

ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ЕКОНОМІКИ, ПРАВА ТА
ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ»

Циклова комісія транспортних технологій

Розробка системи доставки продукції місцевих виробників для
мережі магазинів у Тернополі

спеціальність: 275 Транспортні технології (за видами)

освітньо-професійна програма: Транспортні технології

кваліфікаційна робота

за освітнім ступенем «фаховий молодший бакалавр»

Виконав студент групи ТТ-41

(підпис)

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Коваленко О.П. _____

(підпис)

Кваліфікаційну роботу допущено до захисту

«___» _____ 20__ р.

Голова циклової комісії _____ П.І.Б.

(підпис)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ ДЛЯ РОЗДРІБНИХ МЕРЕЖ	6
1.1. Аналіз особливостей доставки продукції місцевих виробників	6
1.2. Сучасні технології управління ланцюгами постачань	8
1.3. Вимоги до перевезення різних груп товарів	11
1.4. Аналіз досвіду організації локальних систем дистрибуції.....	13
РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ПОСТАЧАННЯ ПРОДУКЦІЇ.....	18
2.1. Характеристика мережі магазинів та її логістичних потреб	18
2.2. Аналіз товаропотоків та асортиментної структури.....	21
2.3. Оцінка існуючих схем доставки продукції	26
2.4. Виявлення недоліків в організації постачання	31
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ	39
3.1. Проектування оптимальних маршрутів доставки	39
3.2. Вибір раціональних типів транспортних засобів.....	44
3.3. Впровадження автоматизованої системи управління замовленнями	50
3.4. Розрахунок економічної ефективності проектних рішень	55
ВИСНОВКИ	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	65
ДОДАТКИ.....	68

ВСТУП

Транспортна галузь відіграє ключову роль у забезпеченні ефективного функціонування економіки та задоволенні потреб населення. Особливо важливим аспектом транспортної системи є організація доставки продукції від місцевих виробників до кінцевих споживачів. В умовах зростання попиту на локальні продукти та розвитку мереж роздрібної торгівлі, питання оптимізації системи доставки продукції місцевих виробників набуває особливої актуальності.

Місто Тернопіль як регіональний центр характеризується розвиненою мережею магазинів різного формату, які потребують надійного та ефективного постачання товарів. Одночасно, Тернопільська область має значний потенціал місцевого виробництва, представлений підприємствами харчової, легкої промисловості та іншими галузями. Створення ефективної системи доставки продукції від місцевих виробників до мережі магазинів дозволить забезпечити свіжість товарів, зменшити логістичні витрати та підтримати регіональних виробників.

Актуальність теми дослідження обумовлена низкою факторів. По-перше, зростанням інтересу споживачів до продукції місцевих виробників, що вимагає побудови гнучких і ефективних логістичних ланцюгів. По-друге, необхідністю зниження транспортних витрат і підвищення рентабельності торговельних мереж в умовах жорсткої конкуренції. По-третє, важливістю мінімізації часу доставки для забезпечення свіжості та якості продукції, особливо для швидкопсувних товарів. По-четверте, потребою в інтеграції сучасних технологій управління ланцюгами постачання для підвищення ефективності логістичних процесів.

Існуюча система доставки продукції місцевих виробників до мережі магазинів у Тернополі характеризується рядом проблем: нераціональним плануванням маршрутів, неефективним використанням транспортних засобів, відсутністю комплексного підходу до управління замовленнями та недостатнім

впровадженням сучасних логістичних технологій. Це призводить до підвищення транспортних витрат, збільшення часу доставки продукції та зниження рівня обслуговування кінцевих споживачів.

Метою дипломної роботи є розробка ефективної системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів у місті Тернополі, яка забезпечить оптимальне використання транспортних ресурсів, мінімізацію логістичних витрат та підвищення якості обслуговування споживачів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

Проаналізувати особливості доставки продукції місцевих виробників та вивчити сучасні технології управління ланцюгами постачань.

Дослідити вимоги до перевезення різних груп товарів та вивчити досвід організації локальних систем дистрибуції.

Провести аналіз існуючої системи постачання продукції для мережі магазинів у Тернополі, включаючи оцінку товаропотоків та асортиментної структури.

Виявити основні недоліки в організації постачання та визначити напрями удосконалення.

Розробити оптимальні маршрути доставки та обґрунтувати вибір раціональних типів транспортних засобів.

Запропонувати впровадження автоматизованої системи управління замовленнями та оцінити економічну ефективність розроблених рішень.

Об'єктом дослідження є процес доставки продукції місцевих виробників до мережі магазинів у місті Тернополі.

Предметом дослідження є методи та технології організації ефективної системи доставки продукції в умовах міської логістики.

У процесі дослідження використано комплекс методів наукового пізнання: системний аналіз для дослідження складових логістичної системи; статистичний аналіз для обробки даних про товаропотоки; економіко-математичне моделювання для оптимізації маршрутів доставки; порівняльний аналіз для оцінки альтернативних варіантів транспортного обслуговування;

графоаналітичний метод для візуалізації маршрутів та потоків; економічний аналіз для оцінки ефективності запропонованих рішень.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці конкретних рекомендацій щодо удосконалення системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів у Тернополі. Запропоновані рішення дозволять оптимізувати маршрути, зменшити транспортні витрати, скоротити час доставки та підвищити якість обслуговування. Методичні підходи та практичні рекомендації можуть бути використані торговельними мережами для вдосконалення своїх логістичних процесів, а також місцевими виробниками для поліпшення співпраці з роздрібними мережами.

Інформаційною базою дослідження є нормативно-правові акти України, що регулюють діяльність транспортної галузі, статистичні дані про розвиток роздрібною торгівлі в Тернопільській області, матеріали, надані торговельною мережею та місцевими виробниками, наукові публікації вітчизняних та зарубіжних авторів з питань транспортної логістики, а також результати власних спостережень та розрахунків.

Структура дипломної роботи визначається метою та завданнями дослідження і складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи становить 80 сторінок, включаючи 15 таблиць, 12 рисунків і 5 додатків. Список використаних джерел налічує 32 найменування.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ ДЛЯ РОЗДРІБНИХ МЕРЕЖ

1.1. Аналіз особливостей доставки продукції місцевих виробників

Місцеві виробники займають важливе місце в системі постачання товарів для роздрібних мереж. Вони представляють собою підприємства різного масштабу – від дрібних фермерських господарств до середніх промислових підприємств, які функціонують у межах певного регіону та постачають свою продукцію на локальний ринок. Особливістю таких виробників є їх територіальна близькість до споживачів, що створює передумови для організації ефективної системи доставки продукції [10].

Як зазначає Дудар Т.Г., ключовою перевагою співпраці з місцевими виробниками є можливість скорочення ланцюга постачань, що дозволяє знизити логістичні витрати та забезпечити свіжість продукції [10]. При цьому, логістичні процеси з місцевими виробниками мають ряд специфічних особливостей, які необхідно враховувати при організації системи доставки (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Особливості організації доставки продукції місцевих виробників

Особливість	Характеристика	Вплив на організацію доставки
Обсяги поставок	Переважно невеликі та середні партії	Необхідність консолідації вантажів, організація збірних маршрутів
Асортимент продукції	Обмежений, спеціалізований	Потреба в адаптації транспортних засобів під специфіку продукції
Сезонність виробництва	Висока для сільськогосподарської продукції	Необхідність гнучкого планування маршрутів та використання транспорту
Територіальне розміщення	Розосереджене в межах регіону	Підвищені витрати на транспортування
Рівень впровадження ІТ	Переважно низький	Складність інтеграції в єдину інформаційну систему
Тривалість зберігання	Обмежена для швидкопсувної продукції	Вимоги до швидкості доставки та температурних режимів

Джерело: складено автором на основі [10, 20]

Ключовою проблемою при організації доставки продукції місцевих виробників є нерівномірність обсягів виробництва та поставок. За даними досліджень, проведених Паласюком Б., обсяги поставок від місцевих виробників можуть коливатися в межах 30-50% протягом року, що створює додаткові складнощі при плануванні транспортних маршрутів [20]. Особливо це стосується сезонної сільськогосподарської продукції, де коливання можуть бути ще більшими.

Важливим аспектом організації доставки продукції місцевих виробників є необхідність забезпечення відповідних умов транспортування. Згідно з вимогами Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів», при перевезенні продуктів харчування необхідно забезпечити умови, що запобігають їх псуванню та забрудненню [2]. Це особливо актуально для свіжих овочів, фруктів, молочної та м'ясної продукції, які становлять значну частку в асортименті місцевих виробників.

При організації системи доставки продукції місцевих виробників необхідно враховувати також особливості їх територіального розміщення. Як правило, виробники розташовані розосереджено в межах регіону, що ускладнює процес збору продукції. Це вимагає розробки ефективних маршрутів, що дозволяють мінімізувати пробіг транспортних засобів при максимальному охопленні постачальників [23].

Аналіз структури місцевих виробників Тернопільської області показує, що найбільшу частку складають підприємства харчової промисловості та сільськогосподарські підприємства (рис. 1.1).

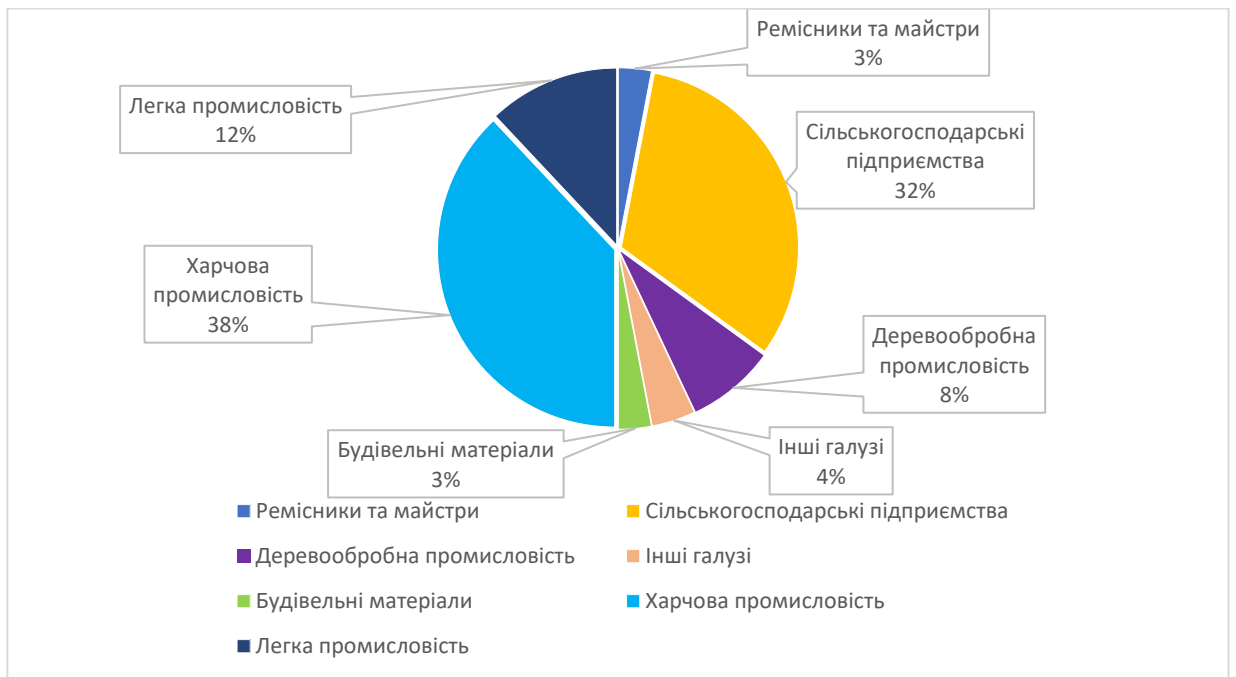


Рис. 1.1. Структура місцевих виробників Тернопільської області за галузями

Джерело: складено автором на основі [22]

Характеризуючи місцевих виробників Тернопільської області, варто відзначити, що вони представлені переважно малими та середніми підприємствами. За даними Тарасюка Г.М., 78% місцевих виробників регіону належать до категорії малих підприємств з чисельністю працівників до 50 осіб [29]. Це впливає на організацію логістичних процесів, оскільки такі підприємства часто не мають власного транспорту або мають обмежені можливості для самостійної доставки продукції.

1.2. Сучасні технології управління ланцюгами постачань

Управління ланцюгами постачань (Supply Chain Management, SCM) є важливою складовою логістичної діяльності підприємств, яка забезпечує координацію та інтеграцію всіх процесів від постачальника до кінцевого споживача. Як зазначає Загурський О.М., SCM включає планування, організацію та контроль матеріальних, інформаційних та фінансових потоків з

метою максимального задоволення вимог споживачів з мінімальними загальними витратами [11].

Сучасні технології управління ланцюгами постачань базуються на використанні інформаційних систем, що забезпечують інтеграцію всіх учасників логістичного процесу. За визначенням Крикавського Є.В., інформаційна система ланцюга постачань представляє собою комплекс програмних засобів, які забезпечують планування, облік, аналіз та контроль руху товарів від виробника до споживача [15].

Основні концепції та технології управління ланцюгами постачань, які можуть бути використані при організації доставки продукції місцевих виробників, представлені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Сучасні концепції та технології управління ланцюгами постачань

Концепція/технологія	Характеристика	Переваги
Just-in-Time (JIT)	Організація поставок "точно в строк" відповідно до потреб споживача	Мінімізація запасів, скорочення складських витрат, підвищення оборотності
Vendor Managed Inventory (VMI)	Управління запасами постачальником	Оптимізація рівня запасів, скорочення адміністративних витрат
Efficient Consumer Response (ECR)	Ефективне реагування на запити споживачів	Підвищення рівня обслуговування, скорочення циклу виконання замовлення
Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR)	Спільне планування, прогнозування та поповнення запасів	Підвищення точності прогнозів, зниження рівня страхових запасів
Cross-docking	Перевантаження товарів без розміщення на складі	Скорочення складських операцій, прискорення доставки

Джерело: складено автором на основі [6, 11, 28]

Особливо актуальною для організації доставки продукції місцевих виробників є концепція Cross-docking, яка передбачає перевантаження товарів з транспорту постачальників у транспорт для доставки в торговельні точки без розміщення на складі. За даними досліджень Сумця О.М., використання Cross-

docking дозволяє скоротити час доставки на 24-48 годин та знизити логістичні витрати на 25-30% [28].

Важливим елементом сучасних технологій управління ланцюгами постачань є використання інформаційних систем, які забезпечують планування, контроль та оптимізацію логістичних процесів. Відповідно до класифікації Воркута Т.А., до основних типів інформаційних систем у логістиці належать [6]:

Системи планування ресурсів підприємства (Enterprise Resource Planning, ERP);

Системи управління складом (Warehouse Management System, WMS);

Системи управління транспортом (Transportation Management System, TMS);

Системи управління взаємовідносинами з постачальниками (Supplier Relationship Management, SRM);

Системи управління замовленнями (Order Management System, OMS).

Для ефективної організації доставки продукції місцевих виробників найбільш важливими є системи управління транспортом (TMS), які дозволяють оптимізувати маршрути доставки, контролювати використання транспортних засобів, планувати завантаження та відслідковувати рух вантажів у режимі реального часу. За даними досліджень Попової Н.В., впровадження TMS дозволяє знизити транспортні витрати на 8-15% та підвищити ефективність використання транспортних засобів на 10-20% [22].

Важливою тенденцією в управлінні ланцюгами постачань є впровадження принципів електронної логістики (e-logistics), яка базується на використанні інтернет-технологій для організації та контролю логістичних процесів. За визначенням Крикавського Є.В., електронна логістика представляє собою сукупність процесів планування, управління та контролю всіх логістичних операцій з використанням електронних засобів обміну даними [14].

Впровадження технологій електронної логістики дозволяє підвищити прозорість ланцюга постачань, забезпечити оперативний обмін інформацією

між усіма учасниками та підвищити ефективність логістичних процесів. Особливо важливим це є при роботі з місцевими виробниками, коли необхідно координувати діяльність значної кількості постачальників.

1.3. Вимоги до перевезення різних груп товарів

Організація доставки продукції місцевих виробників передбачає необхідність забезпечення відповідних умов перевезення для різних груп товарів. Відповідно до класифікації, запропонованої Сокуром І.М., всі товари можна розподілити на категорії залежно від їх фізико-хімічних властивостей та вимог до умов транспортування [26].

Основні вимоги до перевезення різних груп товарів місцевих виробників представлені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Вимоги до перевезення різних груп товарів місцевих виробників

Група товарів	Особливості перевезення	Тип транспортного засобу	Нормативні документи
Швидкопсувні продукти (молочна, м'ясна продукція)	Температурний режим 0...+4°C, дотримання санітарних норм	Авторефрижератори, ізотермічні фургони	Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів»
Хлібобулочні вироби	Вентиляція, захист від забруднення, спеціальні контейнери	Хлібні фургони, автомобілі з полицями	ДСТУ 4587:2006 «Вироби хлібобулочні. Правила приймання, методи відбирання проб»
Свіжі овочі та фрукти	Вентиляція, захист від механічних пошкоджень, оптимальний температурний режим	Автомобілі з відкритим кузовом, фургони	Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів»
Заморожені продукти	Температурний режим не вище -18°C	Авторефрижератори з глибокою заморозкою	ДСТУ 4161-2003 «Системи управління безпечністю харчових продуктів»
Напої у пляшках та банках	Захист від механічних пошкоджень, температурний режим залежно від виду продукції	Вантажні автомобілі з кузовом-платформою, фургони	ДСТУ 4283:2007 «Консерви. Соки та сокові продукти. Терміни та визначення понять»
Сипучі продукти (крупя, борошно)	Захист від вологи, шкідників	Фургони, вантажні автомобілі з тентом	ДСТУ 4243:2003 «Крупя. Правила приймання та методи відбирання проб»

Джерело: складено автором на основі [2, 26, 32]

Особливу увагу при організації перевезень продукції місцевих виробників слід приділяти швидкопсувним товарам, які складають значну частку в асортименті. За даними Хітрова І.О., порушення температурного режиму при перевезенні молочної продукції може скоротити термін її придатності на 30-50% [32]. Це підкреслює важливість використання спеціалізованого транспорту з холодильним обладнанням для таких перевезень.

Важливим аспектом організації перевезень продукції місцевих виробників є дотримання санітарно-гігієнічних вимог. Відповідно до Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових

продуктів», транспортні засоби, що використовуються для перевезення харчових продуктів, повинні бути чистими, у належному стані та забезпечувати умови, які запобігають забрудненню продуктів [2].

При організації перевезень необхідно також враховувати вимоги до упаковки продукції. Як зазначає Ковтун О.А., правильна упаковка забезпечує захист товарів від механічних пошкоджень, забруднення та впливу зовнішнього середовища [13]. Особливо це важливо при перевезенні свіжих овочів та фруктів, які є вразливими до механічних пошкоджень.

Важливим аспектом організації перевезень є також дотримання нормативних вимог щодо максимальної ваги та габаритів вантажів. Відповідно до Закону України «Про автомобільний транспорт», максимальна вага вантажу не повинна перевищувати вантажопідйомність транспортного засобу, а габарити вантажу мають відповідати встановленим нормам [1]. Це особливо актуально при перевезенні продукції місцевих виробників, коли часто доводиться консолідувати вантажі від різних постачальників.

1.4. Аналіз досвіду організації локальних систем дистрибуції

Організація ефективної системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів вимагає вивчення та адаптації успішного досвіду, накопиченого як в Україні, так і за кордоном. Аналіз вітчизняної та зарубіжної практики дозволяє виділити кілька моделей організації локальних систем дистрибуції, які можуть бути використані при розробці системи доставки для мережі магазинів у Тернополі.

Відповідно до досліджень Окландера М.А., можна виділити три основні моделі організації локальних систем дистрибуції [19]:

Централізована модель, при якій доставка продукції здійснюється через центральний розподільчий центр;

Децентралізована модель, при якій доставка здійснюється безпосередньо від виробників до магазинів;

Змішана модель, яка поєднує елементи перших двох моделей.

Кожна з цих моделей має свої переваги та недоліки, які необхідно враховувати при виборі оптимального варіанту для конкретної мережі магазинів (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 - Порівняльна характеристика моделей організації локальних систем дистрибуції

Характеристика	Централізована модель	Децентралізована модель	Змішана модель
Кількість логістичних операцій	Висока	Низька	Середня
Рівень запасів	Високий	Низький	Середній
Рівень обслуговування	Високий	Середній	Високий
Гнучкість системи	Низька	Висока	Середня
Витрати на транспортування	Середні	Високі	Середні
Витрати на складування	Високі	Низькі	Середні
Швидкість доставки	Середня	Висока	Висока
Контроль якості	Високий	Низький	Середній

Джерело: складено автором на основі [19, 24]

Аналіз вітчизняного досвіду організації локальних систем дистрибуції показує, що найбільш поширеною є змішана модель, яка дозволяє оптимізувати логістичні процеси з урахуванням особливостей конкретного регіону. За даними досліджень Руденка Г.Р., близько 65% українських торговельних мереж використовують саме змішану модель організації доставки продукції від місцевих виробників [24].

Цікавим прикладом успішної організації локальної системи дистрибуції є досвід мережі супермаркетів "АТБ", яка впровадила систему "Місцевий виробник". В рамках цієї системи для кожного регіону визначено перелік місцевих виробників, продукція яких постачається в магазини мережі. Для

оптимізації логістичних процесів компанія використовує регіональні розподільчі центри, через які здійснюється доставка продукції від місцевих виробників до магазинів мережі [24].

Серед зарубіжних прикладів варто відзначити досвід американської мережі Whole Foods Market, яка активно співпрацює з місцевими виробниками органічної продукції. Для оптимізації логістичних процесів компанія використовує систему "Local Supplier Network", яка дозволяє координувати процеси замовлення та доставки продукції від місцевих виробників [31].

Важливим елементом успішної організації локальних систем дистрибуції є впровадження сучасних інформаційних технологій. За даними досліджень Моро М.М., використання спеціалізованих програмних продуктів для управління замовленнями та маршрутизації транспорту дозволяє знизити логістичні витрати на 15-20% та підвищити рівень обслуговування на 10-15% [18].

Аналіз міжнародного досвіду також показує, що важливим трендом в організації локальних систем дистрибуції є впровадження принципів "зеленої логістики", які передбачають мінімізацію негативного впливу логістичних процесів на навколишнє середовище. За даними Крикавського Є.В., використання екологічно чистих видів транспорту та оптимізація маршрутів доставки дозволяє не тільки знизити екологічне навантаження, але й зменшити логістичні витрати на 8-12% [14].

Важливим аспектом організації локальних систем дистрибуції є також забезпечення простежуваності продукції від виробника до споживача. Як зазначає Пітерська В.М., впровадження систем відстеження руху продукції дозволяє підвищити рівень контролю якості та безпеки продуктів, що особливо важливо для швидкопсувних товарів [21].

В контексті оптимізації маршрутів доставки продукції місцевих виробників значний інтерес представляє досвід компанії "Нова Пошта", яка впровадила систему динамічної маршрутизації на основі алгоритмів машинного навчання. Ця система дозволяє оперативно корегувати маршрути з урахуванням

транспортної ситуації, що забезпечує мінімізацію часу доставки та витрат палива [22].

Аналіз досвіду організації локальних систем дистрибуції дозволяє виділити ключові фактори успіху, які необхідно враховувати при розробці системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів у Тернополі:

Гнучкість логістичної системи, яка дозволяє адаптуватися до змін обсягів поставок та асортименту продукції;

Використання сучасних інформаційних технологій для координації та контролю логістичних процесів;

Впровадження принципів "зеленої логістики" для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище;

Забезпечення простежуваності продукції від виробника до споживача;

Оптимізація маршрутів доставки для мінімізації логістичних витрат;

Використання спеціалізованого транспорту для перевезення різних груп товарів.

Врахування цих факторів дозволить розробити ефективну систему доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів у Тернополі, яка забезпечить оптимальне співвідношення між рівнем обслуговування та логістичними витратами.

Проведений аналіз теоретичних основ організації системи доставки продукції місцевих виробників для роздрібних мереж дозволяє зробити наступні висновки:

Доставка продукції місцевих виробників має ряд специфічних особливостей, які необхідно враховувати при організації логістичних процесів: невеликі обсяги поставок, обмежений асортимент, сезонність виробництва, розосереджене територіальне розміщення, низький рівень впровадження інформаційних технологій та обмежений термін зберігання продукції.

Сучасні технології управління ланцюгами постачань, такі як Just-in-Time, Vendor Managed Inventory, Efficient Consumer Response, Collaborative Planning,

Forecasting and Replenishment та Cross-docking, можуть бути ефективно використані для оптимізації процесів доставки продукції місцевих виробників.

Важливим елементом ефективного управління ланцюгами постачань є використання інформаційних систем, зокрема систем управління транспортом (TMS), які дозволяють оптимізувати маршрути доставки, контролювати використання транспортних засобів та відслідковувати рух вантажів у режимі реального часу.

При організації перевезень продукції місцевих виробників необхідно враховувати специфічні вимоги до транспортування різних груп товарів, зокрема температурний режим, санітарно-гігієнічні вимоги, захист від механічних пошкоджень та забруднення.

Аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду організації локальних систем дистрибуції дозволяє виділити три основні моделі: централізовану, децентралізовану та змішану. Найбільш поширеною в Україні є змішана модель, яка дозволяє оптимізувати логістичні процеси з урахуванням особливостей конкретного регіону.

Ключовими факторами успіху при організації доставки продукції місцевих виробників є гнучкість логістичної системи, використання сучасних інформаційних технологій, впровадження принципів "зеленої логістики", забезпечення простежуваності продукції, оптимізація маршрутів доставки та використання спеціалізованого транспорту.

Таким чином, організація ефективної системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів вимагає комплексного підходу, який враховує особливості місцевих виробників, специфіку різних груп товарів та сучасні технології управління ланцюгами постачань. Впровадження такої системи дозволить забезпечити оптимальне співвідношення між рівнем обслуговування та логістичними витратами.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ІСНУЮЧОЇ СИСТЕМИ ПОСТАЧАННЯ ПРОДУКЦІЇ

2.1. Характеристика мережі магазинів та її логістичних потреб

Об'єктом дослідження в даній роботі є мережа продуктових магазинів «Файно маркет», яка функціонує на території міста Тернополя та прилеглих населених пунктів. Мережа представлена 18 торговельними точками різного формату: супермаркети (3 магазини), магазини біля дому (12 магазинів) та мінімаркети (3 магазини). Загальна торгова площа мережі становить близько 4500 м².

Як зазначає Войчак А.В., формат торговельного підприємства визначає особливості його функціонування, зокрема, асортиментну політику, цільову аудиторію, специфіку логістичного обслуговування [5]. Характеристика різних форматів магазинів мережі «Файно маркет» представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристика форматів магазинів мережі «Файно маркет»

Показник	Супермаркет	Магазин біля дому	Мінімаркет
Кількість магазинів	3	12	3
Середня торгова площа, м ²	800-1200	200-400	50-120
Асортиментні позиції, тис. найменувань	10-15	5-7	2-3
Середньоденний товарообіг, тис. грн	180-220	80-120	20-40
Середня кількість покупців за день	800-1000	400-600	200-300
Частка продукції місцевих виробників, %	35	40	45
Частота поставок продукції	Щоденно	3-4 рази на тиждень	2-3 рази на тиждень

Джерело: складено автором на основі даних підприємства

Географічне розташування магазинів мережі характеризується нерівномірністю: 14 магазинів розташовані в місті Тернополі, а 4 – в прилеглих

населених пунктах (сmt. Велика Березовиця, с. Петриків, с. Біла, с. Підгороднє). Відстань між найвіддаленішими точками мережі становить близько 18 км, що суттєво впливає на організацію логістичного обслуговування.

Аналіз розташування магазинів мережі відносно основних транспортних артерій міста показує, що 8 магазинів розташовані на основних магістралях, 7 – в спальних районах міста, 3 – в центральній частині міста. Це створює додаткові складнощі при організації доставки товарів, особливо в години пік, коли рух у центральній частині міста ускладнений.

Логістичне обслуговування мережі магазинів «Файно маркет» включає такі основні процеси:

1. Закупівля товарів у постачальників;
2. Зберігання товарів на центральному складі;
3. Комплектація замовлень для магазинів;
4. Доставка товарів до магазинів;
5. Управління запасами в магазинах.

За даними Тарасюка Г.М., ефективна організація логістичного обслуговування торговельної мережі дозволяє знизити операційні витрати на 15-20% та підвищити рівень задоволеності клієнтів на 10-15% [29]. Саме тому оптимізація системи доставки продукції є одним з пріоритетних напрямів розвитку мережі «Файно маркет».

Аналіз логістичних потреб мережі «Файно маркет» показує, що ключовими вимогами до системи доставки продукції є:

1. Своєчасність поставок відповідно до графіка;
2. Збереження якості продукції під час транспортування;
3. Гнучкість системи доставки, здатність реагувати на зміни попиту;
4. Економічна ефективність логістичних процесів;
5. Можливість відстеження руху товарів в режимі реального часу.

Особливе значення для мережі має організація доставки продукції місцевих виробників, яка становить від 35% до 45% асортименту залежно від

формату магазину. Схематично структура постачальників мережі «Файно маркет» представлена на рис. 2.1.

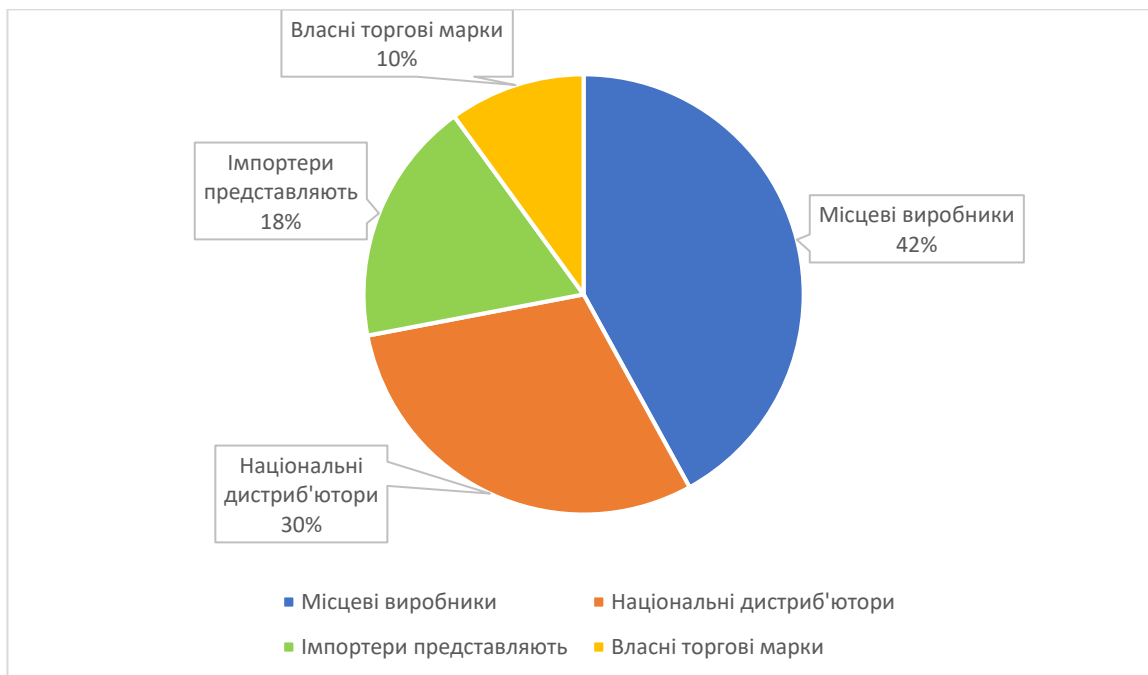


Рис. 2.1. Структура постачальників мережі «Файно маркет»

Джерело: складено автором на основі даних підприємства

Як видно з рисунку 2.1, частка місцевих виробників у загальній структурі постачальників становить 42%, що підтверджує важливість оптимізації системи доставки саме цієї категорії продукції. За даними Окландера М.А., орієнтація на місцевих виробників дозволяє торговельним мережам забезпечити свіжість продукції, скоротити логістичні витрати та підтримати регіональну економіку [19].

Складське господарство мережі «Файно маркет» представлене центральним розподільчим центром площею 1500 м², розташованим на околиці міста Тернополя. Розподільчий центр обладнаний зонами для зберігання різних груп товарів, включаючи холодильні камери для швидкопсувних продуктів, спеціалізовані приміщення для зберігання алкогольної продукції та сухих продуктів. Загальна місткість розподільчого центру становить близько 2000 палетомісць.

Транспортний парк мережі включає 8 одиниць техніки різних типів:

- 3 автомобілі-рефрижератори вантажопідйомністю 1,5 т;

- 3 вантажні фургони вантажопідйомністю 3 т;
- 2 малотоннажні автомобілі вантажопідйомністю 0,8 т.

Як зазначає Хітров І.О., вибір типу транспортного засобу для перевезення продукції повинен враховувати специфіку вантажу, відстань перевезення, об'єми поставок та особливості маршрутів [32]. Однак аналіз використання транспортного парку мережі «Файно маркет» показує, що існуюча структура не повністю відповідає потребам підприємства, особливо у пікові періоди (передсвяткові дні, сезонні розпродажі).

Середній коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортних засобів становить 0,72, що свідчить про нераціональне використання транспортних ресурсів. Крім того, середній коефіцієнт використання пробігу складає 0,65, що вказує на значну кількість холостих пробігів при організації доставки товарів.

Інформаційне забезпечення логістичних процесів у мережі «Файно маркет» реалізовано на базі системи 1С:Підприємство з додатковими модулями для управління складом та транспортом. Однак, як зазначає Загурський О.М., сучасні тенденції в управлінні ланцюгами постачань вимагають впровадження спеціалізованих логістичних інформаційних систем, що забезпечують інтеграцію всіх учасників логістичного процесу [11]. В цьому контексті інформаційне забезпечення логістичних процесів у мережі «Файно маркет» потребує модернізації.

2.2. Аналіз товаропотоків та асортиментної структури

Для ефективної організації системи доставки продукції місцевих виробників необхідно провести детальний аналіз товаропотоків та асортиментної структури мережі магазинів. За визначенням Дмитриченка М.Ф., товаропотік – це кількість товарів, що переміщується від постачальника до споживача за певний період часу за визначеним маршрутом [8].

Аналіз товаропотоків мережі «Файно маркет» за 2024 рік показує, що загальний обсяг поставок становить 18450 тонн, з яких 7749 тонн (42%) припадає на продукцію місцевих виробників. Динаміка поставок продукції місцевих виробників по місяцях представлена на рис. 2.2.

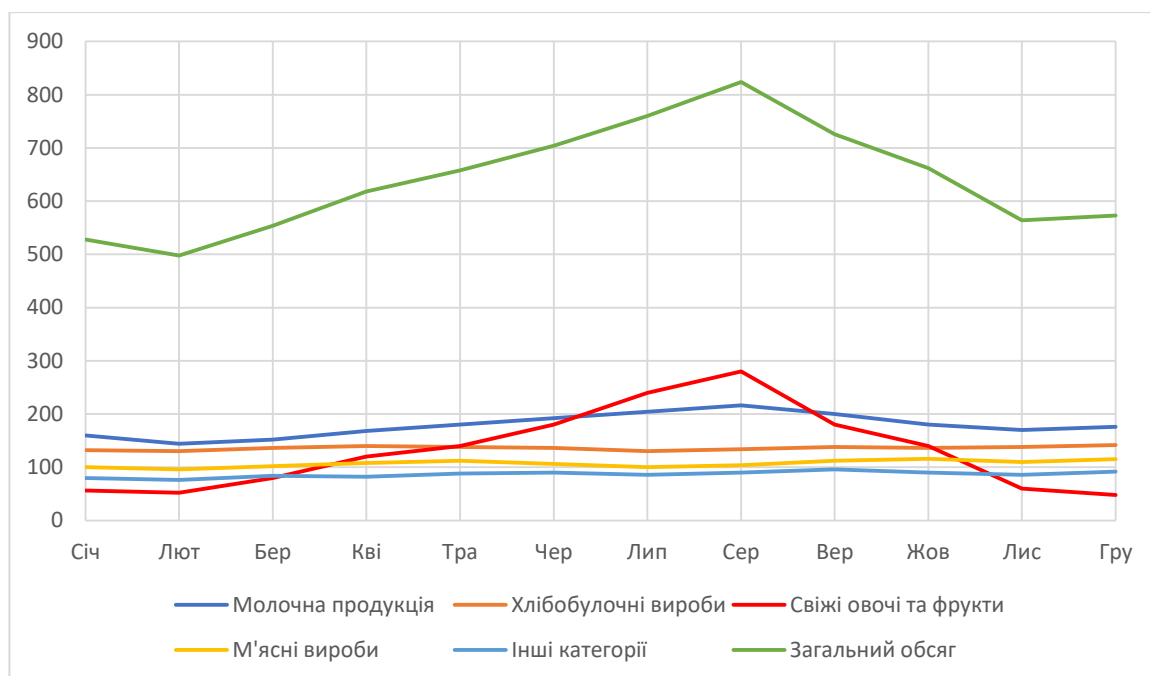


Рис. 2.2. Динаміка поставок продукції місцевих виробників для мережі «Файно маркет» за 2024 рік

Джерело: складено автором на основі даних підприємства

Як видно з рисунку 2.2, обсяги поставок продукції місцевих виробників характеризуються значною сезонністю, особливо для категорій "Свіжі овочі та фрукти" та "Молочна продукція". Індекс сезонності для категорії "Свіжі овочі та фрукти" коливається від 68% у лютому до 156% у серпні, що створює додаткові складнощі при плануванні маршрутів доставки та використанні транспортних засобів.

Аналіз асортиментної структури продукції місцевих виробників, що реалізується в мережі «Файно маркет», представлений в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Асортиментна структура продукції місцевих виробників у мережі «Файно маркет»

Категорія продукції	Частка в обсязі поставок, %	Кількість SKU	Частка в товарообігу, %	Основні місцеві виробники
Молочна продукція	28	128	23	ТОВ "Молокія", ТзОВ "Тернопільський молокозавод", ФГ "Задорожне"
Хлібобулочні вироби	22	95	18	ТОВ "Тернопільхліб", ПП "Колос", ТОВ "Надзбруччя хліб"
М'ясні вироби	15	112	21	ТОВ "Микулинецький м'ясокомбінат", ТОВ "Пан Ковбаско", ФГ "М'ясний двір"
Свіжі овочі та фрукти	18	75	12	ФГ "Гадз", ТОВ "Агроекопродукт", ФГ "Зелена долина"
Бакалійна продукція	9	68	8	ТОВ "Тернопільська крупа", ПП "Здоровий смак", ТОВ "ЕкоТернопіль"
Напої та соки	8	42	12	ТОВ "Бджілка", ТОВ "Микулинецький бровар", ПП "Джерельце"
Інші	7	54	6	Різні виробники

Джерело: складено автором на основі даних підприємства

Аналіз даних таблиці 2.2 показує, що найбільшу частку в обсязі поставок продукції місцевих виробників займають молочна продукція (28%), хлібобулочні вироби (22%) та свіжі овочі і фрукти (18%). При цьому найбільша кількість SKU (Stock Keeping Unit – одиниця обліку запасів) припадає на молочну продукцію (128) та м'ясні вироби (112), що обумовлено широким асортиментом цих категорій.

За даними Воркута Т.А., управління асортиментом продукції є важливим елементом логістичної стратегії торговельного підприємства та безпосередньо впливає на організацію процесів доставки [6]. В цьому контексті важливо проаналізувати структуру поставок продукції місцевих виробників за типами транспортування, яка представлена на рис. 2.3.

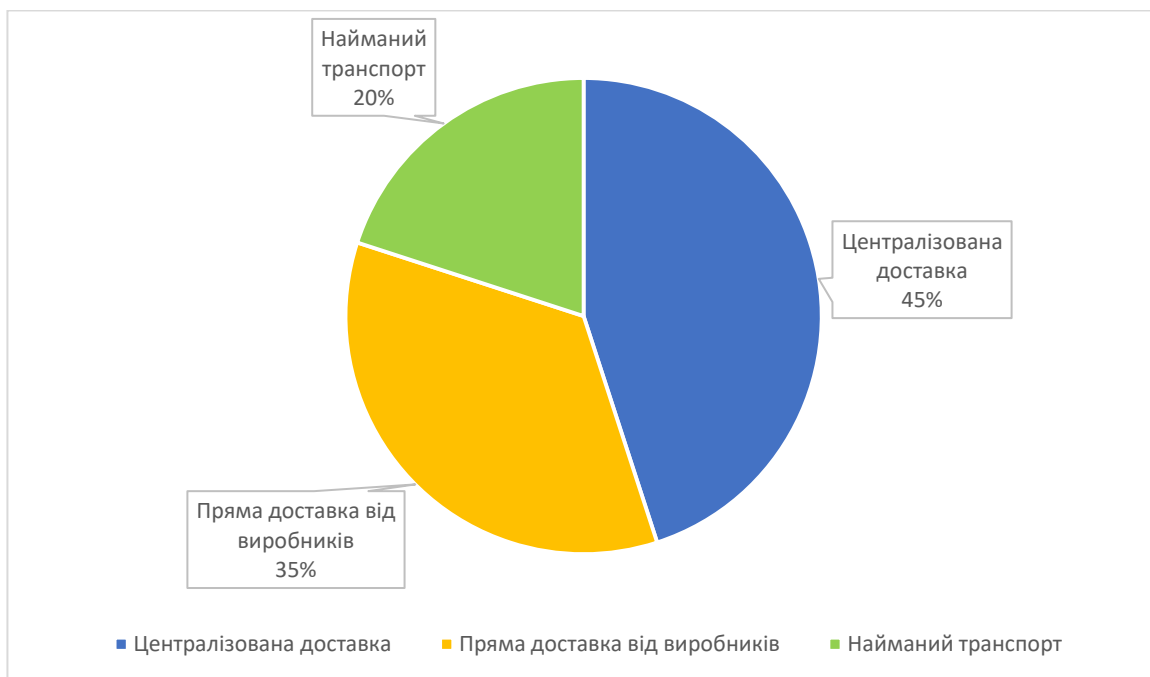


Рис. 2.3. Структура поставок продукції місцевих виробників за типами транспортування

Джерело: складено автором на основі даних підприємства

Як видно з рисунку 2.3, 45% продукції місцевих виробників доставляється через централізовану систему (через розподільчий центр мережі), 35% – безпосередньо виробниками до магазинів мережі, 20% – через найману транспортну компанію. Така структура поставок не є оптимальною, оскільки створює додаткове навантаження на логістичну систему та ускладнює контроль за якістю продукції та своєчасністю поставок.

Аналіз географічної структури поставок продукції місцевих виробників показує, що основна частина постачальників розташована в радіусі 50 км від міста Тернополя. Розподіл постачальників за відстанню від центрального розподільчого центру мережі представлений в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Розподіл місцевих виробників за відстанню від центрального розподільчого центру

Відстань, км	Кількість виробників	Частка в загальному обсязі поставок, %	Основні категорії продукції
До 10	8	22	Хлібобулочні вироби, молочна продукція
10-20	12	35	Молочна продукція, м'ясні вироби, свіжі овочі та фрукти
20-30	9	18	Свіжі овочі та фрукти, напої та соки
30-50	11	15	Бакалійна продукція, м'ясні вироби
Більше 50	5	10	Напої та соки, бакалійна продукція

Джерело: складено автором на основі даних підприємства

Дані таблиці 2.3 показують, що основна частина місцевих виробників (57%) розташована на відстані до 20 км від центрального розподільчого центру мережі, що створює сприятливі умови для організації ефективної системи доставки продукції. Однак 15% обсягу поставок припадає на виробників, розташованих на відстані 30-50 км, а 10% – на відстані більше 50 км, що вимагає розробки оптимальних маршрутів доставки для мінімізації транспортних витрат.

За даними Потійчука О.Б., при плануванні маршрутів доставки важливо враховувати не тільки відстань, але й час доставки, який залежить від стану доріг, інтенсивності руху та інших факторів [23]. Аналіз середнього часу доставки продукції від місцевих виробників до центрального розподільчого центру мережі «Файно маркет» показує, що цей показник коливається від 20 хвилин для виробників, розташованих у межах міста, до 1,5 годин для виробників, розташованих на відстані більше 50 км.

Важливим аспектом аналізу товаропотоків є також оцінка частоти та обсягів поставок. За даними дослідження, 35% місцевих виробників здійснюють поставки продукції щоденно, 45% – 2-3 рази на тиждень, 20% – 1 раз на тиждень або рідше. Це вимагає гнучкої організації системи доставки, здатної адаптуватися до різних графіків поставок.

Аналіз структури поставок за обсягами показує, що середній розмір поставки від одного місцевого виробника становить 250 кг, однак цей показник суттєво варіюється залежно від категорії продукції – від 50 кг для бакалійної продукції до 500 кг для хлібобулочних виробів та молочної продукції. Як зазначає Ковтун О.А., такі розбіжності в обсягах поставок вимагають використання транспортних засобів різної вантажопідйомності та впровадження системи консолідації вантажів [13].

2.3. Оцінка існуючих схем доставки продукції

Аналіз логістичних процесів мережі «Файно маркет» показує, що наразі використовуються три основні схеми доставки продукції місцевих виробників:

1. Централізована доставка через розподільчий центр (Cross-docking);
2. Пряма доставка від виробників до магазинів;
3. Доставка через найману транспортну компанію.

Кожна з цих схем має свої особливості, переваги та недоліки, які необхідно враховувати при розробці оптимальної системи доставки продукції місцевих виробників.

Схема 1. Централізована доставка через розподільчий центр (Cross-docking)

При використанні цієї схеми продукція від місцевих виробників доставляється до центрального розподільчого центру мережі, де вона консолідується з іншими товарами та розподіляється за магазинами відповідно до їх замовлень. Транспортування продукції від розподільчого центру до магазинів здійснюється власним транспортом мережі за встановленими маршрутами.

Як зазначає Турченко М.О., технологія Cross-docking дозволяє скоротити час доставки продукції, мінімізувати складські витрати та забезпечити оптимальне завантаження транспортних засобів [30]. Однак ефективність цієї

схеми залежить від правильної організації процесів прийому, сортування та відправки товарів, а також від своєчасності поставок від виробників.

Аналіз використання схеми централізованої доставки в мережі «Файно маркет» показує, що вона є найбільш ефективною для таких категорій продукції, як молочна продукція, м'ясні вироби та бакалійна продукція, які вимагають спеціальних умов транспортування та зберігання. Основні показники ефективності цієї схеми доставки представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Показники ефективності централізованої схеми доставки продукції місцевих виробників

Показник	Значення	Нормативне значення	Відхилення, %
Своєчасність поставок, %	92	95	-3
Середній час доставки від виробника до магазину, год.	18	12	+50
Відсоток пошкоджень продукції при транспортуванні, %	0,8	0,5	+60
Коефіцієнт використання вантажопідйомності транспорту	0,85	0,9	-5,6
Коефіцієнт використання пробігу	0,75	0,8	-6,3
Витрати на 1 тонно-кілометр, грн	12,5	10	+25

Джерело: складено автором на основі даних підприємства та [30]

Дані таблиці 2.4 показують, що за більшістю показників ефективності централізована схема доставки не відповідає нормативним значенням. Особливо значні відхилення спостерігаються за такими показниками, як середній час доставки від виробника до магазину (+50%) та відсоток пошкоджень продукції при транспортуванні (+60%). Це свідчить про необхідність оптимізації процесів прийому, сортування та відправки товарів у розподільчому центрі.

Схема 2. Пряма доставка від виробників до магазинів

При використанні цієї схеми продукція доставляється безпосередньо від виробників до магазинів мережі, минаючи розподільчий центр. Транспортування здійснюється власним транспортом виробників або

транспортном мережі, який забирає продукцію у виробників за встановленими маршрутами.

За даними Давідіча Ю.О., пряма доставка є ефективною для швидкопсувної продукції з коротким терміном зберігання та для невеликих обсягів поставок [7]. В мережі «Файно маркет» ця схема використовується переважно для поставок хлібобулочних виробів, свіжих овочів та фруктів.

Аналіз ефективності схеми прямої доставки показує, що вона має як переваги, так і недоліки. До основних переваг належать мінімальний час доставки, збереження свіжості продукції, можливість оперативного реагування на зміни попиту. Однак ця схема характеризується низькою ефективністю використання транспорту, високими транспортними витратами та складністю координації поставок від різних виробників.

Основні показники ефективності схеми прямої доставки продукції місцевих виробників представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Показники ефективності схеми прямої доставки продукції місцевих виробників

Показник	Значення	Нормативне значення	Відхилення, %
Своєчасність поставок, %	88	95	-7,4
Середній час доставки від виробника до магазину, год.	4	6	-33,3
Відсоток пошкоджень продукції при транспортуванні, %	0,3	0,5	-40
Коефіцієнт використання вантажопідйомності транспорту	0,65	0,9	-27,8
Коефіцієнт використання пробігу	0,55	0,8	-31,3
Витрати на 1 тонно-кілометр, грн	18,5	10	+85

Джерело: складено автором на основі даних підприємства та [7]

Дані таблиці 2.5 показують, що схема прямої доставки забезпечує кращі показники за середнім часом доставки (-33,3%) та відсотком пошкоджень продукції (-40%) порівняно з нормативними значеннями. Однак ця схема характеризується низькою ефективністю використання транспорту та високими

транспортними витратами, що робить її економічно не вигідною для більшості категорій продукції.

Схема 3. Доставка через найману транспортну компанію

При використанні цієї схеми доставка продукції місцевих виробників здійснюється транспортом найманої компанії, яка спеціалізується на вантажних перевезеннях. Ця схема використовується переважно для виробників, розташованих на значній відстані від міста Тернополя, або для нерегулярних поставок.

За даними Сокура І.М., використання найманого транспорту дозволяє скоротити інвестиції в основні засоби, зменшити витрати на утримання автопарку та підвищити гнучкість логістичної системи [26]. Однак ця схема має також ряд недоліків, зокрема, залежність від якості послуг транспортної компанії, складність контролю процесу доставки, можливі затримки та пошкодження вантажу.

Аналіз ефективності схеми доставки через найману транспортну компанію показує, що вона є найменш ефективною з точки зору оперативності та якості обслуговування. Основні показники ефективності цієї схеми представлені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Показники ефективності схеми доставки через найману транспортну компанію

Показник	Значення	Нормативне значення	Відхилення, %
Своєчасність поставок, %	80	95	-15,8
Середній час доставки від виробника до магазину, год.	24	12	+100
Відсоток пошкоджень продукції при транспортуванні, %	1,2	0,5	+140
Витрати на 1 тонно-кілометр, грн	15	10	+50

Джерело: складено автором на основі даних підприємства та [26]

Дані таблиці 2.6 показують, що схема доставки через найману транспортну компанію характеризується низькою своєчасністю поставок (-

15,8%), великим часом доставки (+100%) та високим відсотком пошкоджень продукції (+140%) порівняно з нормативними значеннями. Це свідчить про необхідність перегляду умов співпраці з транспортними компаніями або розробки альтернативних схем доставки для віддалених виробників.

Порівняльний аналіз ефективності різних схем доставки продукції місцевих виробників представлений на рис. 2.4.

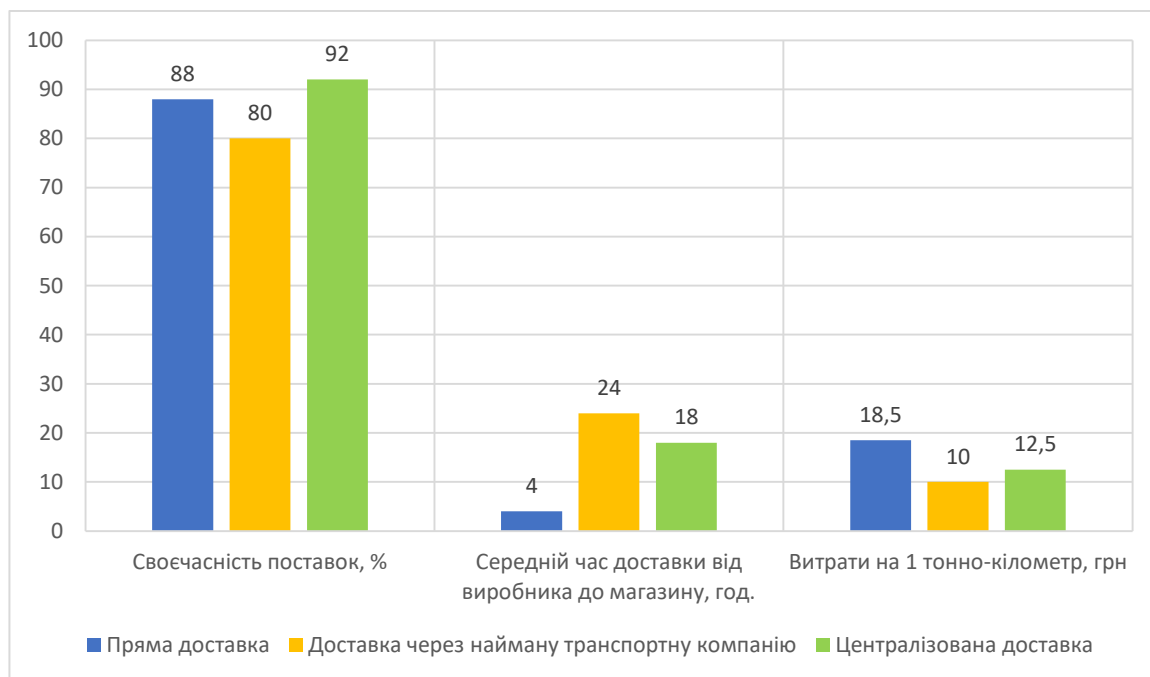


Рис. 2.4. Порівняльний аналіз ефективності схем доставки продукції місцевих виробників

Джерело: складено автором на основі даних таблиць 2.4-2.6

Як видно з рисунку 2.4, жодна з існуючих схем доставки не забезпечує оптимального співвідношення між якістю обслуговування та економічною ефективністю. Це свідчить про необхідність розробки комплексної системи доставки продукції місцевих виробників, яка б поєднувала переваги різних схем та мінімізувала їх недоліки.

За даними Пітерської В.М., оптимальна система доставки повинна бути гнучкою, здатною адаптуватися до змін зовнішнього середовища та враховувати специфіку різних категорій продукції [21]. В цьому контексті для мережі «Файно маркет» доцільним є впровадження змішаної системи доставки,

яка б поєднувала елементи централізованої та прямої доставки залежно від категорії продукції, розташування виробника та обсягів поставок.

2.4. Виявлення недоліків в організації постачання

Проведений аналіз існуючої системи постачання продукції місцевих виробників для мережі магазинів «Файно маркет» дозволив виявити ряд недоліків, які знижують ефективність логістичних процесів та негативно впливають на якість обслуговування споживачів.

За методикою, запропонованою Чернопиською Н.В., оцінка недоліків в організації постачання проводилася за такими напрямками [16]:

1. Організаційні недоліки;
2. Технологічні недоліки;
3. Інформаційні недоліки;
4. Економічні недоліки.

Організаційні недоліки пов'язані з плануванням, координацією та контролем логістичних процесів. Аналіз організаційної структури логістичного відділу мережі «Файно маркет» та розподілу функцій між його працівниками дозволив виявити такі недоліки:

1. Відсутність єдиного центру управління логістичними процесами, що призводить до дублювання функцій та неузгодженості дій різних підрозділів.

2. Нечіткий розподіл відповідальності за різні етапи логістичного процесу, що ускладнює контроль та оперативне реагування на проблемні ситуації.

3. Відсутність систематичного планування маршрутів доставки, що призводить до нераціонального використання транспортних ресурсів та збільшення транспортних витрат.

4. Недостатня координація з місцевими виробниками щодо графіків поставок, що спричиняє нерівномірне навантаження на розподільчий центр та транспортну систему.

За оцінкою експертів, організаційні недоліки спричиняють близько 35% всіх проблем у системі постачання продукції місцевих виробників [19].

Технологічні недоліки пов'язані з матеріально-технічним забезпеченням логістичних процесів та технологією виконання окремих логістичних операцій.

До основних технологічних недоліків належать:

1. Невідповідність структури транспортного парку потребам підприємства, зокрема, недостатня кількість спеціалізованого транспорту для перевезення швидкопсувної продукції.

2. Застаріле обладнання розподільчого центру, що знижує ефективність процесів прийому, сортування та відправки товарів.

3. Відсутність автоматизованої системи комплектації замовлень, що збільшує час обробки замовлень та підвищує ймовірність помилок.

4. Недосконала технологія Cross-docking, яка не забезпечує оптимального руху товарів через розподільчий центр.

Технологічні недоліки складають близько 25% всіх проблем у системі постачання [13].

Інформаційні недоліки пов'язані з обміном інформацією між учасниками логістичного процесу та інформаційним забезпеченням прийняття рішень. До основних інформаційних недоліків належать:

1. Відсутність єдиної інформаційної системи, що об'єднує всіх учасників логістичного процесу – від виробників до магазинів.

2. Недостатній рівень автоматизації процесів збору та обробки інформації про товаропотоки.

3. Відсутність системи оперативного моніторингу руху транспорту та відстеження поставок.

4. Обмежені можливості аналізу логістичних даних для прийняття обґрунтованих рішень щодо оптимізації системи постачання.

За оцінками експертів, інформаційні недоліки становлять близько 20% всіх проблем у системі постачання [28].

Економічні недоліки пов'язані з ефективністю використання ресурсів та оптимізацією логістичних витрат. До основних економічних недоліків належать:

1. Високі транспортні витрати через нераціональне планування маршрутів та неефективне використання транспортних засобів.
2. Надмірні складські витрати через неоптимальні розміри поставок та недостатню швидкість обробки товарів у розподільчому центрі.
3. Відсутність системи оцінки ефективності логістичних витрат та їх впливу на формування ціни товарів.
4. Нераціональна структура логістичних витрат, зокрема, високі витрати на транспортування порівняно з витратами на складування та управління запасами.

Економічні недоліки складають близько 20% всіх проблем у системі постачання [29].

Для більш детального аналізу недоліків в організації постачання було проведено SWOT-аналіз існуючої системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів «Файно маркет» (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 - SWOT-аналіз існуючої системи доставки продукції місцевих виробників

Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
1. Наявність власного розподільчого центру	1. Нераціональне планування маршрутів доставки
2. Наявність власного транспортного парку	2. Низька ефективність використання транспортних засобів
3. Налагоджені партнерські відносини з місцевими виробниками	3. Відсутність єдиної інформаційної системи управління поставками
4. Висока частка продукції місцевих виробників в асортименті	4. Неузгодженість графіків поставок
5. Гнучка цінова політика	5. Високі транспортні витрати
Можливості (O)	Загрози (T)
1. Впровадження сучасних логістичних	1. Посилення конкуренції з боку інших

технологій	торговельних мереж
2. Розширення географії діяльності	2. Зростання вимог споживачів до якості обслуговування
3. Збільшення кількості місцевих виробників	3. Зростання цін на паливо та транспортні послуги
4. Розвиток транспортної інфраструктури регіону	4. Зміни законодавства щодо перевезення продуктів харчування
5. Впровадження енергоефективних технологій транспортування	5. Погіршення стану доріг у сільській місцевості

Джерело: складено автором на основі проведених досліджень

На основі SWOT-аналізу можна сформулювати основні проблеми в організації доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів «Файно маркет»:

1. Неоптимальні маршрути доставки, що призводять до збільшення пробігу транспортних засобів та підвищення транспортних витрат.
2. Низький коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортних засобів, особливо при прямій доставці від виробників до магазинів.
3. Недостатня ефективність процесів Cross-docking у розподільчому центрі, що збільшує час доставки продукції до магазинів.
4. Відсутність автоматизованої системи управління замовленнями, що ускладнює координацію поставок від різних виробників.
5. Неefективне використання найманого транспорту для доставки продукції від віддалених виробників.

Для кількісної оцінки виявлених недоліків було проведено експертне опитування керівників та фахівців логістичного відділу мережі «Файно маркет». Експертам було запропоновано оцінити вплив кожного недоліку на ефективність системи постачання за 10-бальною шкалою, де 1 – мінімальний вплив, 10 – максимальний вплив. Результати опитування представлені на рис. 2.5.

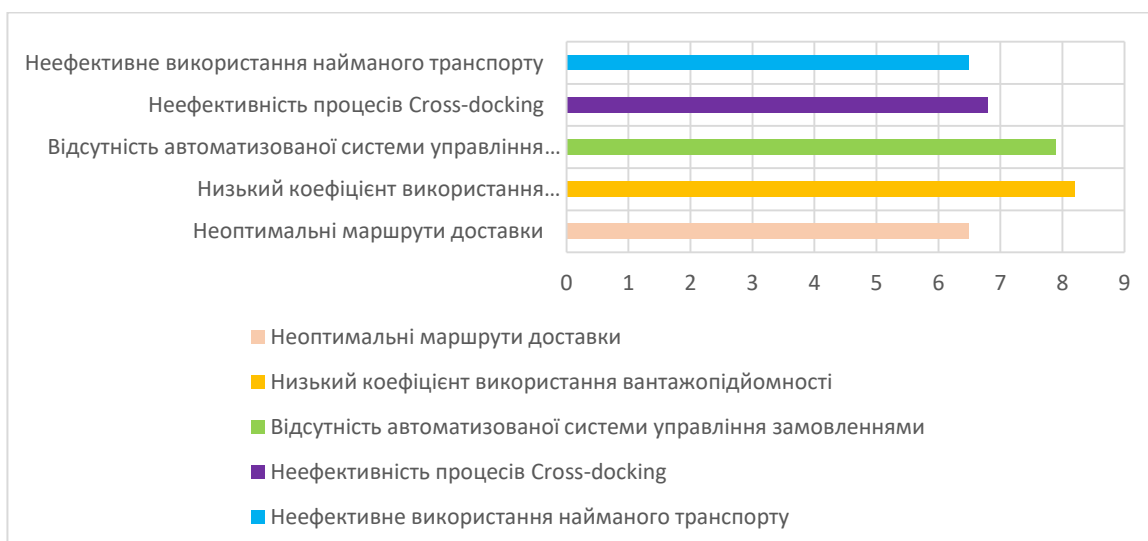


Рис. 2.5. Оцінка впливу недоліків на ефективність системи постачання

Джерело: складено автором на основі результатів експертного опитування

Як видно з рисунку, найбільший негативний вплив на ефективність системи постачання мають неоптимальні маршрути доставки (8,7 балів), низький коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортних засобів (8,2 бали) та відсутність автоматизованої системи управління замовленнями (7,9 балів). Саме на усунення цих недоліків повинні бути спрямовані заходи з удосконалення системи доставки продукції місцевих виробників.

Для оцінки економічних втрат від виявлених недоліків було проведено аналіз структури логістичних витрат мережі «Файно маркет» (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 - Структура логістичних витрат мережі «Файно маркет»

Категорія витрат	Сума, тис. грн/рік	Частка, %	Потенціал економії, %	Сума потенційної економії, тис. грн/рік
Транспортні витрати	4250	45	20	850
Складські витрати	2820	30	15	423
Витрати на управління запасами	1410	15	10	141
Адміністративні витрати	940	10	5	47

Всього	9420	100	-	1461
--------	------	-----	---	------

Джерело: складено автором на основі даних підприємства

Аналіз даних таблиці 2.8 показує, що найбільшу частку в структурі логістичних витрат складають транспортні витрати (45%), які мають також найбільший потенціал економії (20%). Загальна сума потенційної економії від оптимізації логістичних процесів становить 1461 тис. грн/рік, що складає 15,5% від загальної суми логістичних витрат.

За даними Крикавського Є.В., оптимізація системи доставки продукції може забезпечити зниження загальних логістичних витрат на 15-20% [15]. Таким чином, виявлений потенціал економії відповідає середньогалузевим показникам та свідчить про доцільність впровадження заходів з удосконалення системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів «Файно маркет».

Проведене дослідження існуючої системи постачання продукції місцевих виробників для мережі магазинів «Файно маркет» дозволяє зробити наступні висновки:

1. Мережа магазинів «Файно маркет» представлена 18 торговельними точками різного формату на території міста Тернополя та прилеглих населених пунктів. Загальна торгова площа мережі становить близько 4500 м². Логістичне обслуговування мережі включає закупівлю товарів, їх зберігання на центральному складі, комплектацію замовлень, доставку товарів до магазинів та управління запасами.

2. Аналіз товаропотоків показав, що загальний обсяг поставок становить 18450 тонн на рік, з яких 7749 тонн (42%) припадає на продукцію місцевих виробників. Найбільшу частку в структурі поставок від місцевих виробників займають молочна продукція (28%), хлібобулочні вироби (22%) та свіжі овочі і фрукти (18%). Обсяги поставок характеризуються значною сезонністю, особливо для категорій "Свіжі овочі та фрукти" та "Молочна продукція".

3. Географічний аналіз показав, що основна частина місцевих виробників (57%) розташована на відстані до 20 км від центрального розподільчого центру мережі, що створює сприятливі умови для організації ефективної системи доставки. Однак 25% обсягу поставок припадає на виробників, розташованих на відстані більше 30 км, що вимагає розробки оптимальних маршрутів доставки.

4. В мережі «Файно маркет» використовуються три основні схеми доставки продукції місцевих виробників: централізована доставка через розподільчий центр (45% поставок), пряма доставка від виробників до магазинів (35%) та доставка через найману транспортну компанію (20%). Порівняльний аналіз ефективності цих схем показав, що жодна з них не забезпечує оптимального співвідношення між якістю обслуговування та економічною ефективністю.

5. Аналіз недоліків в організації постачання виявив проблеми організаційного, технологічного, інформаційного та економічного характеру. Найбільший негативний вплив на ефективність системи постачання мають неоптимальні маршрути доставки, низький коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортних засобів та відсутність автоматизованої системи управління замовленнями.

6. Аналіз структури логістичних витрат показав, що найбільшу частку складають транспортні витрати (45%), які мають також найбільший потенціал економії (20%). Загальна сума потенційної економії від оптимізації логістичних процесів становить 1461 тис. грн/рік, що складає 15,5% від загальної суми логістичних витрат.

Таким чином, проведене дослідження підтверджує необхідність розробки удосконаленої системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів «Файно маркет», яка б поєднувала переваги різних схем доставки та мінімізувала їх недоліки. Впровадження такої системи дозволить знизити логістичні витрати, підвищити якість обслуговування споживачів та забезпечити конкурентні переваги мережі на ринку роздрібної торгівлі.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА УДОСКОНАЛЕНОЇ СИСТЕМИ ДОСТАВКИ

3.1. Проектування оптимальних маршрутів доставки

Проектування оптимальних маршрутів доставки є важливим етапом удосконалення логістичної системи мережі магазинів «Файно маркет». Як зазначає Мороз М.М., ефективне планування маршрутів дозволяє мінімізувати транспортні витрати, скоротити час доставки продукції та підвищити рівень обслуговування клієнтів [18].

При проектуванні оптимальних маршрутів доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів «Файно маркет» використано комплексний підхід, який враховує такі фактори:

- географічне розташування виробників та магазинів;
- обсяги та частоту поставок;
- категорії продукції та вимоги до її транспортування;
- характеристики наявних транспортних засобів;
- стан дорожньої інфраструктури;
- часові обмеження на доставку продукції.

На основі аналізу товаропотоків та розташування місцевих виробників, проведеного в розділі 2, було розроблено модель зонування території Тернопільської області для оптимізації процесу доставки продукції. Територію області було поділено на 4 логістичні зони (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 - Характеристика логістичних зон

Зона	Радіус зони, км	Кількість виробників	Обсяг поставок, т/рік	Особливості зони
Зона А	0-10	8	1705	Міська зона, щільне розташування виробників, якісні дороги
Зона В	10-20	12	2712	Приміська зона, розосереджене розташування виробників, задовільний стан доріг
Зона С	20-30	9	1395	Сільська зона, нерівномірне розташування виробників, різна якість доріг
Зона D	30+	16	1937	Віддалена зона, розрізнене розташування виробників, погана якість доріг

Джерело: складено автором на основі даних підприємства

Для кожної з виділених зон було розроблено оптимальну схему доставки продукції, яка враховує специфіку зони та категорії продукції (рис. 3.1).

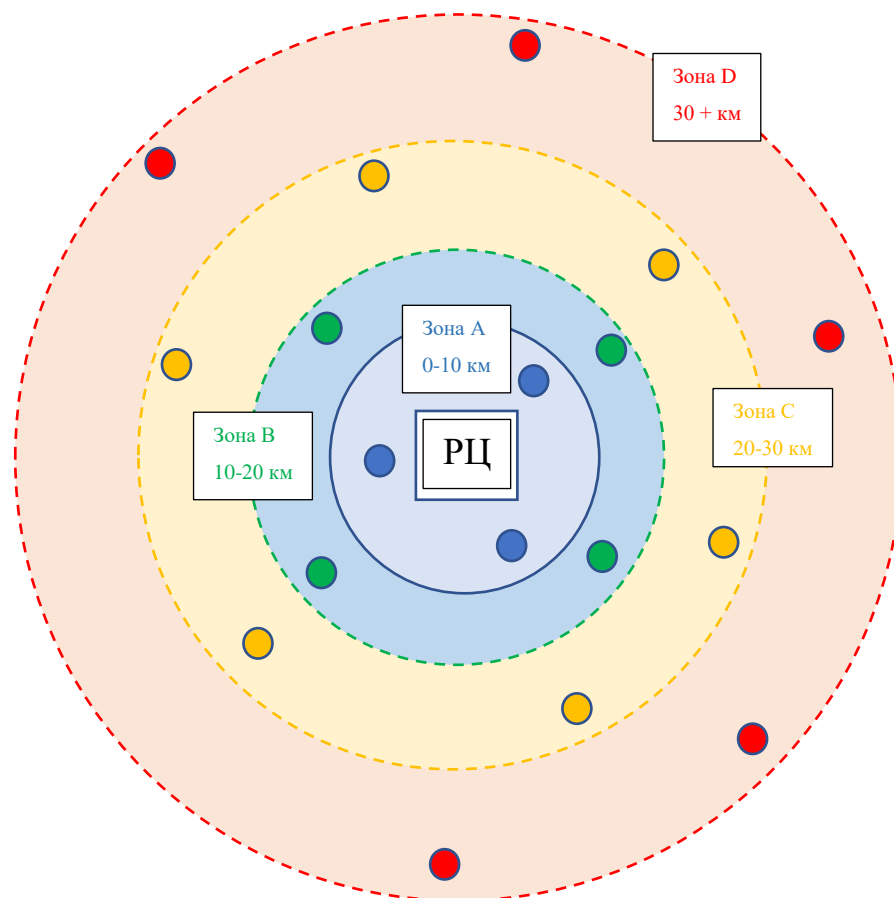


Рис. 3.1. Схеми доставки продукції залежно від логістичної зони

Джерело: розроблено автором на основі [23]

Як видно з рисунку 3.1, для зони А (міська зона) та зони В (приміська зона) рекомендовано використовувати пряму доставку від виробників до розподільчого центру мережі. Це дозволить мінімізувати час доставки та забезпечити свіжість продукції. Для зони С (сільська зона) запропоновано використовувати змішану схему доставки, яка передбачає як пряму доставку для великих виробників, так і доставку через консолідаційні пункти для дрібних виробників. Для зони D (віддалена зона) рекомендовано переважно використовувати доставку через консолідаційні пункти, що дозволить оптимізувати транспортні витрати.

На основі запропонованих схем доставки було розроблено оптимальні маршрути для кожної з логістичних зон. Для проектування маршрутів було використано метод Кларка-Райта, який дозволяє мінімізувати загальну довжину маршрутів при обмеженнях на вантажопідйомність транспортних засобів [12]. Метод базується на розрахунку економії відстані при об'єднанні двох маршрутів в один.

Для зони А було розроблено 2 кільцевих маршрути, які охоплюють всіх 8 виробників та забезпечують щоденну доставку продукції до розподільчого центру. Для зони В сформовано 3 маршрути з періодичністю обслуговування 2-3 рази на тиждень залежно від категорії продукції та обсягів поставок. Для зон С та D розроблено 5 маршрутів, які передбачають доставку продукції через консолідаційні пункти з періодичністю 1-2 рази на тиждень.

Розрахунок параметрів розроблених маршрутів доставки продукції від місцевих виробників наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Параметри оптимальних маршрутів доставки продукції від місцевих виробників

Номер маршруту	Логістична зона	Довжина маршруту, км	Час обслуговування, год	Кількість пунктів збору	Обсяг вантажу, т	Тип транспортного засобу
M1	A	26	4,5	4	1,8	Фургон 3т
M2	A	31	5,0	4	2,2	Фургон 3т
M3	B	58	6,5	5	2,5	Фургон 3т
M4	B	45	5,5	4	1,9	Фургон 3т
M5	B	52	6,0	3	2,1	Фургон 3т
M6	C	85	8,0	4	1,5	Рефрижератор 1,5т
M7	C	72	7,5	5	1,7	Рефрижератор 1,5т
M8	D	115	10,0	6	2,8	Фургон 3т
M9	D	130	11,0	5	2,5	Фургон 3т
M10	D	105	9,5	5	2,0	Рефрижератор 1,5т

Джерело: розроблено автором

Як видно з таблиці 3.2, загальна кількість розроблених маршрутів становить 10, з яких 2 маршрути обслуговують зону А, 3 маршрути – зону В, 2 маршрути – зону С та 3 маршрути – зону D. Загальна довжина всіх маршрутів складає 719 км, що на 23% менше порівняно з існуючими маршрутами доставки.

Особливу увагу при проектуванні маршрутів було приділено оптимізації доставки швидкопсувної продукції, зокрема молочної продукції та свіжих овочів і фруктів. Для цих категорій продукції розроблено окремі маршрути (M1, M4, M6, M10) з використанням автомобілів-рефрижераторів, що дозволяє забезпечити необхідний температурний режим при транспортуванні.

Для підвищення ефективності використання транспортних засобів розроблено графіки руху за кожним маршрутом, які враховують часові вікна роботи виробників, інтенсивність руху на різних ділянках маршрутів та режим роботи розподільчого центру. Це дозволяє мінімізувати простой транспорту та забезпечити своєчасність доставки продукції.

Крім того, для зон С та D впроваджено систему консолідації вантажів, яка передбачає створення тимчасових консолідаційних пунктів у ключових населених пунктах цих зон. Це дозволяє оптимізувати процес збору продукції від дрібних виробників та зменшити транспортні витрати на 15-20% [30].

Для забезпечення гнучкості системи доставки розроблено також резервні маршрути, які можуть використовуватися у випадку збоїв у роботі основних маршрутів (погані погодні умови, ремонтні роботи на дорогах, технічні несправності транспортних засобів тощо). Це дозволяє підтримувати стабільність системи постачання та мінімізувати ризики зривів поставок.

Порівняльний аналіз показників ефективності існуючих та оптимальних маршрутів доставки продукції від місцевих виробників наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Порівняльний аналіз показників ефективності маршрутів доставки

Показник	Існуючі маршрути	Оптимальні маршрути	Зміна, %
Загальна довжина маршрутів, км	934	719	-23,0
Загальний час обслуговування маршрутів, год	97,5	73,5	-24,6
Коефіцієнт використання пробігу	0,65	0,82	+26,2
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,72	0,88	+22,2
Витрати палива, л/тис. т	42,5	31,8	-25,2
Своєчасність поставок, %	88	95	+8,0

Джерело: розроблено автором

Як видно з таблиці 3.3, впровадження оптимальних маршрутів доставки дозволяє суттєво підвищити ефективність системи постачання продукції місцевих виробників. Загальна довжина маршрутів зменшується на 23%, загальний час обслуговування – на 24,6%, витрати палива – на 25,2%. При цьому підвищуються коефіцієнти використання пробігу (+26,2%) та вантажопідйомності (+22,2%), а також своєчасність поставок (+8%).

Впровадження оптимальних маршрутів доставки передбачає також розробку детальних технологічних карт для кожного маршруту, які включають інформацію про послідовність обслуговування пунктів, час прибуття та відправлення, тривалість навантажувально-розвантажувальних робіт, обсяги вантажу, що збирається в кожному пункті, тощо. Це дозволяє стандартизувати процес доставки та забезпечити його стабільність.

Для контролю ефективності розроблених маршрутів пропонується використовувати систему ключових показників ефективності (КПІ), яка включає такі параметри:

- коефіцієнт виконання плану маршруту;
- відхилення фактичного часу доставки від планового;
- коефіцієнт використання вантажопідйомності;
- коефіцієнт використання пробігу;
- витрати палива на 1 тонно-кілометр;
- відсоток своєчасних доставок.

Моніторинг цих показників дозволяє оперативно виявляти проблеми в роботі системи доставки та вносити необхідні корективи для підтримання її ефективності.

3.2. Вибір раціональних типів транспортних засобів

Важливим елементом удосконаленої системи доставки продукції місцевих виробників є вибір раціональних типів транспортних засобів, які забезпечать оптимальне співвідношення між вартістю перевезень та якістю обслуговування. Як зазначає Хітров І.О., вибір транспортних засобів повинен базуватися на комплексному аналізі різних факторів: характеристики вантажу, відстань перевезення, стан дорожньої інфраструктури, вимоги до умов транспортування тощо [32].

На основі аналізу товаропотоків, проведеного в розділі 2, та розроблених оптимальних маршрутів доставки було визначено такі основні критерії вибору транспортних засобів для мережі магазинів «Файно маркет»:

1. Вантажопідйомність та вантажомісткість;
2. Наявність спеціального обладнання (холодильне обладнання, підйомні механізми);
3. Маневреність та прохідність;
4. Паливна економічність;
5. Екологічність;
6. Вартість придбання та експлуатації.

Для об'єктивної оцінки важливості кожного критерію було проведено експертне опитування спеціалістів логістичного відділу мережі «Файно маркет» та представників місцевих виробників. Результати опитування представлені на рис. 3.2.

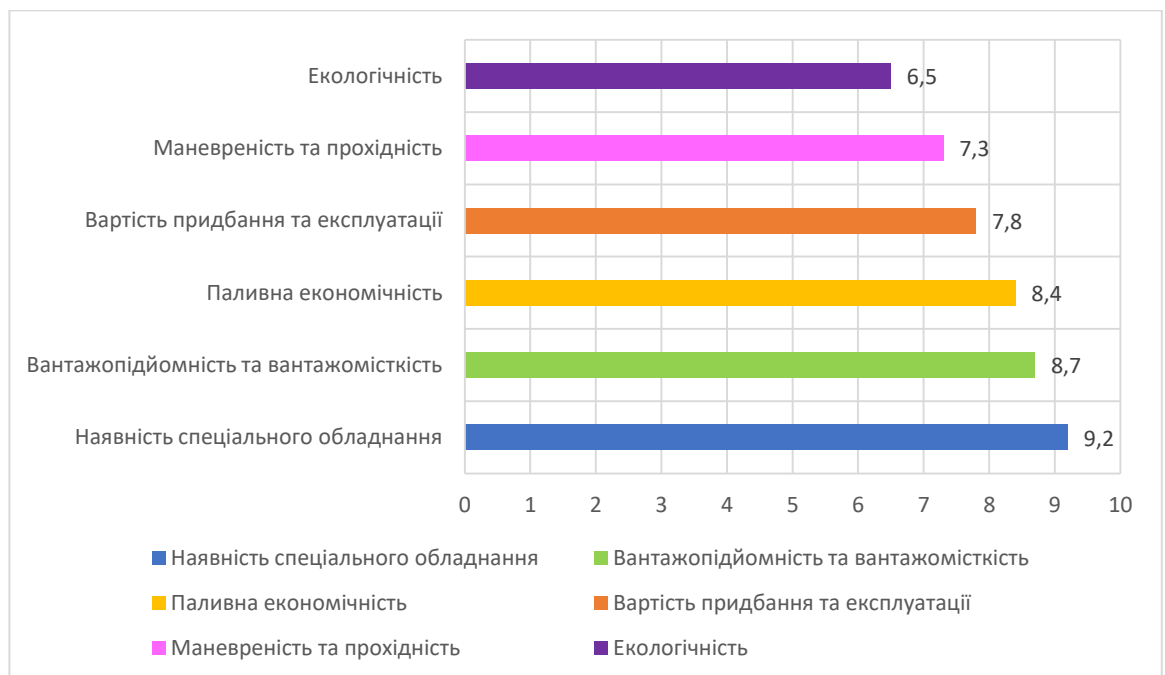


Рис. 3.2. Важливість критеріїв вибору транспортних засобів за оцінками експертів

Джерело: розроблено автором на основі результатів експертного опитування

Як видно з рисунку 3.2, найважливішими критеріями вибору транспортних засобів експерти вважають наявність спеціального обладнання (зокрема, холодильного обладнання для перевезення швидкопсувної продукції), вантажопідйомність та паливну економічність.

На основі визначених критеріїв та з урахуванням їх важливості було проведено порівняльний аналіз різних типів транспортних засобів, які можуть бути використані для доставки продукції місцевих виробників (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 - Порівняльний аналіз транспортних засобів для доставки продукції місцевих виробників

Тип транспортного засобу	Вантажопідйомність, т	Об'єм кузова, м ³	Витрата палива, л/100 км	Наявність холодильного обладнання	Відносна вартість придбання	Відносна вартість експлуатації	Екологічний клас
Малотоннажний фургон	0,8-1,2	4-6	8-10	Ні	1,0	1,0	Euro 5
Середньотоннажний фургон	1,5-3,0	8-16	12-18	Ні	1,5	1,3	Euro 5
Малотоннажний рефрижератор	0,8-1,2	4-6	10-12	Так	1,4	1,5	Euro 5
Середньотоннажний рефрижератор	1,5-3,0	8-16	14-20	Так	2,0	1,8	Euro 5
Автопоїзд	5,0-10,0	30-40	25-35	Опційно	3,0	2,2	Euro 5
Електричний фургон	0,8-1,5	4-8	-	Опційно	2,5	0,7	-

Джерело: складено автором на основі [13, 32]

Для визначення оптимального набору транспортних засобів було використано метод багатокритеріальної оптимізації з урахуванням вагових коефіцієнтів критеріїв, отриманих в результаті експертного опитування. Результати розрахунків показали, що для забезпечення ефективної доставки продукції місцевих виробників в мережі «Файно маркет» доцільно використовувати такі типи транспортних засобів:

1. Малотоннажні рефрижератори (вантажопідйомністю 0,8-1,2 т) – для доставки швидкопсувної продукції в межах міста (зона А) та для обслуговування маршрутів з невеликими обсягами поставок.

2. Середньотоннажні фургони (вантажопідйомністю 1,5-3,0 т) – для доставки продукції, що не вимагає спеціальних умов транспортування, за маршрутами з середніми та великими обсягами поставок.

3. Середньотоннажні рефрижератори (вантажопідйомністю 1,5-3,0 т) – для доставки швидкопсувної продукції за маршрутами з середніми та великими обсягами поставок, особливо в зонах С та D.

4. Електричні фургони (вантажопідйомністю 0,8-1,5 т) – для доставки продукції в центральній частині міста, де існують обмеження на в'їзд дизельного транспорту або де важлива екологічність перевезень.

На основі аналізу розроблених маршрутів доставки та обсягів поставок було визначено необхідну кількість транспортних засобів кожного типу (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 - Розрахунок необхідної кількості транспортних засобів

Тип транспортного засобу	Необхідна кількість, од.	Наявна кількість, од.	Додаткова потреба, од.	Марки та моделі для придбання
Малотоннажний рефрижератор	3	1	2	Renault Kangoo Frigorifique, Fiat Doblo Cargo Frigo
Середньотоннажний фургон	4	3	1	Renault Master, Ford Transit
Середньотоннажний рефрижератор	3	2	1	Renault Master Frigorifique, Iveco Daily Fridge Van
Електричний фургон	2	0	2	Renault Kangoo Z.E., Nissan e-NV200
Всього	12	6	6	-

Джерело: розроблено автором

Як видно з таблиці 3.5, для забезпечення ефективної доставки продукції місцевих виробників необхідно 12 транспортних засобів різних типів, тоді як наявний автопарк мережі «Файно маркет» складається з 6 одиниць техніки.

Таким чином, додаткова потреба становить 6 транспортних засобів, з яких 2 малотоннажні рефрижератори, 1 середньотоннажний фургон, 1 середньотоннажний рефрижератор та 2 електричні фургони.

При виборі конкретних марок та моделей транспортних засобів для придбання враховувалися такі фактори, як надійність, наявність сервісної мережі в регіоні, вартість експлуатації та запасних частин, а також відгуки користувачів. На основі цих факторів були рекомендовані конкретні марки та моделі, які наведені в таблиці 3.5.

Особливу увагу при виборі транспортних засобів було приділено їх екологічним характеристикам. Всі рекомендовані моделі відповідають екологічному стандарту Euro 5 або є електричними, що дозволяє мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище. Це особливо важливо з огляду на зростаючі вимоги до екологічності міської логістики та формування позитивного іміджу мережі «Файно маркет» як соціально відповідальної компанії [19].

Для оцінки економічної доцільності придбання нових транспортних засобів було проведено розрахунок вартості їх придбання та експлуатації, а також порівняльний аналіз з альтернативними варіантами (оренда транспорту, використання послуг транспортних компаній). Результати розрахунків представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Порівняльний аналіз варіантів забезпечення транспортними засобами

Варіант	Початкові інвестиції, тис. грн	Річні експлуатаційні витрати, тис. грн	Сукупні витрати за 5 років, тис. грн	Переваги	Недоліки
Придбання нових транспортних засобів	4850	1250	11100	Повний контроль над транспортним процесом, можливість брендуння, відсутність залежності від третіх сторін	Високі початкові інвестиції, необхідність утримання штату водіїв та механіків
Оренда транспортних засобів	0	2180	10900	Відсутність початкових інвестицій, можливість гнучкої зміни кількості транспорту	Вищі річні витрати, обмежені можливості брендуння, залежність від орендодавця
Використання послуг транспортних компаній	0	2950	14750	Відсутність початкових інвестицій, відсутність витрат на утримання транспорту	Найвищі річні витрати, відсутність контролю над транспортним процесом, залежність від якості послуг транспортної компанії

Джерело: розроблено автором

Як видно з таблиці 3.6, з точки зору сукупних витрат за 5 років найбільш вигідним варіантом є оренда транспортних засобів (10900 тис. грн), однак цей варіант має ряд недоліків, зокрема, обмежені можливості брендуння та залежність від орендодавця. Придбання нових транспортних засобів передбачає найвищі початкові інвестиції (4850 тис. грн), але забезпечує повний контроль над транспортним процесом та можливість брендуння, що важливо для формування позитивного іміджу компанії. Сукупні витрати за 5 років у цьому випадку становлять 11100 тис. грн, що лише на 1,8% більше порівняно з орендою.

Враховуючи стратегічні цілі мережі «Файно маркет» та важливість контролю над процесом доставки продукції для забезпечення її якості та своєчасності, рекомендовано обрати варіант придбання нових транспортних засобів. При цьому для оптимізації початкових інвестицій можна розглянути можливість поетапного придбання транспортних засобів протягом 2-3 років, починаючи з найбільш критичних типів (малотоннажні та середньотоннажні рефрижератори).

Для підвищення ефективності використання транспортних засобів рекомендовано також впровадити систему GPS-моніторингу, яка дозволить відстежувати рух транспорту в режимі реального часу, контролювати дотримання маршрутів та графіків руху, оптимізувати витрати палива та аналізувати ефективність роботи водіїв [25]. Вартість впровадження такої системи становить близько 120 тис. грн, при цьому очікуваний економічний ефект від її використання оцінюється в 250-300 тис. грн на рік за рахунок оптимізації маршрутів, зниження витрат палива та підвищення дисципліни водіїв.

3.3. Впровадження автоматизованої системи управління замовленнями

Важливим елементом удосконаленої системи доставки продукції місцевих виробників є впровадження автоматизованої системи управління замовленнями, яка забезпечить ефективну координацію всіх учасників логістичного процесу. Як зазначає Загурський О.М., автоматизація процесів управління замовленнями дозволяє знизити операційні витрати, мінімізувати людський фактор, підвищити швидкість обробки замовлень та забезпечити прозорість логістичних процесів [11].

На основі аналізу існуючих програмних рішень для управління логістичними процесами та з урахуванням специфіки роботи мережі магазинів «Файно маркет» пропонується впровадження комплексної автоматизованої системи управління замовленнями на базі платформи "Logist Pro" з

додатковими модулями для інтеграції з виробниками та транспортними засобами.

Функціональна структура запропонованої системи представлена на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Функціональна структура автоматизованої системи управління замовленнями

Джерело: розроблено автором на основі [11, 28]

Як видно з рисунку 3.3, система включає п'ять основних функціональних блоків:

1. Блок управління замовленнями – забезпечує формування, обробку та контроль виконання замовлень від магазинів мережі до розподільчого центру та від розподільчого центру до виробників.

2. Блок управління запасами – відповідає за контроль рівня запасів у магазинах та розподільчому центрі, формування заявок на поповнення запасів, прогнозування попиту.

3. Блок маршрутизації та диспетчеризації – забезпечує планування оптимальних маршрутів доставки, розподіл транспортних засобів за маршрутами, контроль виконання графіків руху.

4. Блок управління документообігом – відповідає за формування та обробку товарно-транспортних документів, актів приймання-передачі, рахунків тощо.

5. Блок аналітики та звітності – забезпечує збір, обробку та аналіз даних про ефективність логістичних процесів, формування різноманітних звітів для прийняття управлінських рішень.

Ключовою особливістю запропонованої системи є наявність інтерфейсів для інтеграції з системами місцевих виробників та з GPS-трекерами транспортних засобів. Це дозволяє забезпечити прозорість логістичного процесу від виробника до магазину та оперативно реагувати на можливі збої чи відхилення від запланованих графіків.

Автоматизована система управління замовленнями передбачає реалізацію такого алгоритму роботи:

1. Формування замовлень магазинами мережі в автоматичному режимі на основі аналізу поточних запасів, продажів за попередні періоди та прогнозів попиту з урахуванням сезонності, акцій та інших факторів.

2. Консолідація замовлень від всіх магазинів мережі в розподільчому центрі та формування зведеного замовлення для кожного виробника.

3. Передача замовлень виробникам через електронний інтерфейс з зазначенням необхідних обсягів продукції, термінів поставки та інших вимог.

4. Підтвердження замовлень виробниками та формування графіка поставок.

5. Планування маршрутів збору продукції від виробників з урахуванням графіка поставок, наявних транспортних засобів та оптимальних маршрутів.

6. Контроль виконання маршрутів за допомогою GPS-моніторингу транспортних засобів.

7. Приймання продукції на розподільчому центрі, її сортування та комплектація для доставки в магазини.

8. Формування маршрутів доставки продукції з розподільчого центру до магазинів.

9. Контроль доставки продукції до магазинів та її приймання.

10. Аналіз ефективності виконання замовлень, формування звітності та коригування процесів за необхідності.

Для забезпечення ефективної роботи автоматизованої системи управління замовленнями необхідно розробити також уніфіковані стандарти обміну даними між всіма учасниками логістичного процесу. Як зазначає Сумець О.М., стандартизація обміну даними є ключовою умовою успішної інтеграції інформаційних систем різних учасників ланцюга постачань [28].

Для реалізації проекту впровадження автоматизованої системи управління замовленнями розроблено календарний план, який включає наступні етапи (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 - Календарний план впровадження автоматизованої системи управління замовленнями

№	Етап	Тривалість, тижнів	Відповідальний	Результат
1	Аналіз існуючих бізнес-процесів та формування вимог до системи	3	Керівник проекту, керівник логістичного відділу	Технічне завдання на розробку системи
2	Вибір програмного рішення та постачальника	2	Керівник проекту, IT-директор	Договір з постачальником системи
3	Налаштування та адаптація системи	6	Постачальник системи, IT-відділ	Налаштована система
4	Інтеграція з існуючими інформаційними системами	4	Постачальник системи, IT-відділ	Інтегрована система
5	Розробка інтерфейсів для виробників	3	Постачальник системи, IT-відділ	Готові інтерфейси
6	Інтеграція з GPS-системою моніторингу транспорту	2	Постачальник системи, IT-відділ	Інтегрована GPS-система
7	Тестування системи	3	Постачальник системи, IT-відділ, логістичний відділ	Усунення виявлених помилок
8	Навчання персоналу	2	Постачальник системи	Навчений персонал
9	Дослідне впровадження	4	Керівник проекту, логістичний відділ	Відпрацьована технологія

10	Повне впровадження та перехід на нову систему	2	Керівник проекту	Працююча система
11	Аналіз результатів впровадження та коригування за необхідності	3	Керівник проекту, керівник логістичного відділу	Звіт про результати впровадження

Джерело: розроблено автором

Загальна тривалість проекту впровадження автоматизованої системи управління замовленнями становить 34 тижні (близько 8 місяців). Основними ризиками проекту є можливий опір персоналу змінам, складність інтеграції з існуючими системами та потенційні технічні проблеми при налаштуванні системи. Для мінімізації цих ризиків рекомендується приділити особливу увагу навчанню персоналу, детальному тестуванню системи на всіх етапах впровадження та забезпеченню якісної технічної підтримки від постачальника системи.

Очікувані результати впровадження автоматизованої системи управління замовленнями:

1. Скорочення часу обробки замовлень на 70% (з 48 годин до 14 годин);
2. Зниження кількості помилок при формуванні замовлень на 90%;
3. Підвищення точності прогнозування попиту на 25%;
4. Зниження рівня запасів на 15% за рахунок оптимізації процесу закупівель;
5. Підвищення своєчасності поставок до 98%;
6. Скорочення адміністративних витрат на обробку замовлень на 40%.

Окрім функціонального вдосконалення процесу управління замовленнями, впровадження автоматизованої системи сприятиме також підвищенню прозорості ланцюга постачань, покращенню взаємодії з місцевими виробниками та формуванню єдиного інформаційного простору для всіх учасників логістичного процесу. Це, в свою чергу, дозволить підвищити загальну ефективність системи доставки продукції та забезпечити конкурентні переваги мережі «Файно маркет» на ринку роздрібно́ї торгівлі [14].

3.4. Розрахунок економічної ефективності проектних рішень

Для оцінки економічної ефективності запропонованих рішень щодо удосконалення системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів «Файно маркет» було проведено розрахунок основних економічних показників. Як зазначає Тарасюк Г.М., оцінка економічної ефективності проектних рішень повинна включати аналіз капітальних та експлуатаційних витрат, розрахунок показників економічного ефекту та визначення терміну окупності інвестицій [29].

Впровадження запропонованих рішень передбачає такі капітальні витрати (табл. 3.8).

Таблиця 3.8

Капітальні витрати на впровадження проектних рішень

Напрямок інвестицій	Сума, тис. грн	Структура, %
Придбання нових транспортних засобів	4850	73,5
Впровадження автоматизованої системи управління замовленнями	850	12,9
Створення консолідаційних пунктів у зонах С та D	420	6,4
Впровадження системи GPS-моніторингу транспорту	120	1,8
Навчання персоналу	180	2,7
Інші витрати	180	2,7
Всього	6600	100,0

Джерело: розроблено автором

Як видно з таблиці 3.8, загальні капітальні витрати на впровадження проектних рішень становлять 6600 тис. грн, при цьому основна частка витрат (73,5%) припадає на придбання нових транспортних засобів. Другим за значимістю напрямом інвестицій є впровадження автоматизованої системи управління замовленнями (12,9%).

Впровадження запропонованих рішень дозволить також змінити структуру експлуатаційних витрат на доставку продукції місцевих виробників (табл. 3.9).

Таблиця 3.9

Зміна структури експлуатаційних витрат на доставку продукції місцевих виробників

Стаття витрат	До впровадження		Після впровадження		Зміна
	тис. грн/рік	%	тис. грн/рік	%	
Витрати на паливо	1850	43,5	1360	40,9	-26,5
Витрати на технічне обслуговування та ремонт транспортних засобів	650	15,3	520	15,6	-20,0
Витрати на оплату праці водіїв та експедиторів	920	21,6	780	23,5	-15,2
Витрати на амортизацію транспортних засобів	320	7,5	420	12,6	+31,3
Витрати на використання транспортних послуг сторонніх організацій	280	6,6	80	2,4	-71,4
Витрати на автоматизацію процесів	30	0,7	120	3,6	+300,0
Інші витрати	200	4,7	45	1,4	-77,5
Всього	4250	100,0	3325	100,0	-21,8

Джерело: розроблено автором

Як видно з таблиці 3.9, впровадження запропонованих рішень дозволить знизити загальні експлуатаційні витрати на доставку продукції місцевих виробників з 4250 тис. грн/рік до 3325 тис. грн/рік, тобто на 21,8%. Найбільше зниження спостерігається за такими статтями витрат, як витрати на використання транспортних послуг сторонніх організацій (-71,4%), інші витрати (-77,5%) та витрати на паливо (-26,5%). При цьому збільшуються витрати на амортизацію транспортних засобів (+31,3%) та витрати на автоматизацію процесів (+300,0%), що пов'язано з придбанням нових транспортних засобів та впровадженням автоматизованої системи управління замовленнями.

Для оцінки економічної ефективності запропонованих рішень були розраховані основні показники ефективності інвестицій (табл. 3.10).

Таблиця 3.10 - Показники економічної ефективності проектних рішень

Показник	Значення
Капітальні витрати, тис. грн	6600
Річна економія експлуатаційних витрат, тис. грн	925
Додатковий річний прибуток від підвищення якості обслуговування, тис. грн	580
Загальний річний економічний ефект, тис. грн	1505
Термін окупності, років	4,4
Індекс прибутковості	1,14
Внутрішня норма дохідності, %	22,8
Чиста приведена вартість (NPV) за 5 років при ставці дисконтування 15%, тис. грн	924

Джерело: розроблено автором

Економічний ефект від впровадження запропонованих рішень формується за рахунок двох основних складових:

1. Економія експлуатаційних витрат на доставку продукції місцевих виробників (925 тис. грн/рік);
2. Додатковий прибуток від підвищення якості обслуговування клієнтів, зокрема, за рахунок забезпечення свіжості продукції, розширення асортименту місцевих виробників та підвищення рівня сервісу (580 тис. грн/рік).

Загальний річний економічний ефект становить 1505 тис. грн, що дозволяє окупити капітальні витрати за 4,4 роки. Індекс прибутковості становить 1,14, що свідчить про економічну доцільність впровадження запропонованих рішень. Внутрішня норма дохідності складає 22,8%, що перевищує середню вартість капіталу для підприємств роздрібною торгівлі (15-18%) [29]. Чиста приведена вартість проекту за 5 років при ставці

дисконтування 15% становить 924 тис. грн, що також підтверджує економічну доцільність впровадження запропонованих рішень.

Для більш детального аналізу економічної ефективності проектних рішень було проведено також розрахунок змін основних техніко-економічних показників системи доставки продукції місцевих виробників (табл. 3.11).

Таблиця 3.11 - Зміна основних техніко-економічних показників системи доставки продукції місцевих виробників

Показник	До впровадження	Після впровадження	Зміна, %
Загальна довжина маршрутів, км/міс.	7472	5752	-23,0
Загальний пробіг транспортних засобів, км/міс.	9340	6902	-26,1
Коефіцієнт використання пробігу	0,65	0,82	+26,2
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,72	0,88	+22,2
Витрати палива, л/тис. т	42,5	31,8	-25,2
Своєчасність поставок, %	88	98	+11,4
Час доставки від виробника до магазину, год.	18	12	-33,3
Відсоток пошкоджень продукції при транспортуванні, %	0,8	0,3	-62,5
Витрати на доставку 1 тонни продукції, грн/т	548	428	-21,9

Джерело: розроблено автором

Як видно з таблиці 3.11, впровадження запропонованих рішень дозволяє суттєво покращити основні техніко-економічні показники системи доставки продукції місцевих виробників. Зокрема, загальна довжина маршрутів зменшується на 23%, загальний пробіг транспортних засобів – на 26,1%, витрати палива – на 25,2%, відсоток пошкоджень продукції при транспортуванні – на 62,5%, витрати на доставку 1 тонни продукції – на 21,9%. При цьому підвищуються коефіцієнти використання пробігу (+26,2%) та вантажопідйомності (+22,2%), а також своєчасність поставок (+11,4%).

Крім прямого економічного ефекту, впровадження запропонованих рішень матиме також значний соціальний ефект, зокрема:

1. Підвищення якості обслуговування споживачів за рахунок забезпечення свіжості продукції та розширення асортименту місцевих виробників;
2. Створення нових робочих місць для водіїв, експедиторів та логістів;
3. Підтримка місцевих виробників та розвиток регіональної економіки;
4. Зниження негативного впливу на навколишнє середовище за рахунок оптимізації маршрутів доставки та використання екологічно чистих видів транспорту;
5. Підвищення рівня безпеки дорожнього руху за рахунок використання сучасних транспортних засобів та систем моніторингу.

Для оцінки чутливості проекту до змін основних факторів було проведено аналіз чутливості, який показав, що проект є найбільш чутливим до змін вартості палива та транспортних засобів. Зокрема, підвищення вартості палива на 20% призводить до зниження чистої приведеної вартості проекту на 15%, а підвищення вартості транспортних засобів на 20% – до зниження NPV на 18%. При цьому проект залишається економічно доцільним навіть при одночасному підвищенні вартості палива та транспортних засобів на 15%.

Таким чином, проведений розрахунок економічної ефективності підтверджує доцільність впровадження запропонованих рішень щодо удосконалення системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів «Файно маркет». Реалізація проекту дозволить не тільки знизити логістичні витрати, але й підвищити якість обслуговування споживачів, забезпечити підтримку місцевих виробників та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Проведене дослідження дозволяє зробити наступні висновки щодо удосконалення системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів «Файно маркет»:

1. На основі аналізу товаропотоків та розташування місцевих виробників розроблено модель зонування території Тернопільської області з

виділенням 4 логістичних зон: міська зона (0-10 км), приміська зона (10-20 км), сільська зона (20-30 км) та віддалена зона (більше 30 км). Для кожної зони запропоновано оптимальну схему доставки продукції, яка враховує специфіку зони та категорії продукції.

2. Розроблено 10 оптимальних маршрутів доставки продукції від місцевих виробників з використанням методу Кларка-Райта. Впровадження оптимальних маршрутів дозволяє зменшити загальну довжину маршрутів на 23%, загальний час обслуговування – на 24,6%, витрати палива – на 25,2%, а також підвищити коефіцієнти використання пробігу (+26,2%) та вантажопідйомності (+22,2%).

3. На основі багатокритеріального аналізу визначено оптимальний набір транспортних засобів для доставки продукції місцевих виробників, який включає малотоннажні та середньотоннажні рефрижератори, середньотоннажні фургони та електричні фургони. Розрахунок необхідної кількості транспортних засобів показав, що для забезпечення ефективної доставки необхідно 12 одиниць техніки, тоді як наявний автопарк мережі складається з 6 одиниць. Порівняльний аналіз варіантів забезпечення транспортними засобами (придбання, оренда, використання послуг транспортних компаній) показав економічну доцільність придбання нових транспортних засобів.

4. Розроблено концепцію автоматизованої системи управління замовленнями на базі платформи "Logist Pro" з додатковими модулями для інтеграції з виробниками та транспортними засобами. Система включає блоки управління замовленнями, запасами, маршрутизації та диспетчеризації, управління документообігом, аналітики та звітності. Впровадження системи дозволить скоротити час обробки замовлень на 70%, знизити кількість помилок при формуванні замовлень на 90%, підвищити точність прогнозування попиту на 25% та зменшити рівень запасів на 15%.

5. Розрахунок економічної ефективності запропонованих рішень показав, що загальні капітальні витрати на їх впровадження становлять 6600 тис. грн, при цьому річний економічний ефект оцінюється в 1505 тис. грн.

Термін окупності проекту становить 4,4 роки, індекс прибутковості – 1,14, внутрішня норма дохідності – 22,8%, що підтверджує економічну доцільність впровадження запропонованих рішень.

б. Впровадження запропонованих рішень дозволить також знизити витрати на доставку 1 тонни продукції з 548 грн/т до 428 грн/т (на 21,9%), підвищити своєчасність поставок з 88% до 98%, скоротити час доставки від виробника до магазину з 18 годин до 12 годин та зменшити відсоток пошкоджень продукції при транспортуванні з 0,8% до 0,3%.

Таким чином, розроблені пропозиції щодо удосконалення системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів «Файно маркет» дозволяють оптимізувати логістичні процеси, знизити транспортні витрати, підвищити якість обслуговування споживачів та забезпечити підтримку місцевих виробників. Економічні розрахунки підтверджують доцільність впровадження запропонованих рішень та їх позитивний вплив на ефективність роботи мережі.

ВИСНОВКИ

У ході виконання дипломної роботи, присвяченої розробці системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів у Тернополі, були досліджені теоретичні та практичні аспекти організації логістичних процесів, проведено аналіз існуючої системи постачання та розроблено комплекс заходів щодо її удосконалення.

1. Аналіз теоретичних основ організації системи доставки показав, що доставка продукції місцевих виробників має низку специфічних особливостей: невеликі обсяги поставок, обмежений асортимент, сезонність виробництва, розосереджене територіальне розміщення виробників, низький рівень впровадження інформаційних технологій та обмежений термін зберігання продукції. Для ефективної організації доставки важливо враховувати ці особливості при проектуванні логістичної системи.

2. Дослідження існуючих технологій управління ланцюгами постачань показало, що для оптимізації процесів доставки продукції місцевих виробників доцільно використовувати такі концепції, як Just-in-Time, Cross-docking, Efficient Consumer Response, а також впроваджувати інформаційні системи для планування, контролю та оптимізації логістичних процесів.

3. Вивчення вимог до перевезення різних груп товарів дозволило визначити специфічні умови транспортування продукції місцевих виробників, зокрема, необхідність забезпечення відповідних температурних режимів для швидкопсувних товарів, дотримання санітарно-гігієнічних вимог, захисту продукції від механічних пошкоджень та забруднення.

4. Аналіз досвіду організації локальних систем дистрибуції виявив, що найбільш ефективною є змішана модель, яка поєднує елементи централізованої та децентралізованої доставки залежно від категорії продукції, розташування виробника та обсягів поставок.

5. Характеристика мережі магазинів «Файно маркет» показала, що вона представлена 18 торговельними точками різного формату на території

міста Тернополя та прилеглих населених пунктів, з яких 3 супермаркети, 12 магазинів біля дому та 3 мінімаркети. Частка продукції місцевих виробників у загальній структурі поставок становить 42%.

6. Аналіз товаропотоків виявив, що річний обсяг поставок продукції місцевих виробників становить 7749 тонн, з яких найбільша частка припадає на молочну продукцію (28%), хлібобулочні вироби (22%) та свіжі овочі і фрукти (18%). Обсяги поставок характеризуються значною сезонністю, особливо для категорій "Свіжі овочі та фрукти" та "Молочна продукція".

7. Оцінка існуючих схем доставки продукції показала, що в мережі використовуються три основні схеми: централізована доставка через розподільчий центр (45% поставок), пряма доставка від виробників до магазинів (35%) та доставка через найману транспортну компанію (20%). Жодна з цих схем не забезпечує оптимального співвідношення між якістю обслуговування та економічною ефективністю.

8. Виявлені недоліки в організації постачання включають неоптимальні маршрути доставки, низький коефіцієнт використання вантажопідйомності транспортних засобів, недостатню ефективність процесів Cross-docking, відсутність автоматизованої системи управління замовленнями та неефективне використання найманого транспорту.

9. Для удосконалення системи доставки продукції місцевих виробників розроблено модель зонування території з виділенням 4 логістичних зон та запропоновано оптимальні схеми доставки для кожної зони. Розроблено 10 оптимальних маршрутів доставки продукції від місцевих виробників, впровадження яких дозволяє зменшити загальну довжину маршрутів на 23%, загальний час обслуговування на 24,6% та витрати палива на 25,2%.

10. Визначено оптимальний набір транспортних засобів для доставки продукції місцевих виробників, який включає малотоннажні та середньотоннажні рефрижератори, середньотоннажні фургони та електричні фургони. Загальна потреба становить 12 транспортних засобів, з яких 6 необхідно придбати додатково.

11. Розроблено концепцію автоматизованої системи управління замовленнями, яка включає п'ять функціональних блоків: управління замовленнями, управління запасами, маршрутизація та диспетчеризація, управління документообігом, аналітика та звітність. Впровадження системи дозволить скоротити час обробки замовлень на 70%, знизити кількість помилок при формуванні замовлень на 90% та підвищити точність прогнозування попиту на 25%.

12. Розрахунок економічної ефективності запропонованих рішень показав, що загальні капітальні витрати на їх впровадження становлять 6600 тис. грн, при цьому річний економічний ефект оцінюється в 1505 тис. грн. Термін окупності проекту становить 4,4 роки, індекс прибутковості – 1,14, внутрішня норма дохідності – 22,8%.

Таким чином, розроблений комплекс заходів щодо удосконалення системи доставки продукції місцевих виробників для мережі магазинів «Файно маркет» є економічно доцільним та дозволяє досягти значного поліпшення логістичних показників. Впровадження запропонованих рішень дозволить не тільки знизити логістичні витрати, але й підвищити якість обслуговування споживачів, забезпечити підтримку місцевих виробників та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Практична цінність проведеного дослідження полягає в можливості застосування розроблених підходів та методик для оптимізації систем доставки продукції не тільки в мережі «Файно маркет», але й в інших торговельних мережах, які співпрацюють з місцевими виробниками. Запропоновані рішення сприятимуть розвитку регіональної економіки та підвищенню конкурентоспроможності місцевих виробників на ринку роздрібної торгівлі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05.04.2001 № 2344-III. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14>.
2. Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів : Закон України від 23.12.1997 № 771/97-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр>.
3. ДСТУ 2610:2018 Пасажирські автомобільні перевезення. Терміни та визначення понять. [Чинний від 2019-01-01]. Київ: УкрНДНЦ, 2018. 31 с.
4. Босняк М. Г. Пасажирські автомобільні перевезення : навч. посіб. Київ : Видавничий Дім «Слово», 2021. 272 с.
5. Войчак А. В., Федорченко А. В. Маркетингові дослідження : підручник / За наук. ред. А. В. Войчака. Київ : КНЕУ, 2022. 408 с.
6. Воркут Т. А., Білоног О. Є., Дмитриченко А. М., Третиниченко Ю. О. Управління ланцюгами постачань: логістичний аспект : навч. посіб. Київ : НТУ, 2022. 288 с.
7. Давідч Ю. О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2019. 345 с.
8. Дмитриченко М. Ф., Яцківський Л. Ю., Ширяєва С. В., Докуніхін В. З. Основи теорії транспортних процесів і систем : навчальний посібник. Київ : Видавничий Дім «Слово», 2021. 336 с.
9. Доля В. К. Пасажирські перевезення : підручник. Харків : Видавництво «Форт», 2020. 504 с.
10. Дудар Т. Г., Волошин Р. В. Основи логістики : навч. посіб. Тернопіль : Економічна думка, 2022. 180 с.
11. Загурський О. М. Управління ланцюгом постачань : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2023. 236 с.
12. Ізтелеуова М. С., Кунда Н. Т., Мельниченко О. І., Сєрова І. О. Організація та логістика перевезень : підручник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2021. 264 с.

- 13.Ковтун О. А., Дейнека О. Г., Котик В. В. Транспортна логістика : підручник. Харків : УкрДУЗТ, 2022. 312 с.
- 14.Крикавський Є. В. Логістика: традиційні і нетрадиційні сфери використання. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Серія "Логістика". 2022. № 892. С. 12-19.
- 15.Крикавський Є. В., Чернописька Н. В. Логістичні системи : навч. посібник. Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2023. 264 с.
- 16.Кристопчук М. Є., Лобашов О. О. Приміські пасажирські перевезення : навч. посіб. Харків : НТМТ, 2023. 224 с.
- 17.Лисенко Н. С., Бубела Т. З. Сутність процесів логістики і складські системи. Вимірювальна техніка та метрологія. 2023. Вип. 80. С. 25-29.
- 18.Мороз М. М., Мороз О. В. Моделювання маршрутної мережі доставки продукції. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. 2022. Вип. 6/2022 (137). С. 40-45.
- 19.Окландер М. А., Яшкіна О. І. Маркетингові дослідження логістики : монографія. Львів : Тріада плюс, 2022. 288 с.
- 20.Паласюк Б. Логістичне управління підприємством: організаційні аспекти. Галицький економічний вісник. 2022. Т. 22. № 3. С. 166-172.
- 21.Пітерська В. М., Логінов О. В., Логінова Л. В. Методи управління проектами у ланцюгах поставок. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2023. Том 34 (73). № 3. С. 135-140.
- 22.Попова Н. В. Транспортно-логістична система: дефініція та складові. Економіка транспортного комплексу. 2022. Вип. 40. С. 144-156.
- 23.Потійчук О. Б., Піліпака Л. М. Транспортні розв'язки : навч. посібник. [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2022. 263 с.
- 24.Руденко Г. Р. Аналіз логістичних послуг в Україні. Бізнес Інформ. 2023. № 8. С. 35-40.
- 25.Системологія на транспорті : підручник у 5 кн. / Під заг. ред. Дмитриченка М. Ф. / Кн. I: Основи теорії транспортних процесів і систем

- / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля, О. Т. Лановий, І. Е. Линник, В. П. Поліщук. Київ : Знання України, 2021. 344 с.
26. Сокур І. М., Сокур Л. М., Герасимчук В. В. Транспортна логістика : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2022. 222 с.
27. Сорока В. С., Бичко З. В. Введення в проектний аналіз : інтерактивний навчально-методичний комплекс. Рівне : НУВГП, 2022. 201 с.
28. Сумець О. М. Логістичні системи і ланцюги поставок : навч. посіб. Київ : Хай-Тек Прес, 2023. 220 с.
29. Тарасюк Г. М., Шваб Л. І. Планування діяльності підприємства : навч. посіб. Київ : Каравела, 2023. 368 с.
30. Турченко М. О., Кірічок О. Г., Швець М. Д., Кристопчук М. Є. Проектування транспортно-складських комплексів : навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2022. 190 с.
31. Турченко М. О., Швець М. Д., Кірічок О. Г., Кристопчук М. Є. Планування діяльності автотранспортного підприємства : підручник. видання друге (перероб. і доповн.). Рівне: НУВГП, 2022. 367 с.
32. Хітров І. О., Кристопчук М. Є., Никончук В. М. Експлуатаційні властивості транспортних засобів : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2023. 176 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

**Програмний код для автоматизації розрахунку оптимальних маршрутів
доставки**

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.spatial.distance import pdist, squareform
from itertools import permutations
import folium
from folium.plugins import MarkerCluster
import math

class RouteOptimizer:
    """
    Клас для оптимізації маршрутів доставки продукції місцевих
    виробників
    для мережі магазинів у Тернополі
    """

    def __init__(self, depot_location=(49.553516, 25.594767)):
        """
        Ініціалізація оптимізатора маршрутів

        Параметри:
        depot_location (tuple): Координати розподільчого центру (широта,
    довгота)
        """
        self.depot_location = depot_location
```

```

self.suppliers = None
self.distance_matrix = None
self.zones = {
    'A': 10, # Зона А: 0-10 км
    'B': 20, # Зона В: 10-20 км
    'C': 30, # Зона С: 20-30 км
    'D': float('inf') # Зона D: 30+ км
}

```

```

def load_suppliers_data(self, file_path):

```

```

    """

```

```

    Завантаження даних про постачальників з CSV-файлу

```

```

    Параметри:

```

```

    file_path (str): Шлях до CSV-файлу з даними про постачальників

```

```

    Формат CSV-файлу:

```

```

    supplier_id, name, lat, lon, cargo_volume, category

```

```

    """

```

```

    self.suppliers = pd.read_csv(file_path)

```

```

    # Розрахунок відстані від кожного постачальника до розподільчого
    центру

```

```

    self.suppliers['distance_to_depot'] = self.suppliers.apply(
        lambda row: self._haversine_distance(
            self.depot_location[0], self.depot_location[1],
            row['lat'], row['lon']
        ),
        axis=1
    )

```

```

# Визначення зони для кожного постачальника
self.suppliers['zone'] =
self.suppliers['distance_to_depot'].apply(self._determine_zone)

return self.suppliers

def _determine_zone(self, distance):
    """
    Визначення логістичної зони на основі відстані від розподільчого
    центру

    Параметри:
    distance (float): Відстань від постачальника до розподільчого центру в
    км

    Повертає:
    str: Позначення зони (A, B, C або D)
    """
    for zone, max_distance in self.zones.items():
        if distance <= max_distance:
            return zone
    return 'D' # Якщо відстань більша за всі визначені межі

def _haversine_distance(self, lat1, lon1, lat2, lon2):
    """
    Розрахунок відстані між двома точками за координатами з
    використанням формули Гаверсинуса

    Параметри:

```

lat1, lon1 (float): Координати першої точки

lat2, lon2 (float): Координати другої точки

Повертає:

float: Відстань між точками в кілометрах

"""

Радіус Землі в кілометрах

R = 6371.0

Конвертація координат в радіани

lat1_rad = math.radians(lat1)

lon1_rad = math.radians(lon1)

lat2_rad = math.radians(lat2)

lon2_rad = math.radians(lon2)

Різниця координат

dlon = lon2_rad - lon1_rad

dlat = lat2_rad - lat1_rad

Формула Гаверсинуса

a = math.sin(dlat / 2)**2 + math.cos(lat1_rad) * math.cos(lat2_rad) *
math.sin(dlon / 2)**2

c = 2 * math.atan2(math.sqrt(a), math.sqrt(1 - a))

Відстань в кілометрах

distance = R * c

return distance

def build_distance_matrix(self):

"""
 Побудова матриці відстаней між постачальниками та розподільчим
 центром

Повертає:

numpy.ndarray: Матриця відстаней

"""

if self.suppliers is None:

 raise ValueError("Дані про постачальників не завантажені")

Кількість постачальників плюс розподільчий центр

n = len(self.suppliers) + 1

Ініціалізація матриці відстаней

self.distance_matrix = np.zeros((n, n))

Заповнення матриці відстаней

Перший рядок і перший стовпець відповідають розподільчому

центру

for i in range(1, n):

 # Відстань від розподільчого центру до постачальника i

 self.distance_matrix[0, i] = self.suppliers.iloc[i-1]['distance_to_depot']

 self.distance_matrix[i, 0] = self.suppliers.iloc[i-1]['distance_to_depot']

for j in range(1, n):

 if i == j:

 self.distance_matrix[i, j] = 0

 else:

 # Відстань між постачальниками i та j

 self.distance_matrix[i, j] = self._haversine_distance(

```

        self.suppliers.iloc[i-1]['lat'], self.suppliers.iloc[i-1]['lon'],
        self.suppliers.iloc[j-1]['lat'], self.suppliers.iloc[j-1]['lon']
    )

    return self.distance_matrix

def optimize_route_for_zone(self, zone, max_capacity=3.0,
algorithm='nearest_neighbor'):
    """
    Оптимізація маршруту для конкретної зони

    Параметри:
    zone (str): Зона для оптимізації маршруту (A, B, C, D)
    max_capacity (float): Максимальна вантажопідйомність
    транспортного засобу (у тоннах)
    algorithm (str): Алгоритм оптимізації ('nearest_neighbor',
'clarke_wright', 'brute_force')

    Повертає:
    dict: Оптимізований маршрут та його параметри
    """
    if self.suppliers is None:
        raise ValueError("Дані про постачальників не завантажені")

    if self.distance_matrix is None:
        self.build_distance_matrix()

    # Вибір постачальників у вказаній зоні
    zone_suppliers = self.suppliers[self.suppliers['zone'] == zone].copy()

```

```

if len(zone_suppliers) == 0:
    return {"error": f"Немає постачальників у зоні {zone}"}

# Оптимізація маршруту за обраним алгоритмом
if algorithm == 'nearest_neighbor':
    routes = self._nearest_neighbor_algorithm(zone_suppliers,
max_capacity)

elif algorithm == 'clarke_wright':
    routes = self._clarke_wright_algorithm(zone_suppliers, max_capacity)
elif algorithm == 'brute_force':
    if len(zone_suppliers) > 10:
        return {"error": "Метод повного перебору не рекомендується для
більше ніж 10 точок"}
    routes = self._brute_force_algorithm(zone_suppliers, max_capacity)
else:
    return {"error": f"Невідомий алгоритм: {algorithm}"}

return routes

def _nearest_neighbor_algorithm(self, suppliers, max_capacity):
    """
    Реалізація алгоритму найближчого сусіда для оптимізації маршруту

    Параметри:
    suppliers (pandas.DataFrame): Дані про постачальників
    max_capacity (float): Максимальна вантажопідйомність
транспортного засобу

    Повертає:
    dict: Оптимізовані маршрути та їх параметри

```

```

"""
# Створення копії даних про постачальників для модифікації
suppliers = suppliers.copy()

# Список маршрутів
routes = []

# Індексція постачальників
suppliers = suppliers.reset_index(drop=True)
suppliers['index'] = suppliers.index

# Поки залишаються постачальники для відвідування
while len(suppliers) > 0:
    # Початок маршруту в розподільчому центрі
    current_route = [0] # 0 - індекс розподільчого центру
    remaining_capacity = max_capacity
    remaining_suppliers = suppliers.copy()

    # Поки можна додати ще одного постачальника
    while len(remaining_suppliers) > 0:
        current_location = current_route[-1]

        if current_location == 0:
            # Якщо знаходимося в розподільчому центрі, шукаємо
найближчого постачальника
            distances = remaining_suppliers['distance_to_depot'].values
        else:
            # Інакше шукаємо найближчого постачальника від поточного
supplier_idx = suppliers.loc[suppliers['index'] ==
current_location].index[0]

```

```

current_lat = suppliers.loc[supplier_idx, 'lat']
current_lon = suppliers.loc[supplier_idx, 'lon']

distances = remaining_suppliers.apply(
    lambda row: self._haversine_distance(
        current_lat, current_lon,
        row['lat'], row['lon']
    ),
    axis=1
).values

# Сортування за відстанню
nearest_indices = np.argsort(distances)

# Перевірка вантажопідйомності для найближчих
постачальників
found_next = False
for idx in nearest_indices:
    cargo = remaining_suppliers.iloc[idx]['cargo_volume']
    if cargo <= remaining_capacity:
        # Додаємо постачальника до маршруту
        next_supplier_idx = remaining_suppliers.iloc[idx]['index']
        current_route.append(next_supplier_idx)
        remaining_capacity -= cargo

        # Видаляємо постачальника зі списку доступних
        remaining_suppliers =
remaining_suppliers.drop(remaining_suppliers.index[idx])
        found_next = True
        break

```

```

if not found_next:
    # Якщо не знайдено підходящого постачальника, завершуємо
маршрут
    break

# Додаємо повернення до розподільчого центру
current_route.append(0)

# Розрахунок загальної відстані маршруту
total_distance = 0
for i in range(len(current_route) - 1):
    start = current_route[i]
    end = current_route[i + 1]

    if start == 0 and end == 0:
        continue
    elif start == 0:
        distance = suppliers.loc[suppliers['index'] == end,
'distance_to_depot'].values[0]
    elif end == 0:
        distance = suppliers.loc[suppliers['index'] == start,
'distance_to_depot'].values[0]
    else:
        start_idx = suppliers.loc[suppliers['index'] == start].index[0]
        end_idx = suppliers.loc[suppliers['index'] == end].index[0]

        distance = self._haversine_distance(
            suppliers.loc[start_idx, 'lat'], suppliers.loc[start_idx, 'lon'],
            suppliers.loc[end_idx, 'lat'], suppliers.loc[end_idx, 'lon']

```

```

    )

    total_distance += distance

# Створення маршруту з реальними ID постачальників
route_supplier_ids = []
route_supplier_names = []
route_supplier_volumes = []

for idx in current_route:
    if idx == 0:
        route_supplier_ids.append(0)
        route_supplier_names.append("Розподільчий центр")
        route_supplier_volumes.append(0)
    else:
        supplier_idx = suppliers.loc[suppliers['index'] == idx].index[0]
        route_supplier_ids.append(suppliers.loc[supplier_idx,
'supplier_id'])
        route_supplier_names.append(suppliers.loc[supplier_idx, 'name'])
        route_supplier_volumes.append(suppliers.loc[supplier_idx,
'cargo_volume'])

# Розрахунок часу маршруту (приблизно 40 км/год в середньому +
час на завантаження)
# Час у годинах
driving_time = total_distance / 40 # год
loading_time = (len(current_route) - 2) * 0.5 # 30 хв на кожного
постачальника
total_time = driving_time + loading_time

```

```

routes.append({
    'route_indices': current_route,
    'supplier_ids': route_supplier_ids,
    'supplier_names': route_supplier_names,
    'supplier_volumes': route_supplier_volumes,
    'total_distance': total_distance,
    'total_time': total_time,
    'total_cargo': max_capacity - remaining_capacity,
    'capacity_utilization': (max_capacity - remaining_capacity) /
max_capacity
})

```

Видалення відвіданих постачальників

```
visited_indices = [idx for idx in current_route if idx != 0]
```

```
suppliers = suppliers[~suppliers['index'].isin(visited_indices)]
```

```

return {
    'algorithm': 'nearest_neighbor',
    'number_of_routes': len(routes),
    'routes': routes
}

```

```
def _clarke_wright_algorithm(self, suppliers, max_capacity):
```

```
    """
```

Реалізація алгоритму Кларка-Райта для оптимізації маршруту

Параметри:

`suppliers` (pandas.DataFrame): Дані про постачальників

`max_capacity` (float): Максимальна вантажопідйомність

транспортного засобу

Повертає:

dict: Оптимізовані маршрути та їх параметри

"""

Створення копії даних про постачальників для модифікації

```
suppliers = suppliers.copy()
```

Індексція постачальників

```
suppliers = suppliers.reset_index(drop=True)
```

```
suppliers['index'] = suppliers.index
```

```
n = len(suppliers)
```

Якщо немає постачальників, повертаємо порожній результат

```
if n == 0:
```

```
    return {
```

```
        'algorithm': 'clarke_wright',
```

```
        'number_of_routes': 0,
```

```
        'routes': []
```

```
    }
```

Створення початкових маршрутів (депо -> постачальник -> депо)

```
routes = []
```

```
for i in range(n):
```

```
    routes.append([0, i, 0])
```

Розрахунок матриці відстаней між усіма точками

```
distance_matrix = np.zeros((n + 1, n + 1))
```

```
for i in range(n + 1):
```

```
    for j in range(n + 1):
```

```

if i == j:
    distance_matrix[i, j] = 0
else:
    if i == 0: # Розподільчий центр
        lat1, lon1 = self.depot_location
    else:
        lat1, lon1 = suppliers.iloc[i - 1]['lat'], suppliers.iloc[i - 1]['lon']

    if j == 0: # Розподільчий центр
        lat2, lon2 = self.depot_location
    else:
        lat2, lon2 = suppliers.iloc[j - 1]['lat'], suppliers.iloc[j - 1]['lon']

    distance_matrix[i, j] = self._haversine_distance(lat1, lon1, lat2,
lon2)

# Розрахунок матриці економії
savings = np.zeros((n, n))
for i in range(n):
    for j in range(n):
        if i != j:
            savings[i, j] = distance_matrix[0, i + 1] + distance_matrix[0, j + 1]
- distance_matrix[i + 1, j + 1]

# Сортування пар за економією у порядку спадання
saving_pairs = []
for i in range(n):
    for j in range(n):
        if i != j:
            saving_pairs.append((i, j, savings[i, j]))

```

```

saving_pairs.sort(key=lambda x: x[2], reverse=True)

# Об'єднання маршрутів
for i, j, saving in saving_pairs:
    # Знайти маршрути, що містять постачальників і та j
    route_i = None
    route_j = None

    for idx, route in enumerate(routes):
        if i + 1 in route and route_i is None:
            route_i = idx
        if j + 1 in route and route_j is None:
            route_j = idx

        if route_i is not None and route_j is not None:
            break

    # Якщо обидва постачальники вже в одному маршруті, пропустити
    if route_i == route_j:
        continue

    # Перевірка позицій і та j у відповідних маршрутах
    route_i_pos = routes[route_i].index(i + 1)
    route_j_pos = routes[route_j].index(j + 1)

    # Перевірка, чи можливе об'єднання (постачальники мають бути на
    краях маршрутів)
    can_merge = (route_i_pos == 1 and routes[route_i][0] == 0) or
    (route_i_pos == len(routes[route_i]) - 2 and routes[route_i][-1] == 0)

```

```

can_merge = can_merge and ((route_j_pos == 1 and routes[route_j][0]
== 0) or (route_j_pos == len(routes[route_j]) - 2 and routes[route_j][-1] == 0))

```

```

if not can_merge:

```

```

    continue

```

```

# Перевірка обмеження вантажопідйомності

```

```

total_cargo = sum(suppliers.iloc[r - 1]['cargo_volume'] for r in
routes[route_i] if r != 0) + sum(suppliers.iloc[r - 1]['cargo_volume'] for r in
routes[route_j] if r != 0)

```

```

if total_cargo > max_capacity:

```

```

    continue

```

```

# Об'єднання маршрутів

```

```

new_route = []

```

```

if route_i_pos == 1: # i - перший в route_i

```

```

    routes[route_i].reverse()

```

```

    route_i_pos = len(routes[route_i]) - 2

```

```

if route_j_pos == len(routes[route_j]) - 2: # j - останній в route_j

```

```

    routes[route_j].reverse()

```

```

    route_j_pos = 1

```

```

# Об'єднання з видаленням дубльованого депо

```

```

new_route = routes[route_i][:-1] + routes[route_j][1:]

```

```

# Оновлення маршрутів

```

```

routes[route_i] = new_route

```

```
routes.pop(route_j)

# Формування результату
result_routes = []
for route in routes:
    # Перетворення індексів на реальні ID постачальників
    route_supplier_ids = []
    route_supplier_names = []
    route_supplier_volumes = []
    total_cargo = 0

    for idx in route:
        if idx == 0:
            route_supplier_ids.append(0)
            route_supplier_names.append("Розподільчий центр")
            route_supplier_volumes.append(0)
        else:
            route_supplier_ids.append(suppliers.iloc[idx - 1]['supplier_id'])
            route_supplier_names.append(suppliers.iloc[idx - 1]['name'])
            volume = suppliers.iloc[idx - 1]['cargo_volume']
            route_supplier_volumes.append(volume)
            total_cargo += volume

    # Розрахунок загальної відстані маршруту
    total_distance = 0
    for i in range(len(route) - 1):
        start = route[i]
        end = route[i + 1]
        total_distance += distance_matrix[start, end]
```

```

# Розрахунок часу маршруту
driving_time = total_distance / 40 # год
loading_time = (len(route) - 2) * 0.5 # 30 хв на кожного
постачальника

total_time = driving_time + loading_time

result_routes.append({
    'route_indices': route,
    'supplier_ids': route_supplier_ids,
    'supplier_names': route_supplier_names,
    'supplier_volumes': route_supplier_volumes,
    'total_distance': total_distance,
    'total_time': total_time,
    'total_cargo': total_cargo,
    'capacity_utilization': total_cargo / max_capacity
})

return {
    'algorithm': 'clarke_wright',
    'number_of_routes': len(result_routes),
    'routes': result_routes
}

def _brute_force_algorithm(self, suppliers, max_capacity):
    """
    Реалізація алгоритму повного перебору для оптимізації маршруту

    Параметри:
    suppliers (pandas.DataFrame): Дані про постачальників

```

`max_capacity` (float): Максимальна вантажопідйомність транспортного засобу

Повертає:

`dict`: Оптимізовані маршрути та їх параметри

"""

Створення копії даних про постачальників для модифікації

```
suppliers = suppliers.copy()
```

Якщо кількість постачальників завелика для повного перебору

```
if len(suppliers) > 10:
```

```
    return self._clarke_wright_algorithm(suppliers, max_capacity)
```

Індксація постачальників

```
suppliers = suppliers.reset_index(drop=True)
```

```
suppliers['index'] = suppliers.index
```

```
n = len(suppliers)
```

Створення матриці відстаней

```
distance_matrix = np.zeros((n + 1, n + 1))
```

```
for i in range(n + 1):
```

```
    for j in range(n + 1):
```

```
        if i == j:
```

```
            distance_matrix[i, j] = 0
```

```
        else:
```

```
            if i == 0: # Розподільчий центр
```

```
                lat1, lon1 = self.depot_location
```

```
            else:
```

```
                lat1, lon1 = suppliers.iloc[i - 1]['lat'], suppliers.iloc[i - 1]['lon']
```

```

        if j == 0: # Розподільчий центр
            lat2, lon2 = self.depot_location
        else:
            lat2, lon2 = suppliers.iloc[j - 1]['lat'], suppliers.iloc[j - 1]['lon']

        distance_matrix[i, j] = self._haversine_distance(lat1, lon1, lat2,
lon2)

# Генерація всіх можливих перестановок постачальників
indices = list(range(1, n + 1)) # 1 до n (індекси постачальників в
матриці відстаней)
all_permutations = list(permutations(indices))

# Знаходження найкоротшого маршруту
best_distance = float('inf')
best_route = None

for perm in all_permutations:
    # Додавання депо на початку та в кінці
    route = [0] + list(perm) + [0]

    # Перевірка обмеження вантажопідйомності
    total_cargo = sum(suppliers.iloc[i - 1]['cargo_volume'] for i in perm)
    if total_cargo > max_capacity:
        continue

    # Розрахунок загальної відстані
    total_distance = 0
    for i in range(len(route) - 1):

```

```

total_distance += distance_matrix[route[i], route[i + 1]]

if total_distance < best_distance:
    best_distance = total_distance
    best_route = route

# Якщо не знайдено допустимого маршруту
if best_route is None:
    # Розбиваємо на кілька маршрутів
    return self._clarke_wright_algorithm(suppliers, max_capacity)

# Формування результату
route_supplier_ids = []
route_supplier_names = []
route_supplier_volumes = []
total_cargo = 0

for idx in best_route:
    if idx == 0:
        route_supplier_ids.append(0)
        route_supplier_names.append("Розподільчий центр")
        route_supplier_volumes.append(0)
    else:
        route_supplier_ids.append(suppliers.iloc[idx - 1]['supplier_id'])
        route_supplier_names.append(suppliers.iloc[idx - 1]['name'])
        volume = suppliers.iloc[idx - 1]['cargo_volume']
        route_supplier_volumes.append(volume)
        total_cargo += volume

# Розрахунок часу маршруту

```

```
driving_time = best_distance / 40 # год
loading_time = (len(best_route) - 2) * 0.5 # 30 хв на кожного
постачальника
```

```
total_time = driving_time + loading_time
```

```
route = {
    'route_indices': best_route,
    'supplier_ids': route_supplier_ids,
    'supplier_names': route_supplier_names,
    'supplier_volumes': route_supplier_volumes,
    'total_distance': best_distance,
    'total_time': total_time,
    'total_cargo': total_cargo,
    'capacity_utilization': total_cargo / max_capacity
}
```

```
return {
    'algorithm': 'brute_force',
    'number_of_routes': 1,
    'routes': [route]
}
```

```
def visualize_route(self, route_data, zone, filename=None):
```

```
    """
```

Візуалізація оптимального маршруту на карті

Параметри:

route_data (dict): Дані оптимізованого маршруту

zone (str): Логістична зона

filename (str, optional): Ім'я файлу для збереження карти

Повертає:

folium.Мар: Карта з візуалізованим маршрутом

"""

if self.suppliers is None:

 raise ValueError("Дані про постачальників не завантажені")

Створення карти з центром у Тернополі

m = folium.Мар(location=self.depot_location, zoom_start=11)

Створення кластерів для маркерів

marker_cluster = MarkerCluster().add_to(m)

Додавання маркера для розподільчого центру

folium.Marker(

 location=self.depot_location,

 popup="Розподільчий центр",

 icon=folium.Icon(color='red', icon='home')

).add_to(m)

Кольори для різних маршрутів

colors = ['blue', 'green', 'purple', 'orange', 'darkred', 'cadetblue', 'darkgreen',
'darkpurple']

for route_idx, route in enumerate(route_data['routes']):

 route_color = colors[route_idx % len(colors)]

 # Координати точок маршруту

 route_coordinates = []

```

# Додавання розподільчого центру на початку
route_coordinates.append(self.depot_location)

# Проходження по всіх пунктах маршруту
for i, supplier_id in enumerate(route['supplier_ids']):
    if supplier_id == 0: # Розподільчий центр
        if i > 0: # Не додаємо двічі на початку
            route_coordinates.append(self.depot_location)
    else:
        # Знаходження постачальника за ID
        supplier = self.suppliers[self.suppliers['supplier_id'] ==
supplier_id].iloc[0]
        supplier_location = (supplier['lat'], supplier['lon'])

        route_coordinates.append(supplier_location)

# Додавання маркера для постачальника
folium.Marker(
    location=supplier_location,
    popup=f' {supplier['name']} ( {supplier['cargo_volume']} т)',
    icon=folium.Icon(color=route_color, icon='industry')
).add_to(marker_cluster)

# Додавання лінії маршруту
folium.PolyLine(
    locations=route_coordinates,
    weight=4,
    color=route_color,
    opacity=0.7,

```

```

        popup=f"Маршрут {route_idx+1}: {route['total_distance']:.1f} км,
        {route['total_time']:.1f} год"
    ).add_to(m)

```

Додавання маркерів з номерами послідовності відвідування

```
for i, coord in enumerate(route_coordinates[1:-1], 1):
```

```

    folium.CircleMarker(
        location=coord,
        radius=10,
        color=route_color,
        fill=True,
        fill_color=route_color,
        fill_opacity=0.7,
        popup=f"Точка {i}"
    ).add_to(m)

```

Додавання кола, що позначає межу зони

```
zone_radius = self.zones.get(zone, 30) # За замовчуванням 30 км
```

```

folium.Circle(
    location=self.depot_location,
    radius=zone_radius * 1000, # Конвертація в метри
    color='gray',
    fill=False,
    opacity=0.5,
    popup=f"Зона {zone} (радіус {zone_radius} км)"
).add_to(m)

```

Додавання інформації про маршрут

```
for route_idx, route in enumerate(route_data['routes']):
```

```
    route_info = f"""
```

```

<h4>Маршрут {route_idx+1}</h4>
<b>Відстань:</b> {route['total_distance']:.1f} км<br>
<b>Час:</b> {route['total_time']:.1f} год<br>
<b>Вантаж:</b> {route['total_cargo']:.2f} т<br>
<b>Використання                                вантажопідйомності:</b>
{route['capacity_utilization']*100:.1f}%<br>
<b>Послідовність:</b> {' → '.join(route['supplier_names'])}
"""

folium.Marker(
    location=[self.depot_location[0] - 0.02 * (route_idx + 1),
self.depot_location[1] - 0.02],
    popup=folium.Popup(route_info, max_width=300),
    icon=folium.DivIcon(
        icon_size=(150, 36),
        icon_anchor=(0, 0),
        html=f'<div style="font-size: 12pt; color:
{route_color};">Маршрут {route_idx+1}</div>'
    )
).add_to(m)

# Збереження карти в файл
if filename:
    m.save(filename)

return m

def generate_route_report(self, route_data, zone):
    """
    Генерація звіту про оптимізований маршрут

```

Параметри:

route_data (dict): Дані оптимізованого маршруту

zone (str): Логістична зона

Повертає:

str: Текстовий звіт про маршрут

"""

```

report = [
    f"=== ЗВІТ ПРО ОПТИМІЗОВАНИЙ МАРШРУТ ДЛЯ ЗОНИ
{zone} ===",
    f"Алгоритм оптимізації: {route_data['algorithm']}",
    f"Кількість маршрутів: {route_data['number_of_routes']}",
    ""
]

for i, route in enumerate(route_data['routes']):
    report.append(f"--- Маршрут {i+1} ---")
    report.append(f"Загальна відстань: {route['total_distance']:.1f} км")
    report.append(f"Загальний час: {route['total_time']:.1f} год")
    report.append(f"Загальний вантаж: {route['total_cargo']:.2f} т")
    report.append(f"Використання                вантажопідйомності:
{route['capacity_utilization']*100:.1f}%")
    report.append("Послідовність відвідування:")

    for j, (name, volume) in enumerate(zip(route['supplier_names'],
route['supplier_volumes'])):
        if j == 0 or j == len(route['supplier_names']) - 1:
            report.append(f" {j+1}. {name}")
        else:

```

```

report.append(f" {j+1}. {name} ({volume} т)")

report.append("")

return "\n".join(report)

# Приклад використання
if __name__ == "__main__":
    # Створення оптимізатора маршрутів
    optimizer = RouteOptimizer()

    # Завантаження даних про постачальників
    # Припустимо, що у нас є CSV-файл з даними про постачальників
    # supplier_id, name, lat, lon, cargo_volume, category
    suppliers_data = """
supplier_id,name,lat,lon,cargo_volume,category
1,ТОВ "Молокія",49.572561,25.623426,0.8,dairy
2,ТОВ "Тернопільхліб",49.536872,25.560923,0.7,bakery
3,ФГ "Зелена долина",49.519158,25.518652,0.5,vegetables
4,ТОВ "Пан Ковбаско",49.504235,25.613538,0.5,meat
5,ТОВ "Агроекопродукт",49.591124,25.523845,0.6,vegetables
6,ТОВ "Микулинецький м'ясокомбінат",49.482637,25.615347,0.7,meat
7,ПП "Колос",49.565239,25.667184,0.4,bakery
8,ТОВ "Тернопільська крупа",49.537462,25.513856,0.3,grocery
9,ПП "Файно",49.547218,25.665243,0.4,dairy
10,ФГ "Гадз",49.599175,25.581436,0.5,fruits
11,ТОВ "Медобори",49.516834,25.678932,0.4,honey
12,ПП "Здоровий смак",49.525678,25.531245,0.3,grocery
"""

```

```

# Запис даних у тимчасовий файл
import tempfile
with tempfile.NamedTemporaryFile(mode='w+', suffix='.csv', delete=False)
as f:

    f.write(suppliers_data.strip())
    temp_file_name = f.name

# Завантаження даних з файлу
suppliers = optimizer.load_suppliers_data(temp_file_name)

# Виведення даних про постачальників по зонах
print("Постачальники по зонах:")
for zone in ['A', 'B', 'C', 'D']:
    zone_suppliers = suppliers[suppliers['zone'] == zone]
    print(f"Зона {zone} ({len(zone_suppliers)} постачальників:")
    for _, supplier in zone_suppliers.iterrows():
        print(f" {supplier['name']} - {supplier['distance_to_depot']:.1f} км")

# Оптимізація маршруту для зони B
route_b = optimizer.optimize_route_for_zone('B', max_capacity=3.0,
algorithm='clarke_wright')

# Виведення звіту про маршрут
print("\nЗвіт про маршрут для зони B:")
print(optimizer.generate_route_report(route_b, 'B'))

# Візуалізація маршруту
map_b = optimizer.visualize_route(route_b, 'B', 'route_zone_b.html')

print("\nВізуалізація маршруту збережена у файлі route_zone_b.html")

```