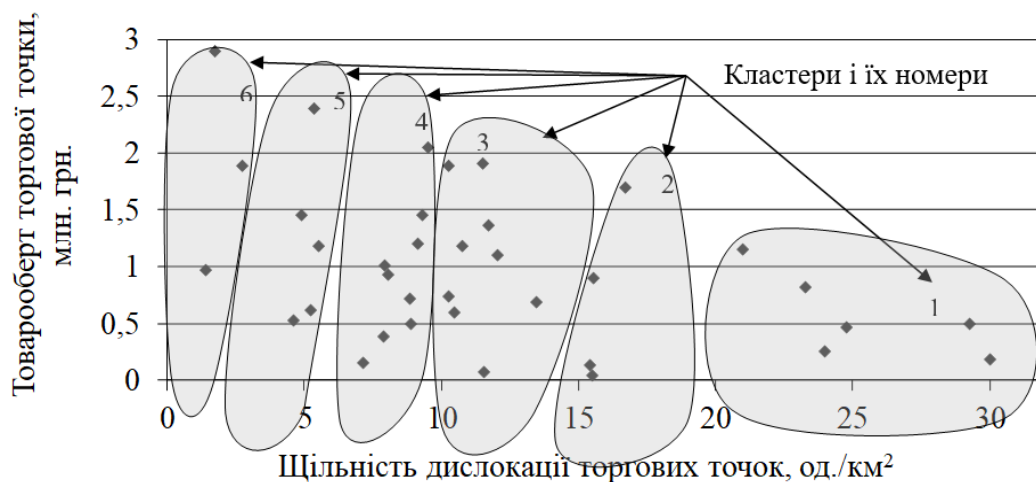
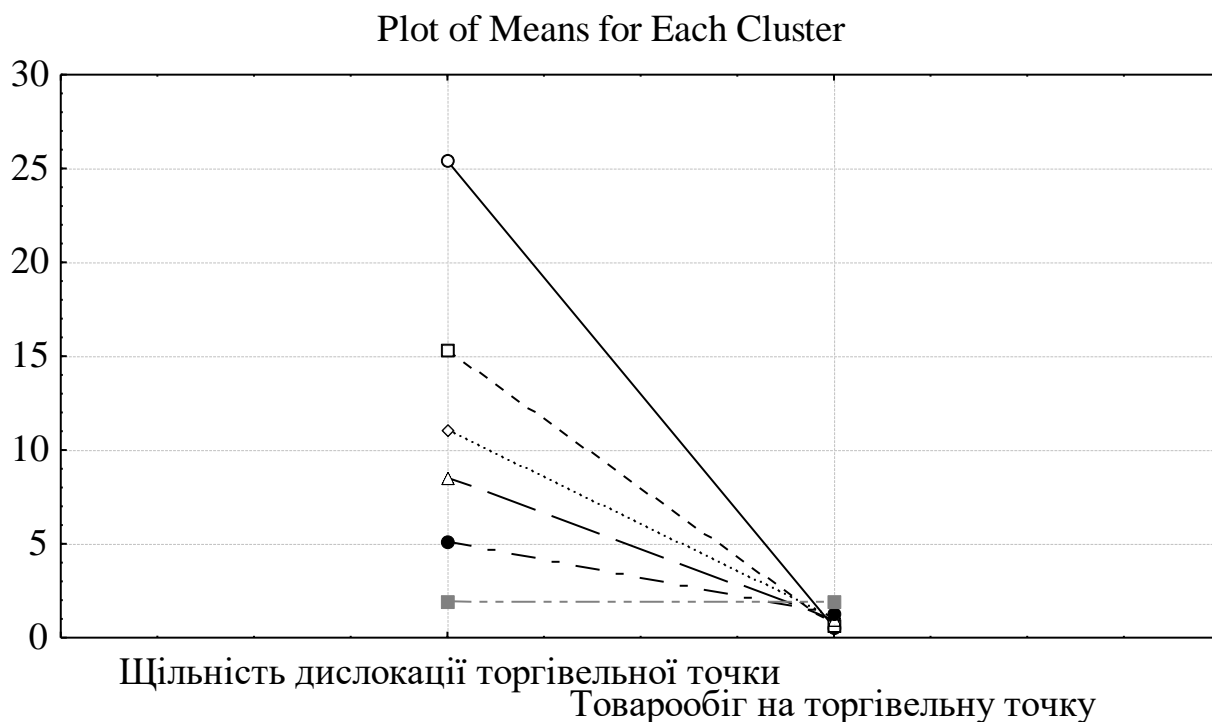


Рис. 4.1. Розподіл міст по кластерам в факторному просторі

Кожний кластер має свої середні значення основних показників-рангів щільності дислокації магазинів та товарообігу на 1 магазин. Наприклад, для першого кластеру щільність дислокації торговельних точок в середньому становить 25,398, а товарообіг на 1 торговельну точку – 0,56. Середні значення показників для інших кластерів представлені на рис. 4.2.



- Умовні позначення:
- Кластер 1; -□- Кластер 2; ◇..... Кластер 3;
 - Кластер 4; -●- Кластер 5; -■- Кластер 6.

Рис. 4.2. Граф середніх значень

Міста України однакових кластерів мають схожі основні соціальні, промислові, територіальні характеристики. Отже, в результаті кластеризації було отримано групи, які представляють сукупність міст зі схожими параметрами.

Розглянувши характеристики міст першого кластеру, можна побачити, що до цієї групи входять міста з малорозвинутою економікою, але це міста, які представляють культурну та історичну цінність. Частина міст є обласними центрами. Чисельність населення в середньому складає від 100 до 1060 тис. людей. На території цих міст знаходяться 1-5 промислових підприємств, харчова промисловість мало розвинута, але представлена такими галузями харчової промис-

ловості, як молочна, борошномельна та хлібопекарня, частково м'ясна.

Особливістю другого кластеру є те, що до нього увійшли майже всі міста Західної України, а так як ці міста граничать з країнами Європи, то тут добре розвинена торгівля, велика кількість ринків. Чисельність населення в середньому складає 100-900 тис. осіб. Промисловість представлена у виді машинобудівництва та металообробки. Харчова промисловість представлена м'ясною, кондитерською, макаронною та іншими галузями.

Характерними рисами третього кластеру є розвинута економіка: хімічна, легка та харчова промисловості. Частина міст є обласними центрами. На території цих міст знаходиться 10-12 великих промислових підприємств, цукрові, маслоробні та сироварні заводи.

Четвертий кластер представлений обласними центрами невеликими за площею та населенням (150-400 тис. осіб). У цих містах розвинена легка та харчова промисловості. На території міст, які увійшли до цього кластеру, знаходяться цукрові, виноробні заводи. Харчова промисловість представлена молочною, кондитерською, макаронною, хлібопекарною та іншими галузями.

До п'ятої групи увійшли обласні центри та столиця. Це міста з добре розвиненою економікою, харчовою, машинобудівельною, хімічною промисловістю. На території цих міст знаходяться такі харчові заводи, як цукрові, спиртові та інші. Харчова промисловість представлена такими галузями, як м'ясна, молочна, консервна та інші.

До останнього кластеру увійшли міста з малорозвиненою економікою в цілому, але все ж таки з розвиненою легкою промисловістю. Ці міста мають відносно невелику кількість населення (100-300 тис. осіб.). На території цих міст знаходяться цукрові, виноробні та спиртові заводи. Харчова промисловість представлена м'ясною, олієжировою та іншими галузями.

Серед особливостей отриманого групування слід також відзначити таку закономірність – якщо середнє значення щільності дислокації торгових точок від кластера до кластера зменшується, то середній річний обсяг товарообігу, за одним виключенням: кластер 4, – збільшується (табл. 4.2).

Найбільш значущим показником, що відрізняє умови перевезень, є щільність дислокації роздрібних торгових точок. За цим по-

казником кластери відрізняються один від одного на порядок, тоді як за показником середнього річного обсягу товарообігу торгової точки вони відрізняються менш ніж в чотири рази. Отримані групи міст України зі схожими характеристиками району перевезень та попиту в роздрібній торговельній мережі, що дозволить отримати зони ефективного використання окремих способів резервування ПМ парку РС.

Таблиця 4.2

Середні значення факторів

Кластер	Щільність дислокації торгових точок, од./км ²	Середній річний обсяг товарообігу торгової точки, млн. грн.
1	25,398	0,560
2	15,330	0,694
3	11,072	1,107
4	8,525	0,933
5	5,126	1,237
6	1,948	1,920

Для вибору конкретного способу резервування ПМ парку РС під конкретні умови перевезень, доцільно проваріювати зовнішні фактори і порівняти витрати на доставку при використанні різних способів резервування і без резервування ПМ парку РС (задача 0 табл.4.3). Значущих факторів шість, що представлені у третьому розділі при побудові апроксимуючих моделей. Варіювання фактору проводиться за трьома рівнями факторів – мінімум, максимум і середнє значення («mid» табл. 4.3). Розрахунки витрат проводилися для кожного кластеру окремо, тобто змінювалися значення двох факторів – щільності дислокації торгової точки і середнього розміру замовлення. Порівняння значень одержаних витрат при різних способах резервування ПМ парку РС дозволило визначити і присвоїти ранги для кожного способу. Також розглядається як можливий варіант відсутність резервування ПМ парку РС. Мінімальний ранг – 1 – присвоюється для способу резервування, при якому приведені логістичні витрати мінімальні, максимальний ранг 5 – для способу резервування, при якому приведені логістичні витрати максимальні. За допомогою отриманих рангів для способів резервування ПМ при доставці в торгові точки «великих» і «дрібних» форматів (табл. 4.3 та 4.4) мож-

ливо визначити пріоритетний спосіб резервування ПМ парку РС під конкретні умови доставки.

При доставці гуртових вантажів в торгові точки «дрібних» форматів, найбільш ефективним вбачається використання парку РС збільшеної вантажності в порівнянні з розрахунковим значенням (задача 1 табл. 4.3, табл. 4.4), і поєднання трьох способів резервування (задача 4 табл. 4.3, табл. 4.4). При використанні залученого парку РС (задача 3 табл. 4.3, табл. 4.4) ефективність доставки низька із-за високої оренди РС на ринку послуг.

При доставці гуртових вантажів в торгові точки «великих» форматів, конкуруючими є перша і четверта постановки задач. Також конкуруючими є третя і четверта постановка задач для всіх кластерів. У разі неможливості на практиці використання першої і четвертої постановок задач, залучення додаткових одиниць парку РС дозволить зменшити витрати порівняно з використанням парку РС без резервування ПМ. Для всіх кластерів відсутність резервування ПМ парку РС обумовлено завищеними логістичними витратами, ранг для даної постановки задачі дорівнює 5.

При доставці вантажів в торгові точки «дрібних» форматів в містах, які відносяться до першого кластеру, неефективним є використання запасу по вантажності при мінімальних значеннях факторів, таких як середня відстань доставки (3 км), середній розмір замовлення (0,37 т), штрафна ставка (500 грн./т), коефіцієнт варіації попиту (0,1). При даних значеннях факторів доцільно резервувати ПМ парку РС за рахунок додаткових одиниць парку РС. У разі якщо всі значення факторів приймають мінімальні значення, то можливий варіант відсутності резервування ПМ парку РС. При високих штрафних ставках доцільне резервування ПМ при використанні трьох способів резервування.

При доставці вантажів в торгові точки «дрібних» форматів в містах, які відносяться до другого кластеру, ефективним є використання запасу по вантажності і резервування ПМ, за рахунок резервних одиниць РС.

У разі якщо всі значення факторів приймають мінімальні значення, то можлива відсутність резервування ПМ. Однак при збільшенні значень штрафів за недопоставку доцільним є резервування ПМ будь-яким можливим способом.

Таблиця 4.3

Ранжування способів резервування для кластерів міст України при доставці вантажів в торгові точки «дрібних» форматів для перевезення в містах

Кластер	Ранг	Задача 0		Задача 1		Задача 2		Задача 3		Задача 4	
		%	mid	%	mid	%	mid	%	mid	%	mid
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 клас-тер	5	33,88	4,335	-	1,302	-	2,755	66,12	4,661	-	1,947
	4	65,71		-		-		33,88		0,41	
	3	0,41		0,96		86,28		-		68,72	
	2	-		28,26		3,02		-		12,35	
	1	-		70,78		10,7		-		18,52	
2 клас-тер	5	42,94	4,392	-	1,328	-	2,699	55,83	4,558	1,24	2,022
	4	53,78		-		-		44,17		2,06	
	3	2,88		4,53		83,13		-		9,46	
	2	0,4		23,73		3,7		-		72,15	
	1	-		71,74		13,17		-		15,09	
3 клас-тер	5	46,37	4,436	-	1,252	-	2,733	52,67	4,526	0,96	2,052
	4	50,89		-		-		47,33		1,78	
	3	2,74		1,65		85,6		-		10,01	
	2	-		21,95		2,06		-		76	
	1	-		76,4		12,34		-		11,25	
4 клас-тер	5	51,44	4,506	-	1,228	-	2,802	48,56	4,485	-	1,978
	4	47,74		-		-		51,44		0,82	
	3	0,82		1,24		88,89		-		9,05	
	2	-		20,3		2,47		-		77,24	
	1	-		78,46		8,64		-		12,89	

Продовження табл. 4.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5 клас-тер	5	64,06	4,641	-	1,151	-	2,860	35,94	4,359	-	1,989
	4	35,94		-		-		64,06		-	
	3	-		-		91,77		8,23			
	2	-		15,09		2,47		82,44			
	1	-		84,91		5,76		9,33			
6 клас-тер	5	77,78	4,777	-	1,417	-	2,946	22,22	4,222	-	1,636
	4	22,22		-		-		77,78		-	
	3	-		-		96,71		3,29			
	2	-		41,7		1,24		57,07			
	1	-		58,3		2,05		39,64			

Таблиця 4.4

Ранжування способів резервування для кластерів міст України при доставці вантажів в торгові точки «великих» форматів для перевезення в містах

Клас-тер	Ранг	Задача 0		Задача 1		Задача 2		Задача 3		Задача 4	
		%	mid	%	mid	%	mid	%	mid	%	mid
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 клас-тер	5	100	5	-	1,542	-	3,159	-	3,841	-	1,458
	4	-		-		15,91		84,09		-	
	3	-		-		84,09		15,91		45,82	
	2	-		54,18		-		-		54,18	
	1	-		45,82		-		-		-	
2 клас-тер	5	100	5	-	1,626	-	3,143	-	3,857	-	1,374
	4	-		-		14,27		85,73		-	
	3	-		-		85,73		14,27		37,45	
	2	-		62,55		-		-		62,55	
	1	-		37,45		-		-		-	

Продовження табл. 4.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3 клас-тер	5	100	5	-	1,628	-	3,15	-	3,850	-	1,371
	4	-		-		14,95		85,05		-	
	3	-		-		85,05		14,95		-	
	2	-		62,83		-		-		37,17	
	1	-		37,17		-		-		62,83	
4 клас-тер	5	100	5	-	1,653	-	3,154	-	3,846	-	1,347
	4	-		-		15,36		84,64		-	
	3	-		-		84,64		15,36		-	
	2	-		65,3		-		-		34,7	
	1	-		34,7		-		-		65,3	
5 клас-тер	5	100	5	-	1,639	-	3,071	-	3,929	-	1,361
	4	-		-		7,13		92,87		-	
	3	-		-		92,87		7,13		-	
	2	-		63,92		-		-		36,08	
	1	-		36,08		-		-		63,92	
6 клас-тер	5	100	5	-	1,757	-	3,036	-	3,964	-	1,243
	4	-		-		3,57		96,43		-	
	3	-		-		96,43		3,57		-	
	2	-		75,72		-		-		24,28	
	1	-		24,28		-		-		75,72	

Використання резервних одиниць парку РС пріоритетніше порівняно з створенням запасу по вантажності для випадків, коли постачальник знаходиться в районі обслуговування, середня відстань доставки максимальна (20-30 км), а мінімальний розмір замовлення (0,1-0,5т).

Для третьої групи міст найбільш ефективним є резервування ПМ за рахунок запасу по вантажності або поєднання трьох способів резервування. При малих розмірах замовлень (0,5 т) і невеликих штрафів за недопоставку (1000-1500 грн./т) ефективним є використання додаткових резервних одиниць РС. При середній відстані доставки, яка дорівнює 30 км, коли постачальник знаходиться в межах району перевезень, і розмірах замовлення мінімальних 0,1-0,15т і штрафів в межах 500 грн./т, коефіцієнт використання вантажності дорівнює 0,4 – поєднання трьох способів резервування не є ефективним, доцільним є використання резервного парку РС.

Для четвертого і п'ятого кластеру найбільш ефективним є створення запасу за вантажністю. Однак при мінімальних значеннях факторів, крім середньої відстані доставки (30 км) раціональним є залучення резервного парку РС.

Для шостої групи міст, де щільність дислокації торговельних точок висока, резервування ПМ за рахунок збільшення вантажності у порівнянні з розрахунковим значенням дозволить підвищити ефективність доставки та зменшити приведені логістичні витрати.

Аналіз середніх значень факторів для кожного рангу, кожного кластера при доставці гуртових вантажів в торгові точки «великих» форматів (див. табл.4.3) показав, що найбільш раціональним є використання запасу по вантажності, а при великих розміру замовлення (5-6 т) і при високому коефіцієнті варіації розміру замовлення (0,33) – поєднання трьох способів резервування. У разі неможливості реалізації попередніх двох способів резервування ПМ парку РС, конкуруючими є постановки завдань резервування ПМ за рахунок резервних одиниць парку РС та використання залученого транспорту. У всіх випадках, неефективним є відсутність резервування ПМ парку РС на підприємстві в умовах змінного попиту при доставці товарів в торгові точки «великих» форматів.

4.2 Методика резервування провізних можливостей парку автомобілів

Методика визначення раціонального способу резервування включає основні етапи (додаток В):

На першому етапі необхідно зібрати вихідні дані про характеристики попиту та району обслуговування, а саме визначити наступну інформацію: площа території, що обслуговується; кількість торгових точок, які зареєстровані на території, що обслуговується; обсяг партії продукції; дані про місце дислокації постачальника і кінцевих споживачів, дані про середній розмір замовлення торгової точки і коефіцієнт варіації попиту в цій торговельній точці.

На другому етапі визначають номер кластера, до якого можна відноситися даний район перевезень за двома критеріями – щільність дислокації і середній розмір замовлення за показником «евклідова» відстань.

На третьому етапі визначається технічна швидкість руху в залежності від виду повідомлення, схеми доставки. Так, у випадки міських перевезень технічна швидкість приймається 24 км/год, для міжміських – 50 км/год.

На наступних етапах передбачається вибір можливого способу резервування в залежності від умов доставки, характеристик попиту і району перевезень. У загальному випадку, вибір способу резервування ПМ парку автомобілів проводиться за даними табл. 4.2-4.3, де представлені ранги різних способів резервування для різних кластерів. У разі неможливості організації резервування ПМ парку автомобілів, можливий варіант організації роботи транспорту без резервування ПМ парку автомобілів.

Після вибору способу резервування ПМ парку автомобілів необхідно визначити раціональні параметри роботи парку автомобілів. Так, у разі створення запасу за вантажністю необхідно визначити кількість пунктів заїзду на маршруті і коефіцієнт запасу за вантажністю для міських умов по залежності (3.9) або для міжміських по залежності (3.10). Так, в якості обмежень приймається (2.2), крім того враховуються технологічні обмеження, такі як обмеження за вантажністю і часу оборту.

У разі резервування ПМ парку автомобілів, визначаються параметри роботи автомобільного парку, як основного, так і резервного.

Оптимізаційними параметрами є кількість пунктів заїзду на маршруті і коефіцієнт запасу ПМ резервного парку автомобілів. У разі міських перевезень параметри визначаються по залежності (3.11), при міжміських перевезеннях – по (3.12). При цьому враховується система обмежень задачі (2.4) і додаткові технологічні обмеження.

У випадку, коли попит на перевезення перевищує ПМ парку автомобілів, можливий варіант використання залученого транспорту. Оптимізаційними параметрами є кількість пунктів заїзду на маршруті основного та залученого транспорту. Для міських перевезень оптимізаційні параметри визначаються по залежності (3.13), для міжміських – по (3.14). Необхідно врахувати обмеження (2.6), часу оборту і вантажності, як на маршруті основного, так і залученого транспорту.

У разі резервування ПМ при поєднанні трьох способів резервування, необхідно визначити оптимізаційні параметри роботи транспорту, такі як кількість пунктів заїзду на маршруті основного та залученого транспорту, коефіцієнти запасу за вантажністю і ПМ резервного транспорту для міських перевезень, які визначаються по залежності (3.15), для міжміських – по (3.16).

В разі неможливості резервування ПМ парку автомобілів, розглядається варіант доставки товарів у торговельну мережу без резервування ПМ парку автомобілів. Оптимізаційним параметром є кількість пунктів заїзду на маршруті, який для міських перевезень визначається по залежності (3.17), для міжміських – (3.18).

При виборі будь-якого із способів резервування ПМ парку автомобілів необхідно розрахувати обсяг недозавезення продукції в роздрібну торговельну мережу. Для розрахунку витрат на транспортування доцільно використовувати залежності (2.46, 2.75, 2.86-2.88). Дана величина прямо залежить від обсягу недозавезення і величини штрафних санкцій.

Останнім етапом виконується розрахунок сумарних наведених логістичних витрат на доставку продукції. При цьому необхідно враховувати вид повідомлення при доставці і формат торгової точки. Сумарні витрати розраховуються з використанням залежностей (2.51-2.53, 2.88, 2.113, 2.116).

4.3 Оцінка економічного ефекту резервування провізних можливостей парку рухомого складу

Економічна ефективність отриманих моделей у порівнянні з існуючими схемами доставки продукції без використання раціональних схем резервування ПМ парку РС, в першу чергу, показує доцільність використання запропонованої методики резервування ПМ парку РС як технологічного способу компенсації коливань попиту.

Ефективність отриманих моделей проаналізовано на схемі доставки хлібобулочних і кондитерських виробів ПАТ «Шосткінський хлібокомбінат».

Середній розмір партії вантажу одному споживачеві становить $g=0,2$ т вантажу. Середня відстань доставки товарів у роздрібну торговельну мережу становить 5 км.

Для визначення коефіцієнта використання вантажності необхідно визначити клас вантажу. Клас вантажу визначається не тільки його фізичними властивостями, але і спосіб його упаковки (затарювання): хліб печений в лотках – до 3-го класу; хліб печений дрібноштучний – до 4-го класу; макаронні вироби – до 3-го; кондитерські вироби – до 4-го. Таким чином, коефіцієнт використання вантажності дорівнює 0,55.

Існує затверджений порядок поставки продукції підприємства в роздрібні торгові точки. Так, допускаються відхилення від встановленого графіком часу доставки хлібобулочних виробів в денний час – не більше ніж на одну годину; у нічний час (з 22.00 до 6.00) – не більше двох годин після настання строку, встановленого графіком. При доставці продукції підприємства з порушенням асортименту, передбаченого добовим замовленням, а також графіка більш ніж на дві години, представник торгової точки має право відмовитися повністю або частково від приймання виробів з відміткою в товарно-транспортній накладній про причини відмови. За порушення графіка доставки хлібобулочних та кондитерських виробів в нефірмові торгові точки постачальник сплачує споживачеві (торговим точкам) за кожен випадок відхилення від графіка штрафну ставку залежно від часу відхилення від графіка. Розміри штрафної ставки передбачаються в договорі, укладеного підприємством-виробником з роздрібними торговельними підприємствами (організаціями). За порушення графіку в нічний час сторона сплачує санкції в половинному розмірі. За

несвоєчасне вивезення від одержувача недоброякісних, черствих і деформованих хлібобулочних виробів постачальник сплачує покупцеві штраф за кожен день прострочення. При пред'явленні претензій та позовів про стягнення неустойок (штрафів) сторони вправі їх підсумовування не більш ніж за місяць. Однак частина договорів передбачають відсутність відповідальності за невиконання замовлень в повному обсязі і асортименті постачальника, а також дотримання термінів доставки товару Заявка на хліб подається щодня до 13.00, на булочні вироби – до 12.00 та кондитерські вироби – до 15.00. Мінімальна норма заявки і відвантаження в одну торгову точку не повинна бути менше 50 кг.

Площа м. Шостка становить 36 км², чисельність населення 79,5 тис. чол. Виходячи з кількості зареєстрованих торгових точок різних форматів, щільність дислокації торговельних точок становить 9,583 од/км², товарообіг однієї торгової точки за рік в середньому становить 0,64 млн. грн.

Згідно рекомендацій щодо схем резервування для кожного кластера, для м. Шостки ефективним є створення запасу за вантажністю як найбільш ефективного технологічного способу компенсації коливань попиту. Оптимізаційними параметрами виступають кількість пунктів заїзду на маршруті і коефіцієнт запасу за вантажністю. Припускаючи можливість створення запасу за вантажністю, оптимізаційні параметри для конкретних умов визначаються по залежності 3.9 і складуть

$$\begin{cases} n_3 = 11,5017 \cdot 1,005^{4,64} \cdot 1,0343^5 \cdot 0,5692^{0,2} \cdot 0,9999^{900} \cdot 0,4362^{0,15} \cdot 1,8699^{0,55} = 14,17 \\ k_3 = 0,9934 \cdot 1,00023^{4,64} \cdot 0,9989^5 \cdot 1,0211^{0,2} \cdot 0,99992^{900} \cdot 1,993^{0,15} \cdot 1,0157^{0,55} = 1,03 \end{cases}$$

Таким чином, згідно з формулою (2.47), приведені логістичні витрати підприємства становлять

$$S_{\text{сум}} = \frac{\left[2 \cdot 5 + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{4,64}} \cdot (14,17 - 1) \right] \cdot \left(2 + \frac{0,5 \cdot 0,2 \cdot 1,03 \cdot 14,17}{0,55} \right)}{0,2 \cdot 14,17 - \frac{\sqrt{3} \cdot 0,2 \cdot \sqrt{14,17} (14,17 - 1,03^2 \cdot 14,17 + 3 \cdot 0,15^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,15 \cdot \sqrt{14,17})}{12 \cdot 0,15}} +$$

$$+ \frac{\left(5 + \frac{1 \cdot 0,2 \cdot 1,03 \cdot 14,17}{0,55} \right) \cdot \left[2 \cdot 0,15 + \frac{2 \cdot 5 + 0,76 \cdot \sqrt{\frac{1}{4,64}} \cdot (14,17 - 1)}{24} + 14,17 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,2 \cdot 1,03 \cdot 14,17 \cdot 0,05 \right]}{0,2 \cdot 14,17 - \frac{\sqrt{3} \cdot 0,2 \cdot \sqrt{14,17} (14,17 - 1,03^2 \cdot 14,17 + 3 \cdot 0,15^2 + 2 \cdot \sqrt{3} \cdot 0,15 \cdot \sqrt{14,17})}{12 \cdot 0,15}}$$

$$= \frac{900 \cdot (6 \cdot 0,15 \sqrt{14,17} + 3 \sqrt{3} \cdot 0,15^2 + \sqrt{3} \cdot 14,17 - \sqrt{3} \cdot 1,03^2 \cdot 14,17)}{3 \sqrt{3} \cdot 0,15^2 - 6 \cdot 0,15 \sqrt{14,17} + \sqrt{3} \cdot 14,17 - \sqrt{3} \cdot 1,03^2 \cdot 14,17} = 65,72$$

Приведені логістичні витрати підприємства становлять 65,72 грн./т, з них 17,91 грн./т становлять втрати підприємства від недопоставки продукції і 47,81 грн./т – собівартість перевезення. Порівняльний аналіз приведених логістичних витрат представлений в табл. 4.5.

Таблиця 4.5

Порівняльна характеристика приведених логістичних витрат підприємства при існуючій і пропонованій схемах доставки продукції

№	Показник	Схема доставки продукції	
		Існуюча	Пропонуєма
1	Кількість пунктів заїзду на маршруті, од	17	14,17
2	Коефіцієнт запасу за вантажністю	-	1,03
3	Вантажність автомобіля, т	3,4	2,92
4	Модель автомобіля	ГАЗ-33-106	Hyundai HD-78
5	Ймовірність недопостачання	0,5	0,283
6	Питомі сумарні втрати від неповного або несвоєчасного обслуговування клієнтури	26,88	17,9
7	Собівартість перевезень, грн./т	43,62	47,81
8	Приведені логістичні витрати підприємства, грн./т	70,5	65,71
9	Середній обсяг недопостачання вантажів на маршруті, т	0,285	0,200
10	Частка вантажу, яка не була завезена споживачам на маршруті	0,107	0,055

Грунтуючись на дані про річні показники роботи підприємства, що представлені у базі даних SMIDA – розвиток інфраструктури фондового ринку, річний товарообіг підприємства становить 22946 тис. грн., обсяг реалізації товарів – 7209 одиниць. Середня ціна за реалізований товар склала 8,5 грн./кг згідно з даними Держкомстату. Отже, обсяг реалізації товарів склав 2699,5 т.

Економічний ефект від використання запропонованих моделей резервування ПМ парку РС при перевезенні продукції в роздрібну торговельну мережу, що представляється у зменшенні витрат на доставку товарів розраховується по формулі

$$E = \frac{Z_{\text{існ}}}{Z_{\text{пр}}} - 100\%, \quad (4.1)$$

де $Z_{\text{існ}}$ – витрати на доставку продукції при існуючій схемі доставки, грн.;

$Z_{\text{пр}}$ – витрати на доставку продукції при використанні запропонованої схеми доставки, грн.

$$E = \frac{190314,75}{177864,25} - 100 = 7\% .$$

Отже впровадження запропонованої схеми доставки з резервуванням ПМ парку РС, за рахунок збільшення кількості пунктів заїзду автомобілів на маршруті порівняно з номінальною як одного з технологічних рішень компенсації коливань попиту дозволило отримати економічний ефект у вигляді зменшення логістичних витрат на доставку товарів на 7 % за рік.

Висновки

1. Основними ознаками класифікації міст України, заснованими на загальних для логістики і маркетингу інтересах, під час доставки СТ в роздрібну торгову мережу є щільність дислокації торговельних точок і товарообіг на одну торгову точку. Дослідження вказують на те, що з точки зору умов перевезень міста України можуть бути розподілені на шість груп. Комплексний облік щільності дислокації торговельних точок і товарообігу на одну

торгову точку, що обумовлюють технологічні і економічні показники перевізного процесу, дозволяє досить точно відрізнити групи один від одного.

2. Для всіх груп міст найбільш ефективним є створення запасу за вантажністю. У разі неможливості створення запасу за вантажністю, альтернативним способом є використання резервних одиниць РС. У разі неможливості використання даного способу резервування, ефективним є використання залученого транспорту. Поєднання трьох способів резервування ПМ парку РС, що дозволить зменшити логістичні витрати, є ефективним лише у випадках, коли середній розмір замовлення і коефіцієнт його варіації складуть відповідно 6 т і 0,5774.

3. Коефіцієнт запасу за вантажністю при доставці продовольчих товарів у торгові точки повинен бути в межах 1,0-1,191 для міських перевезень, і 1,0-1,133 – для міжміських. При збільшенні віддаленості постачальника від району обслуговування резерв ПМ повинен зменшуватися, тобто значення коефіцієнта запасу за вантажністю повинно наближатися до 1,0.

4. Впровадження запропонованої схеми доставки з резервуванням ПМ парку РС на ТОВ «Шосткінський хлібокомбінат», за рахунок збільшення кількості пунктів заїзду автомобілів на маршрути порівняно з номінальною дозволило отримати економічний ефект у вигляді зменшення логістичних витрат на доставку товарів на 7% за рік.

ВИСНОВКИ

1. В існуючих теоретичних підходів до проектування роботи транспорту в ланцюзі постачань в умовах змінного попиту на перевезення відсутні методики резервування провізних можливостей, що з урахуванням втрат від неповного завезення продукції призводить до втрати прибутку. В даній галузі існує проблема наукового обґрунтування різних способів резервування провізних можливостей парку автомобільного транспорту при перевезеннях гуртових вантажів в умовах перманентних коливань попиту.

2. Основними ознаками класифікації міст України, обумовленими загальними для логістики і маркетингу інтересами під час доставки продукції в роздрібну торгову мережу є щільність дислокації торгових точок і середній товарообіг торгової точки. Проведені дослідження вказують на те, що з цієї точки зору міста України можуть бути розділені на шість груп.

3. Аналіз математичних моделей приведених логістичних витрат доводить, що комплексний вплив параметрів транспортної ланки ланцюга постачань, а саме кількість пунктів заїзду на маршруті основного та залученого транспорту, коефіцієнт запасу за вантажністю та запасу провізних можливостей резервного транспорту на витрати описується вогнутою функцією, що є теоретичною підставою до можливості мінімізації витрат за рахунок резервування провізних можливостей парку рухомого складу.

4. Отримані оптимізаційні моделі, що враховують умови доставки, параметри технологічного процесу доставки та спосіб резервування провізних можливостей парку рухомого складу, дозволяють визначити кількісні характеристики впливу способів резервування на приведені логістичні витрати, що, у свою чергу, визначає раціональний спосіб резервування провізних можливостей парку рухомого складу.

5. Значущими факторами, що обумовлюють зміну приведених витрат на доставку споживчих товарів є середній розмір замовлення, щільність дислокації торговельних точок, середня відстань доставки вантажу, розмір штрафу за недопоставку одиниці товару, коефіцієнт використання вантажопідйомності і коефіцієнт варіювання розміру замовлення. За результатами чисельного експерименту визначені апроксимуючі моделі раціональних параметрів роботи парку рухомого

складу для чотирьох можливих способів резервування провізних можливостей парку рухомого складу. Визначено, що рівень значущості апроксимуючих моделей технологічних параметрів та резерву провізних можливостей не перевищив 0,05, що дозволяє вважати отримані апроксимуючі моделі адекватними.

6. Застосування розробленої методики резервування ПМ РС до визначених в роботі областей існування факторів показав, що для всіх груп міст ефективним є створення запасу за вантажністю. У разі неможливості створення запасу за вантажністю, альтернативним способом є використання резервних одиниць рухомого складу. Якщо неможливо впровадити вказаний спосіб резервування, то ефективним є використання залученого транспорту. Поєднання трьох способів резервування провізних можливостей парку рухомого складу є ефективним лише у випадках, коли середній розмір замовлення і коефіцієнт його варіації складуть відповідно 6 т і 0,58.

7. Раціональне значення коефіцієнта запасу за вантажністю при доставці споживчих товарів в торгові точки становить 1,0-1,19 для міських перевезень та 1,0-1,13 – для міжміських. При збільшенні віддаленості постачальника від району обслуговування резерв провізних можливостей необхідно зменшувати, тобто раціональне значення коефіцієнта запасу за вантажністю може наближатися до 1,0.

8. Впровадження запропонованої схеми доставки з резервуванням провізних можливостей парку рухомого складу на ТОВ «Шосткінський хлібокомбінат» за рахунок збільшення вантажності автомобілів, порівняно з розрахунковим значенням, як одного з технологічних рішень компенсації коливань попиту, дозволило отримати економічний ефект у вигляді зменшення приведених логістичних витрат на доставку товарів у 7% за рік.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Berman B., Evans Joel R. Retail Management: A strategic approach. M. : Prentice Hall; 12th edition, 2012. 624 с.
2. Dion J., Topping T. Start and Run a Retail Business. Self-Counsel Press, 2007. 248 p.
3. Kingaard, J. Start your own successful retail business: your step-by-step guide to success. Irvine, CA: Entrepreneur Press, 2002. 250 p.
4. Picot-Coupey, K. The pop-up store as a foreign operation mode (FOM) for retailers. International Journal of Retail & Distribution Management, 42(7), 2014). 643–670.
5. Levy M., Weitz B., Grewal Dhr. Retailing Management, McGraw Hill; 10th edition, 2018. 608 p.
6. Внутрішня торгівля. Статистична інформація : Держ. служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення:10.02.2022).
7. Обзор рынка продуктов питания : Інформаційне агентство «РосБізнесКонсалтинг України». URL:: <https://marketing.rbc.ua/> (дата звернення:10.02.2022).
8. Race for Value: Towards the Digital Supply Chain : CAMELOT Management Consultants. URL:: <https://blog.camelot-group.com/2021/06/setting-the-table-designing-a-supply-chain-network-in-grocery-retail/> (дата звернення:26.09.2022).
9. John B. Handbook of Logistics, Shipping & Commercial Terminologies. Notion Press, 2019. 338 p.
10. Sullivan M., Adcock. D. Retail Marketing. Cengage Learning; 1st edition, 2002. 368 p.
11. Clodfelter R. Retail Buying: From Basics to Fashion. New York: Fairchild Books, 6th Edition. 2013. 546 p.
12. Балджи М.Д., Допіра І.А., Однолько В.О. Економіка та організація торгівлі: Навчальний посібник. Київ. Кондор. 2017. С. 368.
13. Николайчук В.Е., Кузнецов В.Г. Теория и практика управления материальными потоками (логистическая концепция): монография. Донецк : «КИТИС», 1999. 413 с.
14. Moreira-Matias L., Mendes-Moreira J., Gama J., and Ferreira M. On Improving Operational Planning and Control in Public Transportation Networks using Streaming Data: A Machine Learning Approach.

Artigo em Livro de Atas de Conferência Internacional. ECML/PKDD. 2014. pp. 41-50.

15. Ковальчук С. М. Інформаційна логістика та удосконалення процесів товаропостачання роздрібною торговельною мережі. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". 580 : Логістика. 2007. С. 422–429.*

16. Скрипін В. С. Куш Є. І. Формування розвізних маршрутів тарно-штучних вантажів в містах. *Збірник наукових праць українського державного університету залізничного транспорту. Харків : УкрДУЗТ, Вип. 160. 2016. С. 97–105.*

17. М'яких І.М. Роль і місце автомобільного транспорту в системі споживчої кооперації та напрямки покращення транспортних послуг в Україні. *Актуальні проблеми економіки. №7(97). 2009. С.71-76.*

18. *Logist.FM*, Архів номерів 2009-2011. : Інформаційно-аналітичний ресурс. URL: <https://web.archive.org/web/20211127140311/https://logist.fm/> (дата звернення:15.11.2014).

19. *Дистрибуція та логістика*, Архів номерів 2009-2011. / за ред. Голоцван Л.В. К. : Видавництво ТОВ «Квента».

20. *Транспорт і логістика*, Архів номерів 2011-2012. URL: <https://translogistics.com.ua/> (дата звернення:15.11.2014).

21. *Transport & logistics magazine*, Archive of issues 2009-2011. – URL: <https://tandlonline.com/>.(viewed on15.11.2014).

22. *Транспорт і логістика*, Архів номерів 2006-2008 / за ред. Савруцький В.С. – К. : ТОВ «Консалтингова компанія «Логістичний Консалтинг Центр». URL: <http://translog.com.ua/archive/?year=2006>. (дата звернення:15.11.2014).

23. *Logistics management*, Archive of issues 2009-2011 / for editor. Michael Levans. Massachusetts, USA : Publishing company «Peerless Media» in Framingham. URL: <https://ru-ru.facebook.com/LogisticsManagement>. (viewed on 15.11.2014).

24. *Manufacturing & Logistics*, Archive of issues 2009-2011 / for editor. Ed Holden J. – Massachusetts, UK : The Magazine Printing Company plc. URL: <https://ru-ru.facebook.com/LogisticsManagement>. (viewed on 15.11.2014).

25. Заборський Л. О. Методичні основи організації транспортно-технологічних процесів у системах доставки вантажів : автореф.

дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.22.01. Одеса : Одеськ. нац. морськ. ун-т, 2008. 20 с.

26. Ярещенко Н. В., Лихман А. Г. Підвищення ефективності перевезення вантажів. Східно-європейський журнал передових технологій. 2011. Vol. 2. № 4 (50). С. 22-24.

27. Якимишин Л.Я. Логістика ланцюгів поставок товарів повсякденного попиту. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А. 2017. 220 с.

28. Воркут Т. А. Проектування систем транспортного обслуговування в ланцюгах постачань : моногр. К.: НТУ «КПІ», 2002. 248 с

29. Дедюлина О. С. Влияние сервисной логистики на конкурентоспособность организации. *Проблемы подготовки профессиональных кадров по логистике в условиях глобальной конкурентной среды*: Сборник докладов IX Международной научно-практической конференции (27-28 октября 2011г). Часть 1. Киев : НАУ, 2011. С. 71 – 74с.

30. Гурч Л. М. Логістика. К.: ДП Видавничий дім «Персонал». 2008. 560 с.

31. Кунда Н. Т., Олещук Н. В. Оптимізація схеми доставки дрібнопартійних вантажів автомобільним транспортом. Вісник Національного транспортного університету. 2018. № 1. С. 178-187.

32. Чухрай Н.І., Патора Р. Інновації та логістика товарів: монографія. Львів: Вид-во Національного університету "Львівська політехніка", 2002. 262 с.

33. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. К.: Вища школа, 1986. 447 с.

34. Bowersox D. J., Closs D. J. *Logistical Management: The Integrated Supply Chain Process*. McGraw-Hill Companies, 1996 730 p.

35. Воркут А.И., Калинин А.Г., Ковалик А.Г., Рудык А.С.. *Транспортное обслуживание торгово-оптовых баз*. К.: Техника, 1985. 112 с.

36. Трушкіна Н. В. Управління логістичною діяльністю підприємства: теоретичні аспекти. *Management of economic systems*. 2017. С. 68-77.

37. Колосок В. М., Ходова Я. О. Економіка транспортних підприємств. Маріуполь : ПДТУ. 2017. 187 с.

38. Якименко Н. Выявы. Застосування логістичного підходу в діяльності транспортної системи. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2014. № 45. С. 259-262.

39. Нечаев Г. И. Основы организации работы и управления транспортноскладскими комплексами. Луганск : ВУГУ, 1998. 226 с.
40. Stock J., Lambert D. Strategic Logistics Management. 4th Edition, McGraw Hill, New York, 2000. 896 p.
41. Нефьодов В. М. Підвищення ефективності автомобільних перевезень партійних вантажів з використанням розподільчих центрів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Харків, 2007. 20 с.
42. Мирошниченко Л. О. Автомобильные перевозки: организация и учет / Л. О. Мирошниченко, Г. В. Сапрыкин // Х. : Фактор. – 2004. – 522 с.
43. Хабутдінов Р.А. Системне формування технологій автомобільних перевезень за критеріями енерго- і ресурсовіддачі : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. К., 2003. 42 с.
44. Кушнір Ю., Уткін Г., Тесленко В., Халіпова Н. Організація ефективного процесу доставки вантажів в розподільчій системі на основі імітаційного моделювання. *Грааль Науки*. 11. 2022. С. 266-275.
45. Repin S., Zazykin A., Gordienko V. Method of forming a fleet of transport and technological machines for road construction. *Thirteenth International Conference on Organization and Traffic Safety Management in Large Cities*. 36, 2018, P. 654-660.
46. Coyle J., Bardi E., Langley C. Zarzadzanie logistyczne. – Warszawa: PWE, 2002. – 734 s.
47. Крикавський Є. В. Логістика для економістів. Львів : «Львівська політехніка». 2–ге вид. 2014. 476 с.
48. Baublys A. Modelling freight flows at transport terminal and vehicle fleet of optimal carrying capacity. *Transport and Telecommunication*. Riga, 2006. Vol. 7, No.2. P. 254-261.
49. Papij Vl., Popovij J. Vehicle fleet management: a Bayesian approach. *Yugoslav Journal of Operations Research*. Belgrade, Yugoslavia, 2011. Vol.11, No.1. P. 77-91.
50. Cherry Ch.R. Development of Duration Models to Determine Rolling Stock Fleet Size . *Journal of Public Transportation*, 2005. Vol. 8, No. 3. P. 57-70.
51. Наумов В.С. Формирование рациональной структуры автопарка в условиях случайных характеристик потока заявок на перевозку грузов: дис ... канд. техн. наук: 05.22.01. Х., 2006. 187 с.

52. Berwick M. D., Dooley F. Truck costs for owner/operators. Upper Great Plains Transportation Institute. North Dakota State University. 1997. № 97-81. P. 37-56.

53. Джонс Р., Мерфи Д. Оздоровление розничной торговли: Как установить успешную стратегию взаимоотношений. Днепр: Баланс Бизнес Букс, 2005. 273 с.

54. Василенко Т. Є. Губін О. Є. Підвищення ефективності роботи суб'єктів підприємницької діяльності при перевезенні дрібно-партійних вантажів автомобільним транспортом. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2014. №. 1. С. 28-33.

55. Гулиев Г.М. Автомобильный транспорт: пути снижения себестоимости перевозок. Баку, 1988. 70 с.

56. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improving Services. UK: Pitman Publishing, 1992. 231p.

57. Нагорний Є. В., Скорік О. О. Оцінка економічного ефекту від впровадження та використання оптимальних параметрів каналів розподілу вантажопотоків. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. 2008. (31). С. 43-44.

58. Engblom J., Solakivi T., Töyli J., Ojala L. Multiple-method analysis of logistics costs. *International journal of production economics*. 137. 2012. P. 29-35.

59. Perboli G., Tadei R., Vigo D. The two-echelon capacitated vehicle routing problem: models and math-based heuristics. *Transportation Science*, 2011. 45(3). pp. 364-380.

60. Waters D. Supply Chain Management: An Introduction to Logistics. Red Globe Press; 2nd edition. 2008. 511 p.

61. Горяинов А.Н., Комирная Л.А. Определение резервов транспорта в логистической системе. *Науково-виробничий збірник «Вісті Автомобільно-дорожнього інституту»*. 2008. Вып.1(6). С.69.

62. Яцукович Ч.И. Сколько нужно резервных автобусов? *«Автомобильный транспорт»*, 1981. Вып.5. С.15-16.

63. Воронин Д., Жобин П., Абдурахманов А. Резервы повышения эффективности использования автобусов. *«Автомобильный транспорт»*. 1978. Вып. 7. С. 18-19.

64. Левковец П.Р., Товкун Д.П. Управление перевозками грузов и логистика. К.: НТУ, 2002. 145 с.

65. Бутор Л.В. Резервирование как оптимизация надежности автомобильного транспорта промышленного предприятия. *Проблемы экономики, организации и управления промышленными предприятиями : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры экономики и организации машиностроительного производства*, 2017 г., Минск, С.56-60.

66. Голобородкин Б.М. Методы оптимизации резервов на автомобильном транспорте. *Труды НИИАТ*. 1976. Вып.2. 106 с.

67. Спирин И.В. Резервирование автобусов на городском транспорте. М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1980. 41 с.

68. Almetova Z., Shepelev V., Makarova I., Shepeleva E., Gritsenko A. Methodical framework for evaluating the level of the carrying capacity of transport systems in view of the irregularity of cargo flows. Paper presented at the Transportation Research Procedia. 2018. № 30. С. 226-235.

69. Шептура А.Н. Повышение эффективности автомобильных перевозок партионных грузов при переменном спросе на перевозки: дис. ... канд. техн. наук.: 05.22.01. Х.: ХНАДУ, 2004. 162 с.

70. Tapaninen U. Maritime Transport: Shipping Logistics and Operations. Kogan Page. 1st Edition. 2020. 224 p.

71. Kockelman K., Chen D., Dr. Larsen K., Nichols B. The economics of transportation systems: a reference for practitioners. *Center for Transportation Research. The University of Texas at Austin*. 2013. 310 p.

72. Сумец А.М. Логистика автотранспортных систем. Часть 2. Прогнозирование затрат на запасные части агрегатов автомобилей: Монография. Х.: ООО «Контур», 2007. 112 с.

73. Беспалов Р.С. Транспортная логистика. Новейшие технологии построения эффективной системы доставки. К.: Вершина, 2008. 384 с.

74. Jaramillo-Álvarez P., Gonzalez-Calderon c. Carlos A. Gonzalez-Calderon, González-Calderón G. Route optimization of urban public transportation. *Dyna (Medellin, Colombia)*. 80(180). 2013. PP. 41-49.

75. Christofides N., Eilon S. Expected distances in distribution problems. *Operational Research Quarterly*. 1969. Vol. 20, №3. P. 437-443.

76. Нефедов Н.А. Относительная эффективность развозочных маршрутов. *Автомобильный транспорт*. 2002. Вып. 10. С. 82-84.

77. Pavlov I., Gnedenko B., Ushakov I. Statistical Reliability Engineering. Wiley-Interscience; 1st edition. 1999. 528 p.
78. Bruce P., Bruce A. Practical Statistics for Data Scientists: 50 Essential Concepts. O'Reilly Media; 1st edition. 2017. 318 p.
79. Gnedenko, B.V., Ushakov, I.A., Probabilistic Re-liability Engineering, Falk, J.A. (Ed.). Wiley-Interscience, New York. 1995. 518 p.
80. Порохня В.М. Моделювання економіки: монографія. Запоріжжя: ЗДІА, 2001. 360с.
81. Meeker W., Escobar L., Pascual F. Statistical Methods for Reliability Data. Wiley Series in Probability and Statistics. Second edition. 2021. 704 p.
82. Ostaszewski A. Mathematics in Economics: Models and Methods. Wiley-Blackwell. 1st Edition. 1993. 532 p.
83. Angel de la Fuente. Mathematical Methods and Models for Economists. Cambridge University Press. 2000. 848 p.
84. Chapra S., Canale R. Numerical Methods For Engineers. McGraw-Hill Education; 8th edition. 2020. 1008 p.
85. Isaacson E., Bishop Keller H. Analysis of Numerical Methods. Dover Publications; Revised ed. Edition. 1994. 576 p.
86. Мармоза А.Т. Теорія статистики. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003 392 с.
87. Norman R. Draper, Harry Smith. Applied Regression Analysis. 3-rd Edition, 1998. 736 p.
88. A Mohamad A., M Benselama A. Numerical Methods For Engineers: A Practical Approach. WSPC. 2022. 300 p.
89. Опря А.Т. Статистика. К.: Центр літератури, 2005. 469 с.
90. Sneath P.H.A. Sokal R.R. Numerical taxonomy: The principles and practices of numerical classification. San-Francisco: Freeman, 1973. 573 p.
91. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з курсу „Інформаційні системи і технології в статистиці” на базі пакета STATISTICA. Х.: ХНУРЕ, 2005. 23 с.

ДОДАТОК А ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ

В процесі доставки продовольчих товарів у роздрібну торговельну мережу бере участь ряд автомобілів середньої і малої вантажності. Для знаходження собівартості перевезень необхідно визначити коефіцієнти регресійної моделі залежності змінної і постійної складової собівартості перевезення від вантажності, для всіх автомобілів, які можуть бути використані при доставці продукції в торговельну мережу.

Постійні ($C_{пост}$) та змінні ($C_{зм}$) витрати описуються наступними залежностями

$$\begin{cases} C_{зм} = a_{зм} + v_{зм} \cdot q_n \\ C_{пост} = a_{пост} + v_{пост} \cdot q_n \end{cases}, \quad (A.1)$$

де $a_{зм}$, $v_{зм}$, $a_{пост}$, $v_{пост}$ – коефіцієнти регресійної моделі.

Технічні та економічні характеристики різних типів рухомого складу, застосовуються при перевезеннях продукції в роздрібну торговельну мережу, наведені в табл. А.1. Використовуючи характеристики рухомого складу, отримані складові постійних (грн./км) і змінних (грн./год.) складових витрат, наведені в табл. А.2.

Таблиця А.1

Технічні та економічні характеристики РС

Показник	ISUZU 85	IVECO DAILY 70C 15	FIAT Ducato-Combi	MAN TGL	FOTON BJ 1041V9JE6-S	MA3 437130-331	MA3 437143-329	MA3-437143-332	MA3-437030-321	MA3-437030-322	MA3-437043-321	MA3-437043-328	FOTON AUMARK 1039 BJ1039V4JD3-SA	FOTON OLLIN 1041 (BJ 1041V9(J/P)E6-S)	FOTON Ollin BJ 1051	FOTON OLLIN BJ1069VCJEA-SA	FOTON AUMARK BJ1061VCJEA-F	FOTON AUMAN 1093	IVECO Daily 35C15H	Iveco Eurocargo ML120E22	Iveco Eurocargo ML 100E18	Kia Bongo	Man TGL 12.210	HINO 300	DAF LF 45.220
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Тип кузова	фургон	борговий	фургон	фургон	фургон	борго-	борго-	борго-	борго-	борго-	борго-	борго-	борго-	фургон	фургон	фургон	фургон	фургон	борго-	борго-	борго-	борго-	борго-	фургон	фургон
вид палива	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель	дизель
ТО-1, тис. км	10	4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	4	4	4	10	10	10	10
ТО-2, тис. км	30	16	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	16	16	16	30	30	30	30
КР, тис.км	500	300	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	500	300	300	300	500	500	500	500
ЕО, люд-год	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
ТО-1, люд-год	2,5	1,9	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	1,9	1,9	1,9	2,5	2,5	2,5	2,5
ТО-2, люд-год	11,5	11,2	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,2	11,2	11,2	11,5	11,5	11,5	11,5
ТР, люд-год /тис км	3,50	3,2	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,50	3,2	3,2	3,2	3,50	3,50	3,50	3,50
Ціна автомобіля, тис грн.	146,25	175	112,5	237,5	91	150	125	150	140	140	150	142,5	85	95	105	110,5	113,5	127,5	195	275	250	72,5	140	200	300
Довжина,м	6,02	8,3	5,1	6,08	5,88	5,3	6,22	6,22	5,3	6,22	5,3	6,22	4,955	5,995	5,995	6,995	6,995	7,52	4,35	5,78	6,882	5,425	7,213	4,83	6,1
Ширина, м	1,855	2,3	2,5	2,48	1,92	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	1,87	2	2	2,30	2,30	2,24	2,2	1,83	1,83	1,75	2,49	2,1	2,48

Продовження табл. А.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Витрата палива, л/100 км	11,2	15	7,8	20	13	15	15	15	15	15	15	14,8	10	12	12	15	15	16	15	16	16	10	18	10	18
Вантажність, т	2,2	7	2,105	5	3,35	4,45	5,15	4,35	4,8	4,7	4,8	5,05	1,5	3	3	5	5	7	1,595	5,28	6,3	1,5	6	5	6
Кількість колес	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Причеп		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Шини	195/75 R16C	225/75 R16C	195/70 R15	265/70 R17,5	6+1/6.50 x R16	235/75R17.5	235/75R17.5	235/75R17,5	235/75R17,5	235/75R17,5	235/75R17,5	235/75R17,5	6.50R15	7.0R16	7.0R16	7.50 - 16	7.50 - 16	6+1/8.25-16	195 / 75 R16C	265/70R19,5	265/70R19,5	6.50R16-10PR	265/70R17,5	215/75R17.5	245/75R17, 5
Ресурс шин, тис.км	100	100	150	150	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ціна шин, грн.	1000	1300	800	3000	1000	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	1000	1200	1200	1200	1200	1200	1100	2900	2900	1300	800	1300	1800

Постійні та змінні складові витрат

Автомобіль	Змінна складова витрат, $C_{зм}$, грн./км	Постійна складова ви- трат, $C_{пост}$, грн./год.	Вантажність автомобіля, т
ISUZU 85	5,32	37,1	2,2
IVECO DAILY 70C 15	8,9	40,5	7
FIAT Ducato-Combi	4,53	33,5	2,105
MAN TGL	9,33	47	5
FOTON BJ 1041V9JE6-S	6,25	31,1	3,35
MA3 437130-331	8,32	37,6	4,45
MA3 437143-329	8,26	35	5,15
MA3-437143-332	8,26	37,7	4,35
MA3-437030-321	8,52	36,5	4,8
MA3-437030-322	8,5	36,6	4,7
MA3-437043-321	8,52	37,6	4,8
MA3-437043-328	8,6	36,9	5,05
FOTON AUMARK 1039 BJ1039V4JD3-SA	4,75	30,5	1,5
FOTON OLLIN 1041 (BJ 1041V9(J/P)E6-S)	6,06	31,7	3
FOTON Ollin BJ 1051	6,06	32,7	3
FOTON OLLIN BJ1069VCJEA-SA	7,65	33,4	5
FOTON AUMARK BJ1061VCJEA-F	7,65	33,7	5
FOTON AUMAN 1093	8,96	35,3	7
IVECO Daily 35C15H	5,67	42,3	1,595
Iveco Eurocargo ML120E22	9,25	50,8	5,28
Iveco Eurocargo ML 100E18	9,84	48,3	6,3
Kia Bongo	4,98	29,2	1,5
Man TGL 12.210	8,36	36,7	6
HINO 300	7,02	42,8	5
DAF LF 45.220	9,12	53,7	6

Для обчислення коефіцієнтів регресії використовується метод найменших квадратів. Характеристики параметрів моделей визначаються за відомими методами статистики [103, 129]. Отримані в ході розрахунків коефіцієнти регресійних моделей наведені в табл. В.3.

Таблиця А.3

Коефіцієнти регресійних моделей

$a_{зм}$	$b_{зм}$	$a_{пост}$	$b_{пост}$
2,0	0,5	15,0	1,0

Перевірка значущості коефіцієнтів регресійної моделі наведено в табл. А4-А5. Значення коефіцієнта кореляції (r) при розрахунку змінних витрат становить 0,91, стандартна похибка апроксимації – 0,68, скорегований коефіцієнт множинної кореляції – 0,82, ймовірність нульової гіпотези для F -критерію – 0,000001.

Таблиця А.4

Перевірка коефіцієнтів регресійної моделі змінної складової витрат $C_{зм}$

Показник	Стандартна помилка	t -критерій для коефіцієнтів рівнянь регресії	p – значення ймовірності нульової гіпотези для коефіцієнтів рівняння регресії
$a_{зм}$	0,3908	9,4111	$2,37 \cdot 10^{-9}$
$b_{зм}$	0,0839	10,5627	$2,69 \cdot 10^{-10}$

Таблиця А.5

Перевірка коефіцієнтів регресійної моделі постійної складової витрат ($C_{пост}$)

Показник	Стандартна помилка	t -критерій для коефіцієнтів рівнянь регресії	p – значення ймовірності нульової гіпотези для коефіцієнтів рівняння регресії
$a_{пост}$	3,2770	9,0765	$4,6 \cdot 10^{-9}$
$b_{пост}$	0,7038	2,6638	0,0138

Коефіцієнт кореляції (r) при розрахунку постійних складових витрат становить 0,486, стандартна похибка апроксимації – 5,703, скорегований коефіцієнт множинної кореляції – 0,203, ймовірність нульової гіпотези для F -критерію – 0,01387.

Дані табл. А.4 – А.5 і значення коефіцієнтів кореляції свідчать про наявність тісного зв'язку між постійними ($C_{пост}$) витратами та їх складовими і між змінними ($C_{зм}$) витратами та їх складовими.

ДОДАТОК Б
КОЕФІЦІЄНТ, ЩО ПРЕДСТАВЛЯЄ ВІДНОШЕННЯ ВИТРАТ, ВИКЛИКАНИХ
ВЗЯТТЯМ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В ОРЕНДУ І СОБІВАРТІСТЮ
ПЕРЕВЕЗЕННЯ

Таблиця Б.1

Автомобіль	Націнка за оренду транспорту				Коефіцієнт, що представляє відношення витрат за оренду транспорту до собівартості перевезень	
	Змінна і постійна складові собівартості		На ринку наданих послуг			
	Значення, отримане на основі регресійних моделей				$C_{зм}$	$C_{пост}$
1	$C_{зм}$	$C_{пост}$	$C_{зм}$	$C_{пост}$	6	7
ISUZU 85	5,32	37,1	8	55	1,504	1,482
IVECO DAILY 70C 15	8,9	40,5	13	62	1,461	1,531
FIAT Ducato-Combi	4,53	33,5	7	50	1,545	1,493
MAN TGL	9,33	47	14	72	1,501	1,532
FOTON BJ 1041V9JE6-S	6,25	31,1	9	50	1,44	1,608
MAZ 437130-331	8,32	37,6	12	50	1,442	1,33
MAZ 437143-329	8,26	35	12	55	1,453	1,571
MAZ-437143-332	8,26	37,7	12	55	1,453	1,459
MAZ-437030-321	8,52	36,5	13	55	1,526	1,507
MAZ-437030-322	8,5	36,6	12	55	1,412	1,503
MAZ-437043-321	8,52	37,6	13	50	1,526	1,33
MAZ-437043-328	8,6	36,9	13	55	1,512	1,491

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7
FOTON AUMARK 1039 BJ1039V4JD3-SA	4,75	30,5	7	50	1,474	1,639
FOTON OLLIN 1041 (BJ 1041V9(J/P)E6-S)	6,06	31,7	9	50	1,485	1,577
FOTON Ollin BJ 1051	6,06	32,7	9	50	1,485	1,529
FOTON OLLIN BJ1069VCJEA-SA	7,65	33,4	12	50	1,569	1,497
FOTON AUMARK BJ1061VCJEA-F	7,65	33,7	11	50	1,438	1,484
FOTON AUMAN 1093	8,96	35,3	13	50	1,451	1,416
IVECO Daily 35C15H	5,67	42,3	9	65	1,587	1,537
Iveco Eurocargo ML120E22	9,25	50,8	14	75	1,514	1,476
Iveco Eurocargo ML 100E18	9,84	48,3	15	75	1,524	1,553
Kia Bongo	4,98	29,2	8	45	1,606	1,541
Man TGL 12.210	8,36	36,7	13	55	1,555	1,499
HINO 300	7,02	42,8	11	65	1,567	1,519
DAF LF 45.220	9,12	53,7	14	80	1,535	1,49
Renault Mascott 120.65 CHASSIS CABINE	9,5	42	14	63	1,474	1,5
Ford Transit, фургон swb h1 van	6,5	35	10	52	1,538	1,486
Mercedes-Benz Atego 1224	9	41	14	60	1,556	1,463
Renault MIDLUM 8,180	7	37	11	56	1,571	1,514
VOLKSWAGEN Crafter 35 L3	5	32	7,5	48	1,5	1,5
Volkswagen Transporter 2.0 TDI 4motion L2H3 Kombi	5,45	33	7,5	50	1,376	1,515
TOYOTA DYNA CARGO 2WD	5	32	7	48	1,4	1,5
Mitsubishi Fuso CANTER	8	39	12	58	1,5	1,487

Продовження табл. Б.1

1	2	3	4	5	6	7
MAZDA Титан	5	33	7	49	1,4	1,485
Nissan Atleon 8,190	7	37	10	55	1,429	1,486
Hyundai Porter II	5	33	8	48	1,6	1,455
Opel Movano Bus 2.5 CDTI 5-speed 3дв.	5	32	8	48	1,6	1,5
Boxer Peugeot	5	33	8	50	1,6	1,515
Mercedes-Benz 1114	9	41	13	60	1,444	1,463

Мінімальне значення

1,376

1,33

Максимальне значення

1,606

1,639

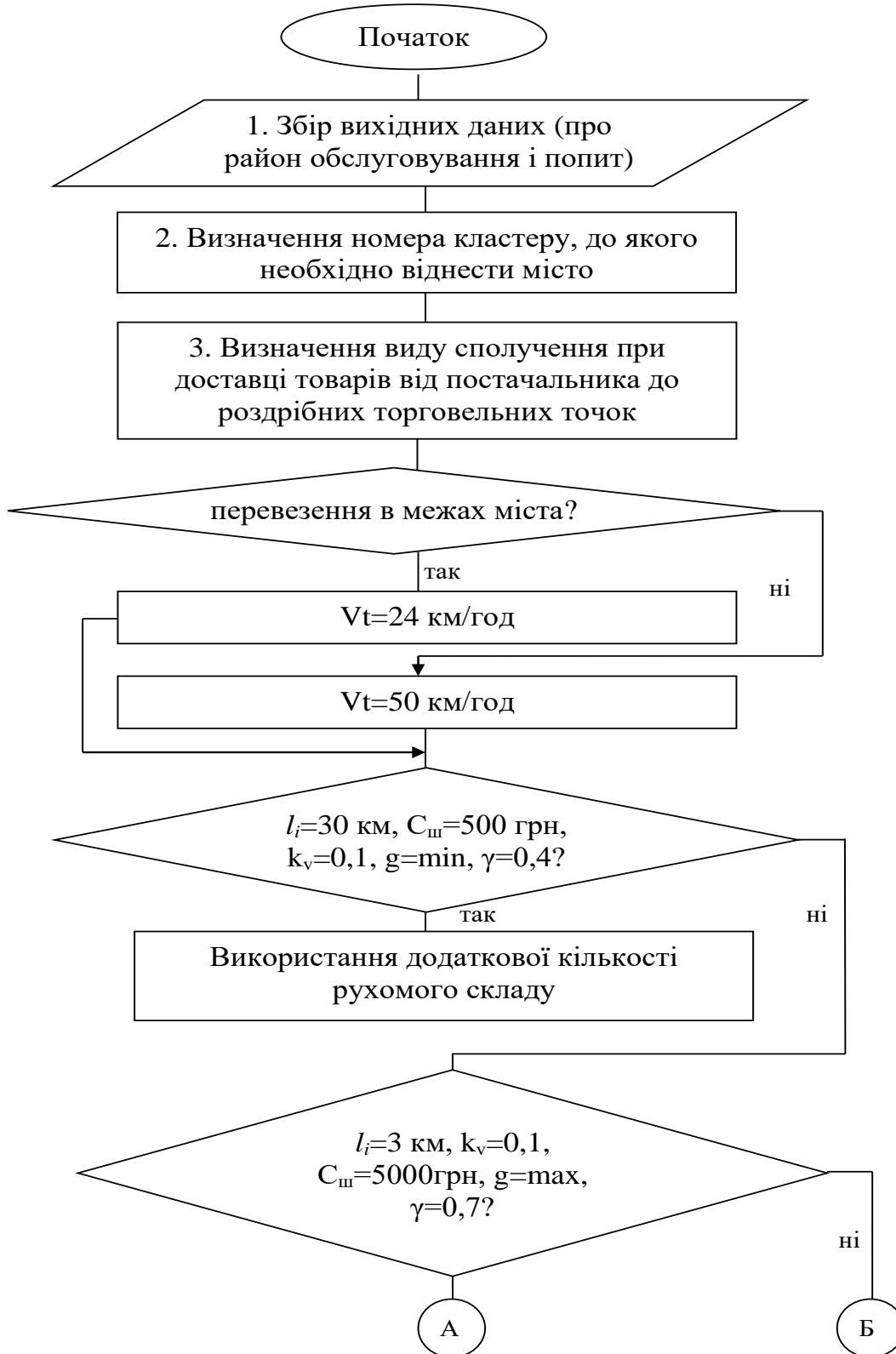
Середнє значення

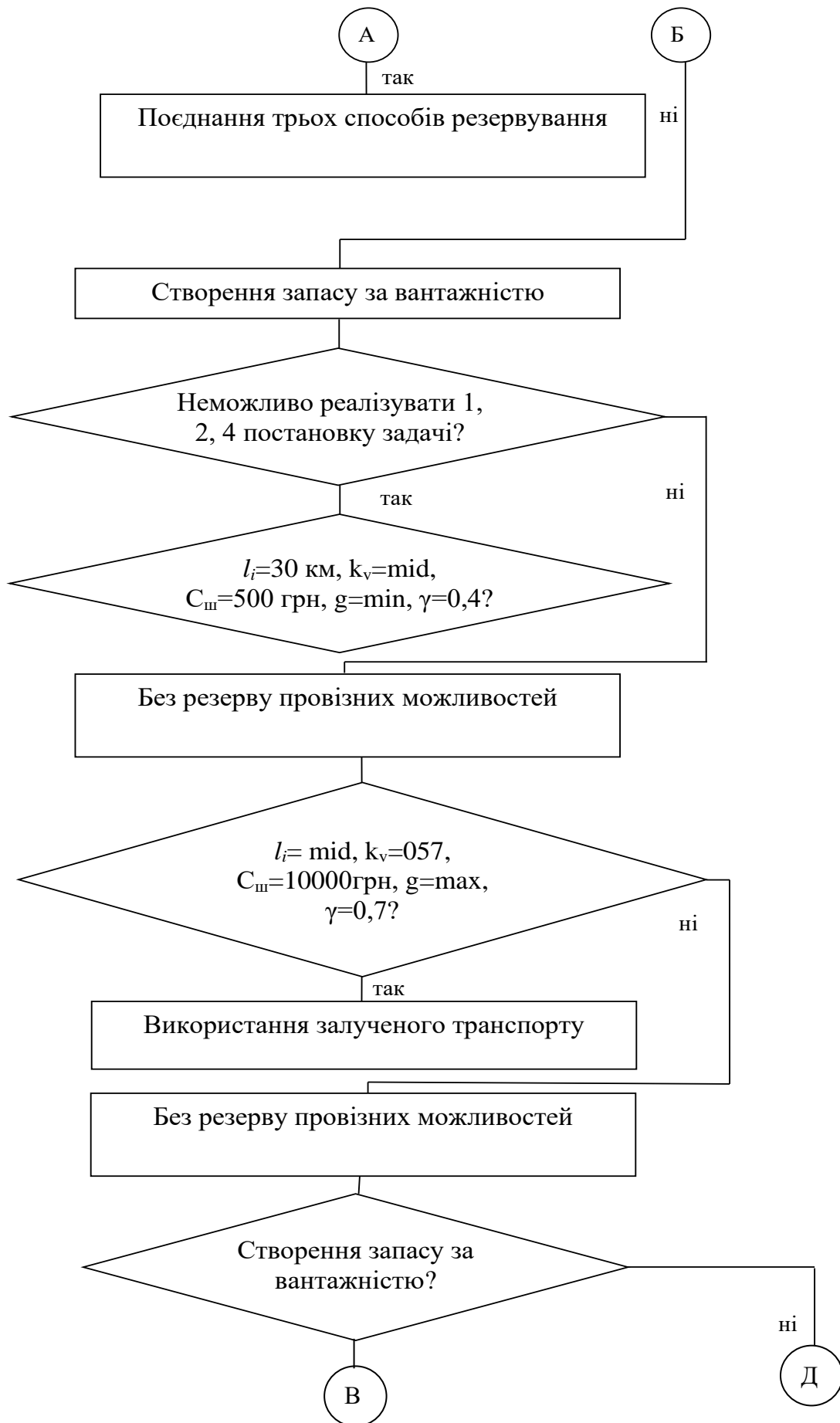
1,501

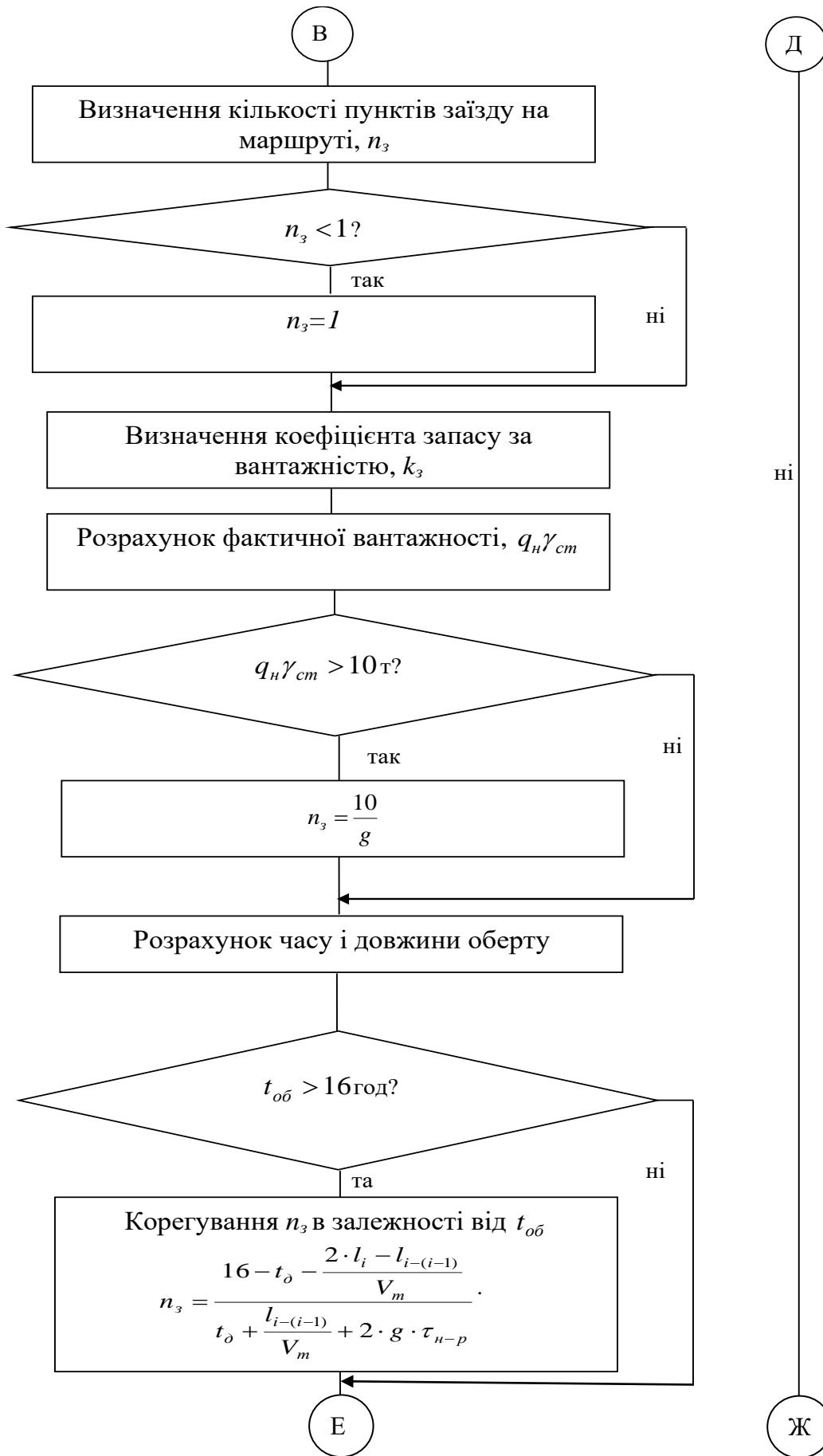
1,499

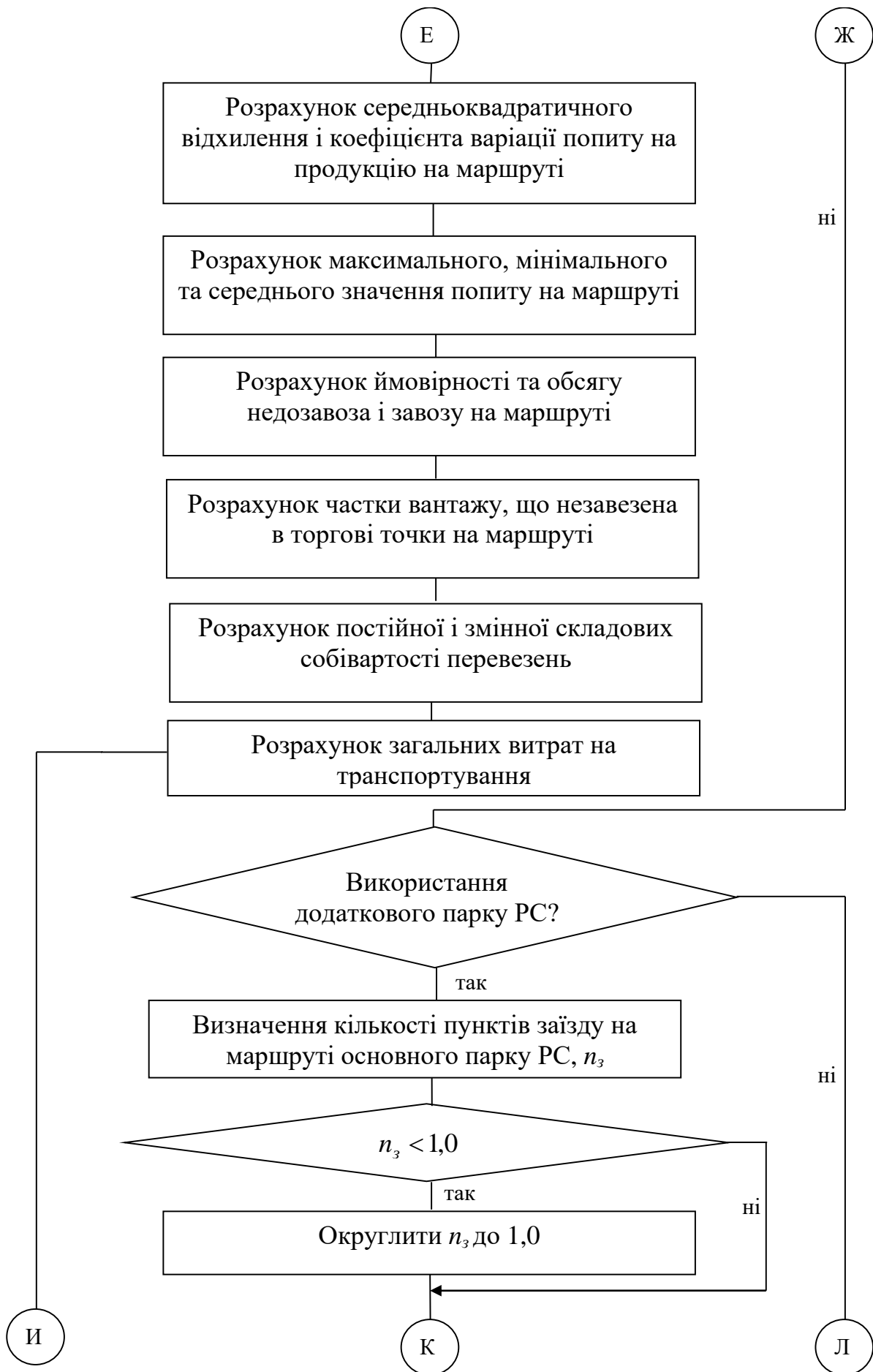
ДОДАТОК В

БЛОК-СХЕМА ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СПОСОБУ РЕЗЕРВУВАННЯ ПРОВІЗНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПАРКУ АВТОМОБІЛІВ









И

К

Л

Визначення коефіцієнта резерву провізних можливостей резервного парку ПС, δ

$\delta < 0,01$

так

ні

Округлити δ до 0

Розрахунок фактичної вантажності, $q_n \gamma_{cm}$

ні

$q_n \gamma_{cm} > 10 \text{ т?}$

так

ні

$$n_3 = \frac{10}{g}$$

Розрахунок часу і довжини оберту

$t_{об} > 16 \text{ год?}$

так

ні

Корегування n_3 в залежності від $t_{об}$

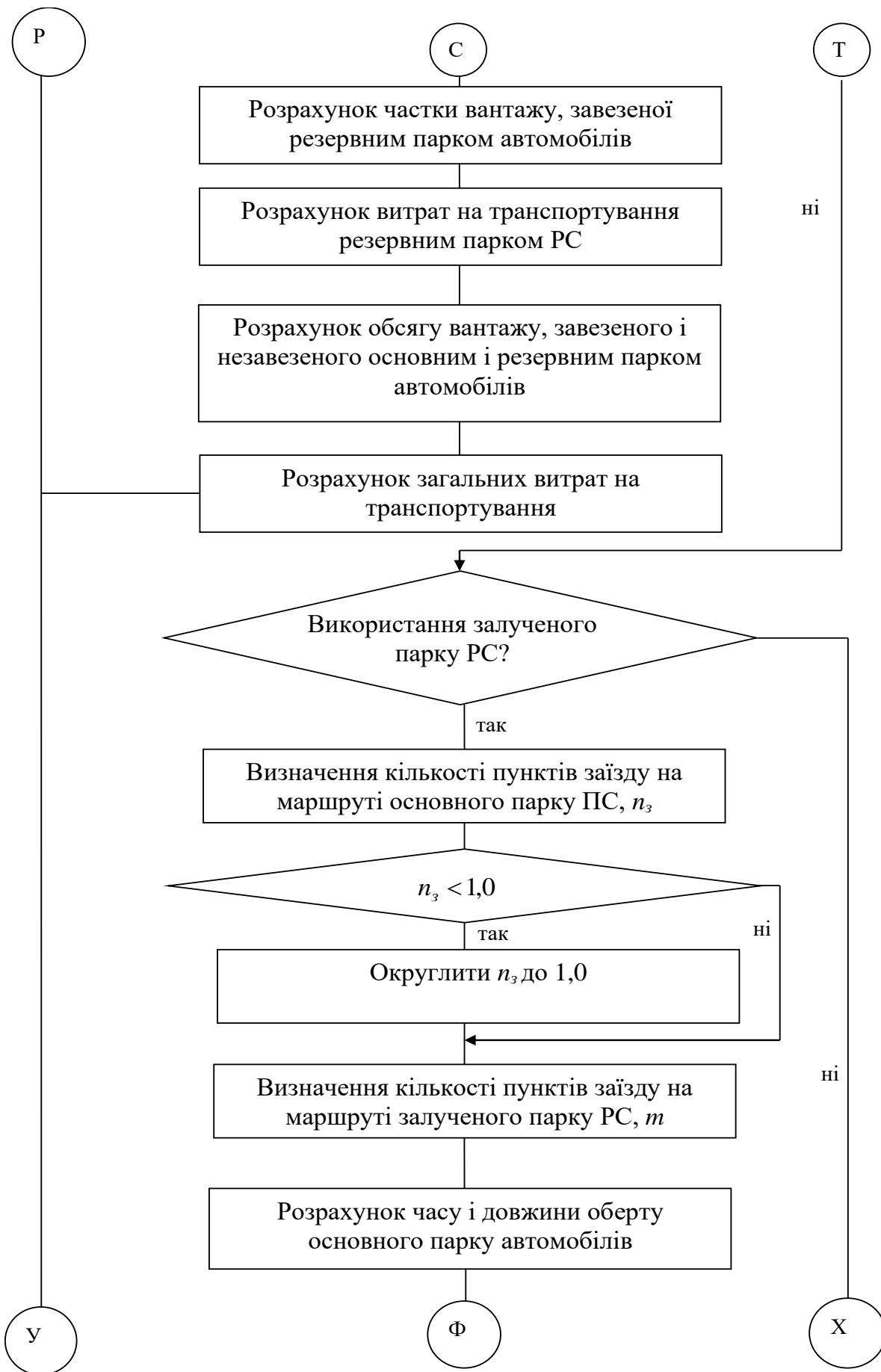
$$n_3 = \frac{16 - t_{об} - \frac{2 \cdot l_i - l_{i-(i-1)}}{V_m}}{t_{об} + \frac{l_{i-(i-1)}}{V_m} + 2 \cdot g \cdot \tau_{н-р}}$$

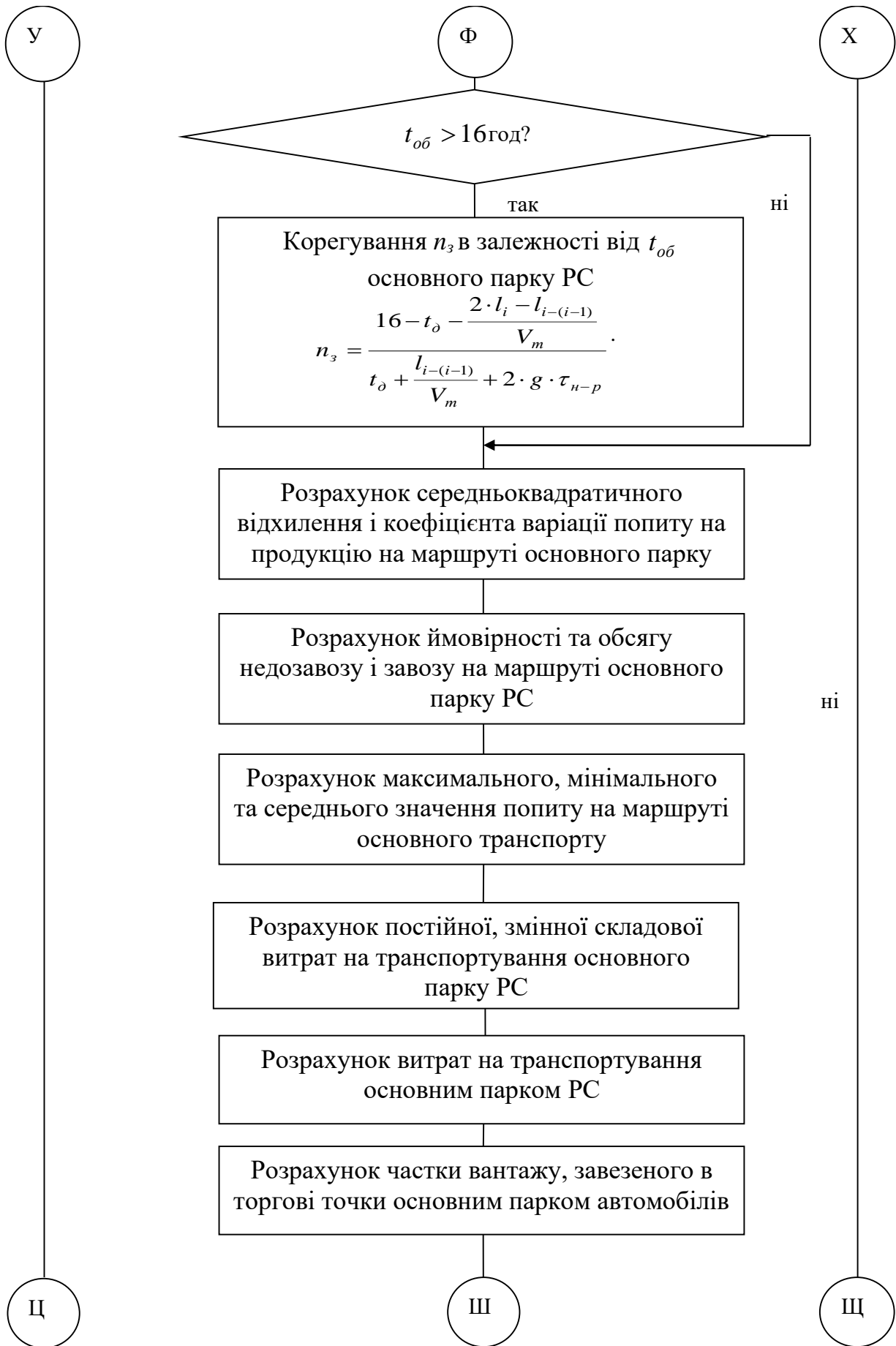
М

Н

П







Ц

Ш

Щ

Розрахунок щільності дислокації торговельних точок, необслужених основним парком автомобілів

Розрахунок коефіцієнта варіації попиту і середньоквадратичного відхилення на маршруті залученого транспорту

Розрахунок максимального, мінімального та середнього значення попиту на маршруті залученого транспорту

Розрахунок середньоквадратичного відхилення і коефіцієнта варіації попиту на продукцію на маршруті залученого транспорту

Розрахунок максимального, мінімального та середнього значення попиту на маршруті залученого транспорту

Розрахунок відстані між суміжними пунктами заїзду, часу і довжини обертів залучених автомобілів на маршруті

$t_{об} > 16 \text{ год?}$

так

ні

Корегування m в залежності від $t_{об}$ залучених автомобілів

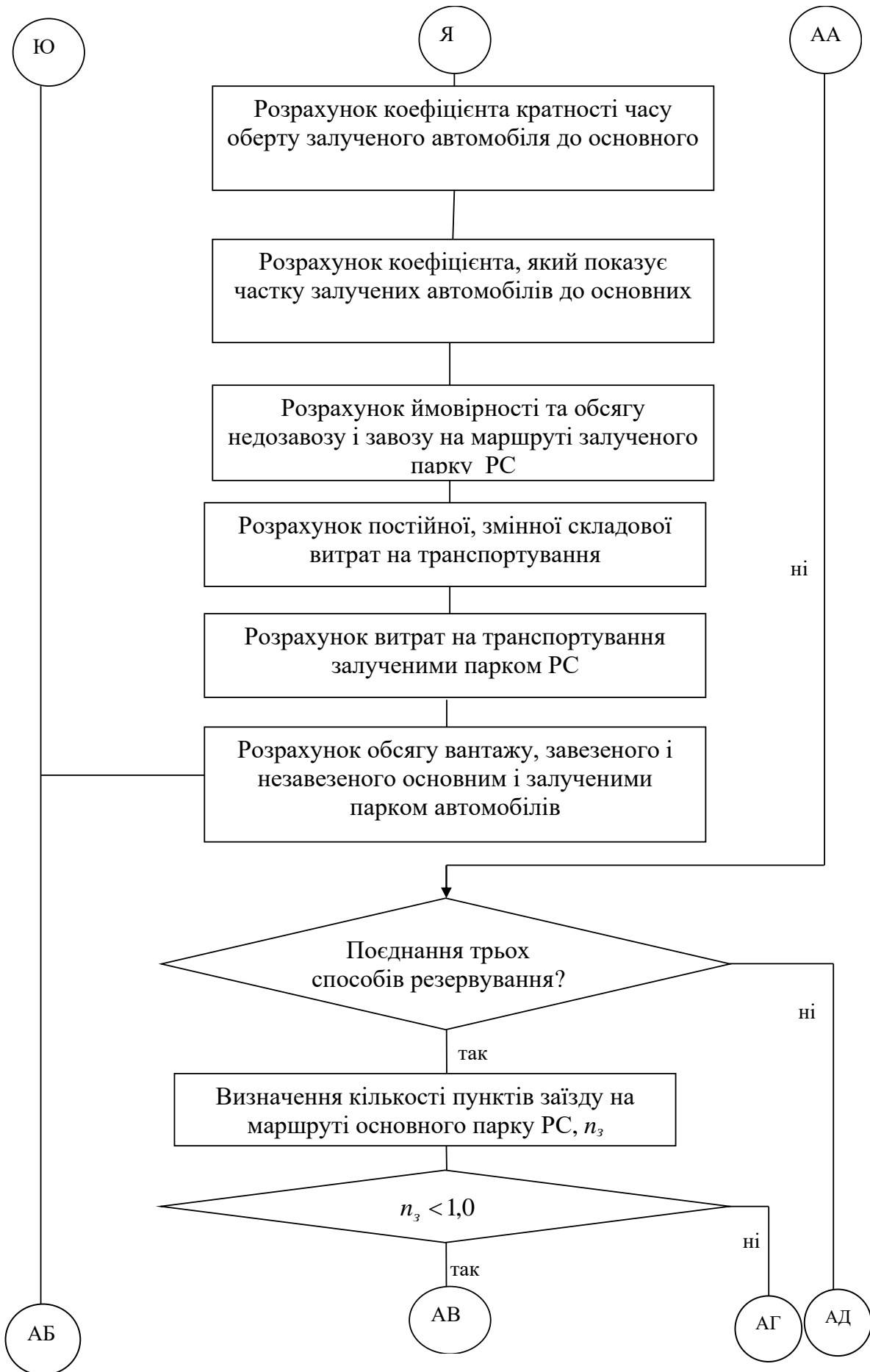
$$m = \frac{16 - t_{об} - \frac{2 \cdot l_i - \sqrt{2} \cdot l_{i-(i-1)}}{V_m}}{t_{об} + \frac{\sqrt{2} \cdot l_{i-(i-1)}}{V_m} + 2 \cdot g \cdot \tau_{н-р}}$$

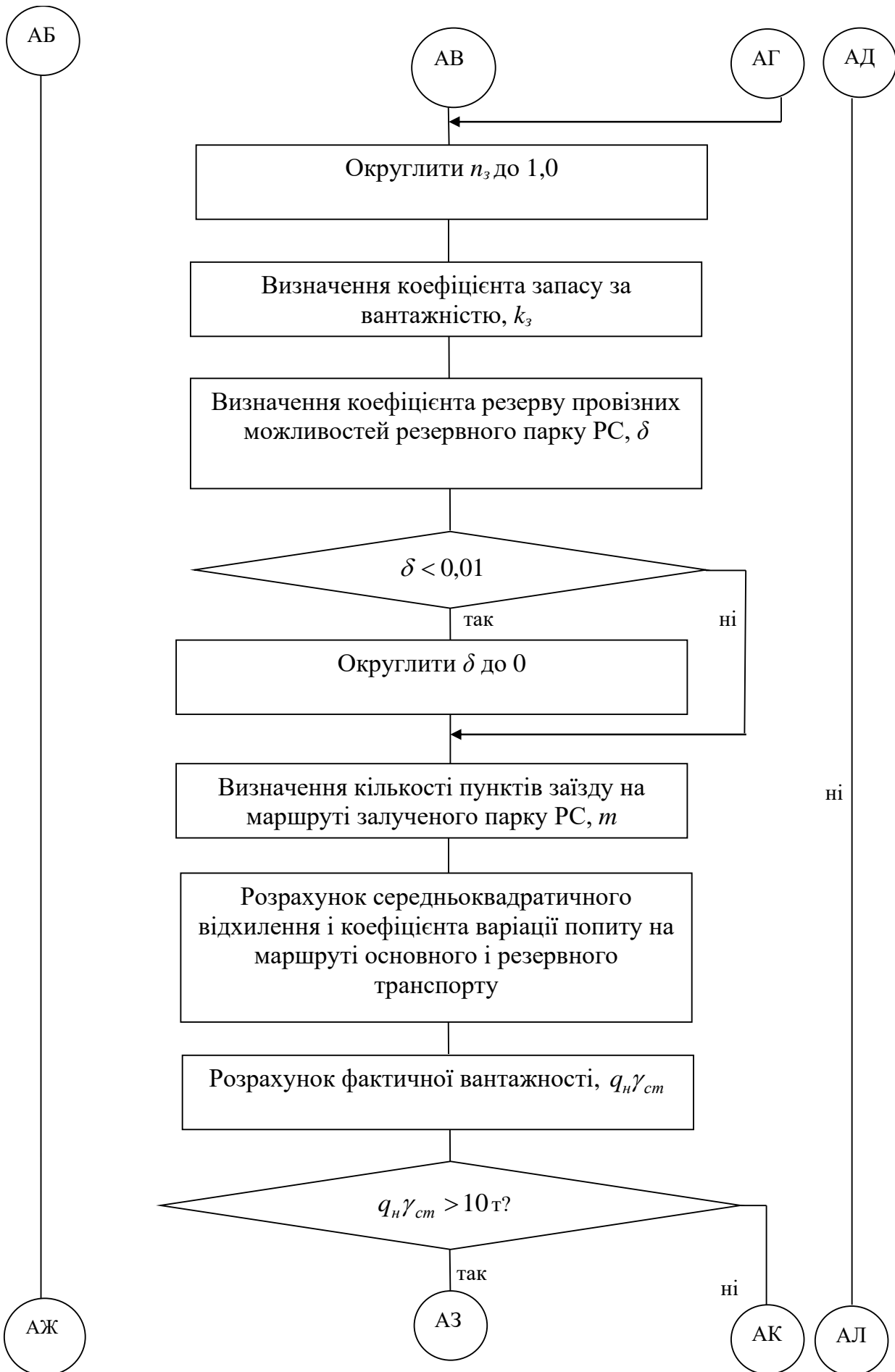
Ц

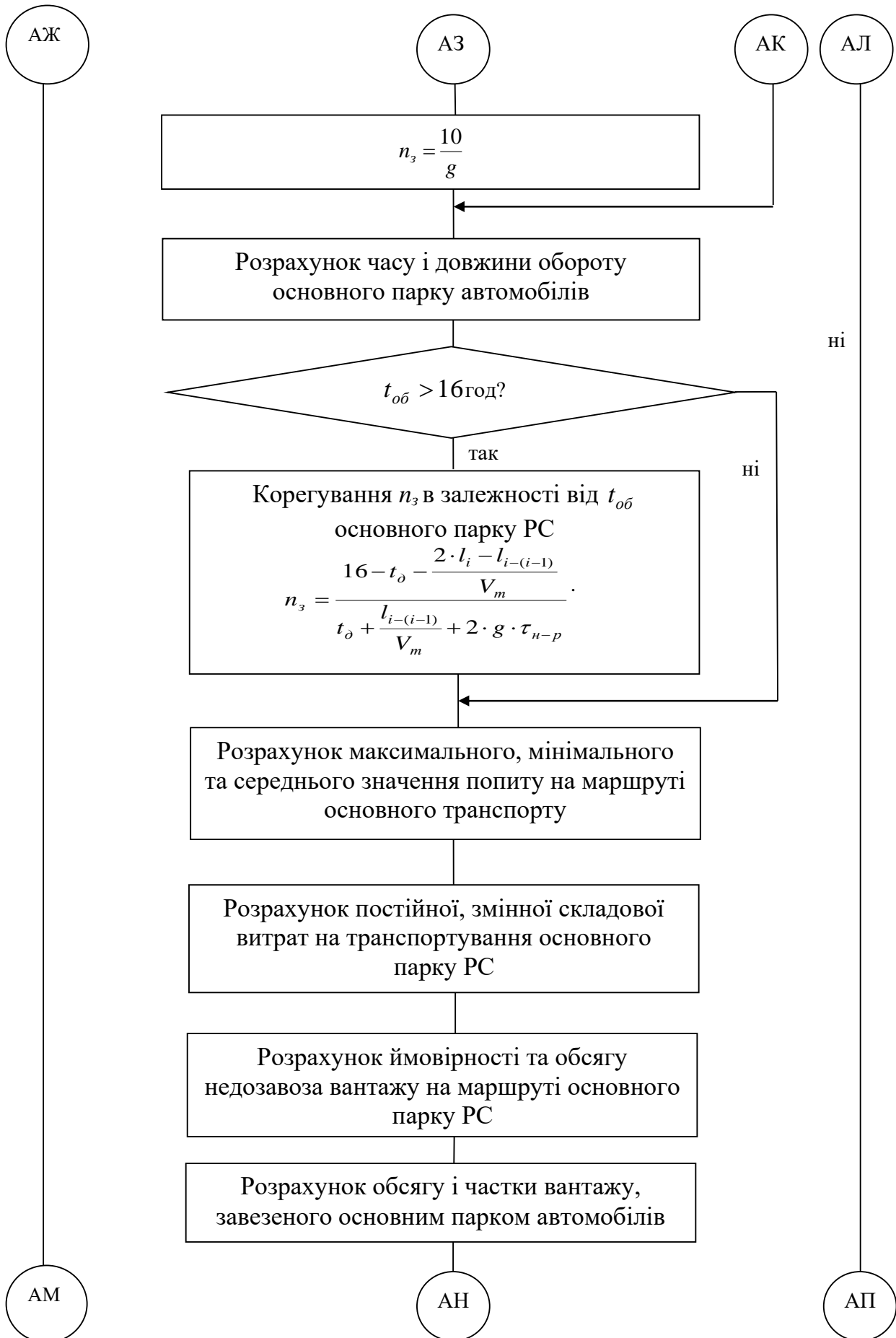
Я

АА

ні







AM

АН

АП

Розрахунок обсягу і частки вантажу, завезеного основним парком автомобілів

Розрахунок щільності дислокації торговельних точок, які необслужені основним парком автомобілів

Розрахунок щільності дислокації торговельних точок, які необслужені основним парком автомобілів

Розрахунок відстані між суміжними пунктами заїзду, часу і довжини обертів на маршруті резервного парку автомобілів

$t_{об} > 16 \text{ год?}$

так

ні

Корегування n в залежності від $t_{об}$ резервного парку автомобілів

$$n = \frac{16 - t_{\partial} - \frac{2 \cdot l_i - \sqrt{2} \cdot l_{i-(i-1)}}{V_m}}{t_{\partial} + \frac{\sqrt{2} \cdot l_{i-(i-1)}}{V_m} + 2 \cdot g \cdot \tau_{н-р}}$$

Розрахунок максимального, мінімального та середнього значення попиту на маршруті резервного парку автомобілів

Розрахунок постійної, змінної складових витрат на транспортування резервного парку РС

AP

АС

АТ

ні

АР

АС

АТ

Розрахунок коефіцієнту кратності часу
оберту резервного до основного парку
автомобілів

Розрахунок частки транспортних засобів
резервних до основних

Розрахунок ймовірності та обсягу
недозавозу вантажу на маршруті
резервного парку РС

Розрахунок витрат на транспортування
резервним парком автомобілів

Розрахунок частки вантажу, яка незавезена
основним і резервним парком автомобілів

Розрахунок коефіцієнта варіації та
середньоквадратичного відхилення попиту
на маршруті залученого парку автомобілів

Розрахунок щільності дислокації
торговельних точок, призначені для
обслуговування залученим транспортом

Розрахунок відстані між суміжними
пунктами заїзду, часу і довжини оберту на
маршруті залученого парку автомобілів

АФ

АХ

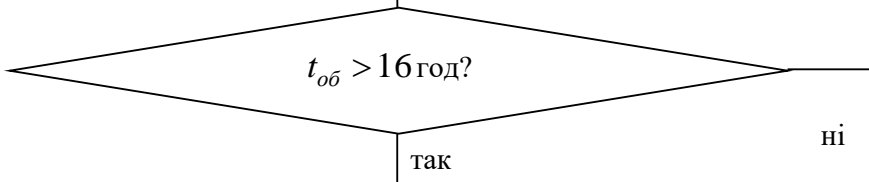
АЦ

нет

АФ

АХ

АЦ



Корегування m в залежності від $t_{об}$ залученого парку автомобілів

$$m = \frac{16 - t_{об} - \frac{2 \cdot l_i - 0,76}{V_m} \sqrt{\lambda \cdot \left(\frac{3 \cdot k_{vg} + \sqrt{3 \cdot n} \cdot (k_3 - 1)}{6 \cdot k_{vg}} - 1 \right)^2}}{t_{об} + \frac{0,76}{V_m} \sqrt{\lambda \cdot \left(\frac{3 \cdot k_{vg} + \sqrt{3 \cdot n} \cdot (k_3 - 1)}{6 \cdot k_{vg}} - 1 \right)^2} + 2 \cdot g \cdot \tau_{н-р}}$$

Розрахунок максимального, мінімального та середнього значення попиту на маршруті залученого парку автомобілів

Розрахунок постійної, змінної складових витрат на транспортування залученого парку РС

Розрахунок коефіцієнта кратності часу обертю залученого до основного парку автомобілів

Розрахунок частки транспортних засобів залучених до основних

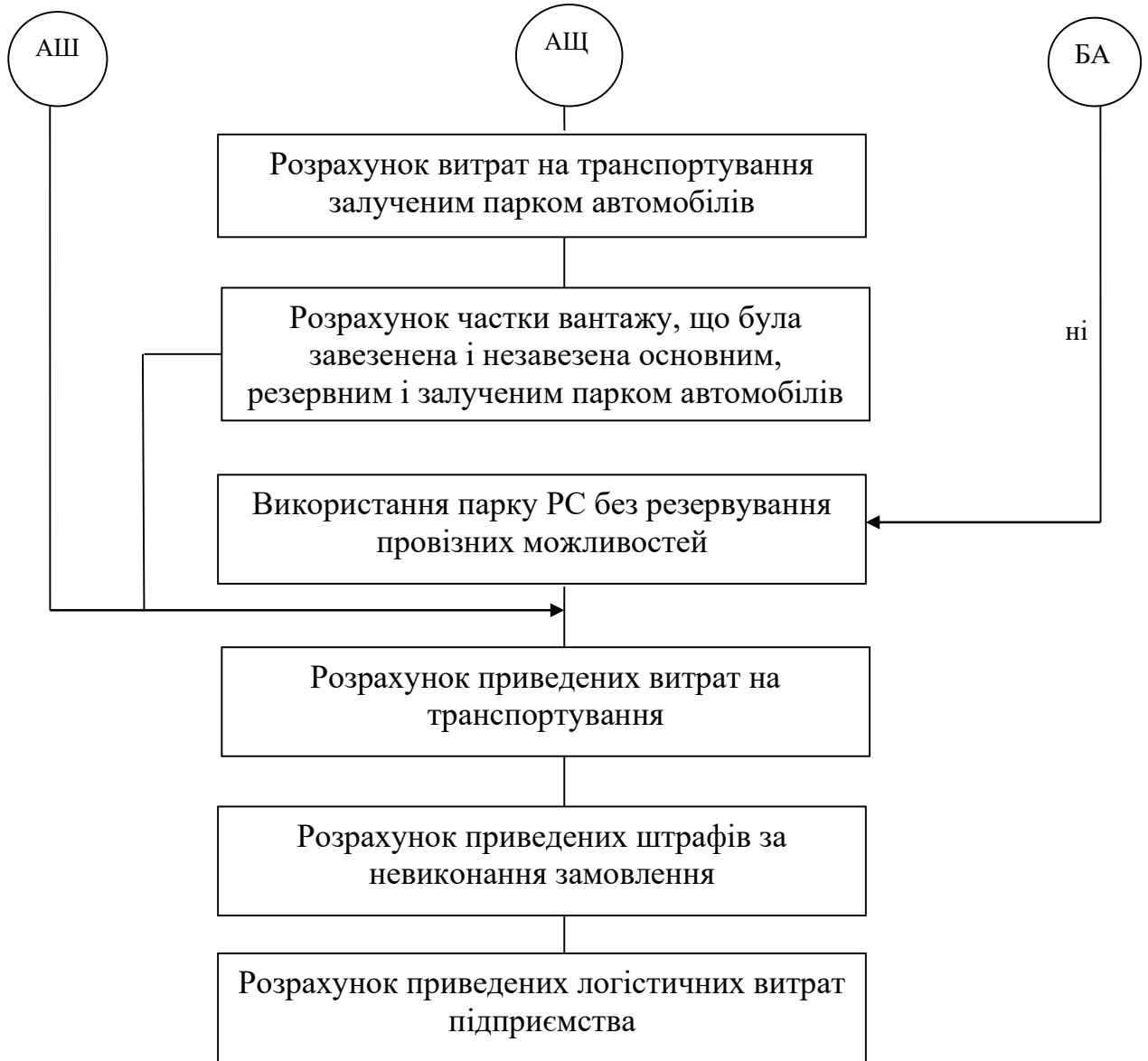
Розрахунок ймовірності та обсягу недозавозу вантажу на маршруті залученого парку РС

АШ

АЦ

БА

ні



ЗМІСТ

Вступ.....	2
1 СУЧАСНИЙ СТАН ТЕОРІЇ І ПРАКТИКИ ВИКОРИСТАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ГУРТОВИХ ВАНТАЖІВ	5
1.1 Сучасний стан роздрібної торгівлі на території України	5
1.2 Практика використання провізних можливостей парку рухомого складу.....	11
1.3 Аналіз методів підвищення ефективності доставки споживчих товарів.....	15
1.4 Аналіз методів визначення вантажності автомобілів	19
1.5 Аналіз існуючих методів резервування провізних можливостей парку рухомого складу	24
Висновки	30
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПРОВІЗНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПАРКУ РУХОМОГО СКЛАДУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	33
2.1 Вибір та обґрунтування варіантів резервування ПМ парку РС	33
2.2 Визначення характеристик розміру замовлень роздрібної мережі міст	50
2.3 Математична постановка задачі резервування ПМ парку РС автомобільного транспорту.....	55
Висновки	82
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ПОКАЗНИКІВ СХЕМ ДОСТАВКИ НА ПРИВЕДЕНІ ЛОГІСТИЧНІ ВИТРАТИ	84
3.1 Методика проведення експерименту	84
3.2 Проведення експерименту.....	90
3.3 Перевірка інформаційної здатності моделей	98
Висновки	100
4 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ РЕЗЕРВУВАННЯ ПРОВІЗНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ПАРКУ РУХОМОГО СКЛАДУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	101
4.1 Класифікація міст України за умовами доставки споживчих товарів.....	101

4.2 Методика резервування провізних можливостей парку автомобілів	113
4.3 Оцінка економічного ефекту резервування провізних можливостей парку рухомого складу	115
Висновки	118
ВИСНОВКИ	120
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	122
Додаток А Визначення коефіцієнтів регресійної моделі	129
Додаток Б Коефіцієнт, що представляє відношення витрат, викликаних взяттям транспортного засобу в оренду і собівартістю перевезення	133
Додаток В Блок-схема визначення раціонального способу резервування провізних можливостей парку автомобілів	136

Наукове видання

КОВЦУР Катерина Григорівна
ПТИЦЯ Наталія Василівна
МУЗИЛЬОВ Дмитро Олександрович

**РЕЗЕРВУВАННЯ ПРОВІЗНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ
ПАРКУ АВТОМОБІЛІВ У ЛОГІСТИЧНИХ
ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАНЬ СПОЖИВЧИХ
ТОВАРІВ**

Монографія

Відповідальний за випуск *К.Г. Ковцур*

Авторська редакція