

Заклад вищої освіти
«ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Інженерно-технічний факультет
Кафедра транспортних технологій та засобів АПК

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

НА ТЕМУ:

«ОБҐРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ ШВИДКОПСУВНИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ»

Виконав:

здобувач вищої освіти освітнього ступеня
«Магістр» освітньо-професійної програми
«Транспортні технології (автомобільний
транспорт)» спеціальності 275 «Транспортні
технології (на автомобільному транспорті)»
денної форми навчання

СЕМИСЮК Олександр Володимирович

Керівник:

кандидат технічних наук, доцент

ФІРМАН Юрій Петрович

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
1 ТЕОРЕТИКО-АНАЛІТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	9
1.1 Концептуальні основи організації транспортування термолабільної харчової продукції	9
1.2 Аналіз напрямів підвищення ефективності доставки швидкопсувної харчової продукції	14
2 МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ СХЕМ ДОСТАВКИ ТЕРМОЛАБІЛЬНОЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	21
2.1 Проектування моделей постачання із застосуванням розподільчих центрів	21
2.2 Оптимізація схем постачання методом потенціалів	24
2.3 Удосконалення схем постачання із застосуванням логістичних центрів	26
3 ПРОЕКТУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТУВАННЯ ШВИДКОПСУВНОЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ	28
3.1 Компаративний аналіз конфігурацій логістичних ланцюгів для термолабільних харчових товарів	28
3.2 Напрями підвищення результативності доставки термолабільної харчової продукції	35
3.3 Удосконалення вимог до спеціалізованого рухомого складу для внутрішніх перевезень ШПХ	41
3.4 Верифікація моделі постачання ШПХ за критерієм мінімізації загального пробігу	43

4	ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ	48
4.1	Роль інформаційних систем у сучасному транспортному секторі	48
4.2	Огляд систем управління транспортною логістикою	50
5	ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ РІШЕНЬ	54
5.1	Калькуляція витрат та порівняльний аналіз схем постачання швидкопсувних продуктів	54
6	БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ДІЇ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	59
6.1	Ідентифікація небезпечних факторів при експлуатації вантажного автотранспорту	59
6.2	Заходи захисту населення у надзвичайних ситуаціях	64
7	ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	67
7.1	Характер та механізми впливу автомобільних шляхів на довкілля	67
7.2	Акустичне забруднення від транспортних засобів	70
7.3	Технічні рішення для мінімізації екологічного впливу транспортної системи	76
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ	85
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	86
	ДОДАТКИ	90

РЕФЕРАТ

Дослідження присвячене аналізу організаційно-технологічних аспектів доставки термолабільної харчової продукції. Систематизовано ключові вимоги до організації перевезень швидкопсувних вантажів. Вивчено міжнародний досвід підвищення результативності логістичних операцій з термочутливими харчовими товарами. Обґрунтовано моделі постачання із використанням розподільчих центрів та виконано їх оптимізацію. Розроблено удосконалену схему постачання на базі централізованого логістичного центру.

Здійснено компаративний аналіз конфігурацій ланцюгів постачання та транспортних схем, досліджено напрями підвищення ефективності доставки швидкопсувної продукції. Проаналізовано світовий досвід технічного контролю спеціалізованого рухомого складу для транспортування ШХП. На підставі проведеного аналізу сформульовано пропозиції щодо вдосконалення вимог до ізотермічного транспорту для внутрішніх перевезень. Описано методику верифікації схем постачання за критерієм мінімізації загального пробігу, а також функціональні можливості веб-платформи «AntLogistics».

Окремий розділ присвячено сучасним цифровим технологіям на транспорті, зокрема застосуванню інформаційних систем у логістиці та аналізу програмних рішень для управління транспортними операціями.

У розділі техніко-економічного обґрунтування розглянуто питання калькуляції витрат та економічної ефективності альтернативних схем постачання швидкопсувних вантажів.

Проведено ідентифікацію небезпечних факторів при експлуатації вантажного автотранспорту та аналіз ризиків при здійсненні автомобільних перевезень. Сформульовано вимоги охорони праці при технічному обслуговуванні та ремонті вантажних автомобілів. Досліджено екологічні аспекти функціонування автотранспорту та його вплив на довкілля.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- АТР – Угода про міжнародні перевезення швидкопсувних харчових продуктів
- GPS – Глобальна система позиціонування
- TMS – Система управління транспортом (Transport Management System)
- WMS – Система управління складом (Warehouse Management System)
- ГІС – Геоінформаційна система
- КПГ – Компримований природний газ
- ЛЦ – Логістичний центр
- ПДВ – Податок на додану вартість
- РЦ – Розподільчий центр
- СНГ – Скраплений нафтовий газ
- СПС – Угода про спеціальні транспортні засоби
- СРС – Спеціалізований рухомий склад
- ТЕП – Техніко-економічні показники
- ТЗ – Транспортний засіб
- ТМ – Торговельна марка
- ШХП – Швидкопсувні харчові продукти

ВСТУП

Забезпечення населення якісними продуктами харчування є одним із пріоритетних соціально-економічних завдань держави. У сфері продовольчого забезпечення існує комплекс взаємопов'язаних проблем, вирішення яких потребує системного підходу з урахуванням інтересів усіх учасників ринку – виробників, споживачів та транспортних операторів – за умови збереження належних якісних характеристик продукції.

Серед широкого асортименту споживчих товарів значну частку займає продукція, що належить до категорії швидкопсувної. Номенклатура таких товарів є надзвичайно різноманітною, проте їх об'єднує спільна ознака – необхідність дотримання специфічних умов зберігання та транспортування. Ключовою вимогою є підтримання визначеного температурного режиму на всіх етапах – від виробництва до споживання. Особливо критичним це є для молочної продукції: порушення температурного режиму призводить до швидкої втрати споживчих властивостей та створює потенційну загрозу для здоров'я і життя споживачів.

В умовах становлення ринкової економіки та інтеграції України до європейського економічного простору актуальним є впровадження передових логістичних технологій. Трансформація системи «виробник – перевізник – споживач» від орієнтації на максимізацію обсягів до підвищення ефективності, зниження питомих енергетичних та фінансових витрат є передумовою зростання прибутковості господарської діяльності. Динамічна ринкова кон'юнктура вимагає від транспортних компаній оперативного реагування та пропонування партнерам конкурентоспроможних послуг як за ціновими параметрами, так і за термінами виконання.

Враховуючи, що логістична складова у структурі вартості продукції може сягати 70%, мінімізація собівартості доставки є ключовим фактором зниження кінцевої ціни для споживача.

Сучасні моделі доставки ШХП передбачають участь множини суб'єктів господарювання у ланцюгу постачання, кожен з яких виконує специфічні фун-

кції. Такий розподіл обов'язків забезпечує вузьку спеціалізацію учасників. Зокрема, невеликі виробники через обмежені обсяги випуску продукції не зацікавлені в утриманні власного автопарку. Функції збуту часто делегуються спеціалізованим торговельним компаніям, що дозволяє виробникам сконцентруватися на профільній діяльності без розширення штату.

За таких умов від кожного учасника процесу вимагається висока операційна ефективність, оскільки неефективна діяльність навіть одного з гравців негативно впливає на результативність усієї системи «виробник – перевізник – споживач».

Визначальним фактором ефективності доставки швидкопсувної продукції для виробників та споживачів є своєчасність постачання за дотримання встановленого температурного режиму. Водночас для перевізника пріоритетом є зниження вартості послуг за рахунок організаційних та технічних рішень, що забезпечує конкурентні переваги на ринку.

Підвищення ефективності доставки термолабільних вантажів потребує впровадження системних підходів, спрямованих на оптимізацію функціонування всього ланцюга постачання.

У кваліфікаційній роботі запропоновано комплекс рішень для підвищення ефективності доставки вантажів на основі координації діяльності логістичних та розподільчих центрів з перевізниками. При цьому функціонування ланцюга постачання має відповідати чинному законодавству у сфері транспортування ШХП. Важливим аспектом є також обґрунтування технічних вимог до транспортних засобів, задіяних у перевезеннях швидкопсувної продукції.

Таким чином, підвищення ефективності доставки швидкопсувних харчових продуктів досягається шляхом комплексної оптимізації та координації діяльності всіх учасників – логістичного центру, розподільчих центрів, перевізників та кінцевих споживачів.

1 ТЕОРЕТИКО-АНАЛІТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Концептуальні основи організації транспортування термолабільної харчової продукції

Специфіка доставки швидкопсувних харчових продуктів (далі – ШПХ) визначає особливі вимоги організаційного та технологічного характеру, що мають бути враховані при здійсненні транспортних операцій.

Системний підхід до організації ланцюга постачання передбачає комплексне вирішення широкого спектра логістичних завдань. Першочерговим є дослідження фізико-хімічних властивостей харчової продукції та формулювання вимог до умов її зберігання і транспортування. Паралельно необхідно встановити технічні вимоги до транспортних засобів, що здійснюватимуть перевезення.

Під харчовою продукцією розуміють не лише власне харчову речовину, але й тару або упаковку, в якій здійснюється транспортування. Температурний режим перевезення ШПХ обумовлений необхідністю забезпечення максимального терміну придатності продукції та гальмування процесів розмноження патогенних мікроорганізмів, що спричиняють її псування.

Погіршення якісних характеристик продукції завдає не лише економічних збитків, але й створює загрозу здоров'ю та життю споживачів. Тому ключовим пріоритетом при транспортуванні даної категорії продуктів є збереження їх споживчих властивостей.

Забезпечення належної якості ШПХ досягається завдяки реалізації комплексу технологічних заходів.

Мінімізація тривалості транспортування. Цей підхід передбачає швидке переміщення продукції до моменту критичного погіршення її якісних параметрів. Дотримання нормативів перевезень базується на закономірності: швидкість доставки має бути пропорційною запасу якості продукту.

На оперативність доставки впливають вид та спосіб транспортування, кількість задіяних транспортних засобів, їх мобільність. Проте максимальна швидкість не завжди є оптимальним рішенням з точки зору собівартості. То-

му актуальним завданням є пошук раціонального балансу між оперативністю та витратами на перевезення.

Технічні рішення для підтримання мікроклімату. Наступним технологічним напрямом є конструктивні рішення щодо регулювання вологості та температури повітря у вантажному відсіку транспортного засобу. Збереження якості продукції безпосередньо залежить від стабільності температурного режиму протягом усього маршруту.

Особливо критичним це є при перевезенні глибокозаморожених продуктів на значні відстані за високої температури навколишнього середовища. Застосування в конструкції кузовів матеріалів з високим термічним опором та ефективних джерел холоду сприяє підтриманню заданого температурного режиму та збереженню споживчих властивостей продукції.

Застосування спеціалізованої тари та упаковки. Значний вплив на стабільність температури продукції має упаковка й тара. Практичний досвід засвідчує, що використання технологічного пакування суттєво подовжує термін збереження органолептичних властивостей продуктів.

Схеми розміщення вантажу у транспортному засобі. Укладання ШПХ у вантажному відсіку здійснюється таким чином, щоб забезпечити ефективну циркуляцію повітря та рівномірний розподіл температури в усьому об'ємі. Залежно від типу продукції вантаж може розміщуватися щільно або, навпаки, з обов'язковими повітряними проміжками (рис. 1.1).

Конфігурація укладання залежить від багатьох чинників. Наприклад, молоко в пластикових пляшках може перевозитися в коробках (рис. 1.1 а), при цьому висота ярусів обмежується стійкістю до навантаження нижнього ряду тари. Продукція в м'яких пакетах транспортується в ящиках на піддонах (рис. 1.1 б). Висота насипу та, відповідно, висота ящика визначається міцністю пакетів, а кількість ярусів – несучою здатністю ящика.

На основі вимог до збереження якості продукції формуються технічні вимоги до транспортних засобів. Для перевезення ШПХ застосовується спеціалізований рухомий склад, конструктивно призначений для підтримання заданого

a)

б)

Рисунок 1.1 – Формування вантажних одиниць: *a* – укладання в коробках; *б* – використання стандартизованих ящиків та піддонів температурного режиму та вологості у вантажному відсіку. До таких транспортних засобів належать ізотермічні фургони та автоцистерни.

Використання спеціалізованого автопарку має низку переваг над універсальними транспортними засобами:

краща збереженість та стабільність якісних характеристик продукції, що перевозиться;

мінімізація природних втрат (усушки, утруски);

зменшення витрат на спеціальну тару та упаковку;

дотримання санітарно-гігієнічних норм зберігання харчових продуктів.

Водночас перевезення ШПХ ізотермічними фургонами або рефрижераторами може суттєво підвищити собівартість доставки – зростання зазвичай становить 40–120%.

В Україні діють обов’язкові законодавчі вимоги до транспортних засобів, що здійснюють міжнародні перевезення ШПХ. Проте для внутрішніх перевезень відповідна нормативна база фактично відсутня, що унеможлиблює систем-

ний контроль рухомого складу на території країни.

Україна як транзитна держава є учасницею Женевської угоди від 01.09.1970 року – Угоди про міжнародні перевезення швидкопсувних харчових продуктів та про спеціальні транспортні засоби, призначені для цих перевезень (угода АТР/СПС).

За функціональним призначенням та конструктивними особливостями спеціалізований рухомий склад для перевезення ШПХ класифікують на: ізотермічні транспортні засоби, кузови-льодовики, фургони-рефрижератори.

Окремо виділяють транспортні засоби з опалювальними системами, що використовують автономні нагрівачі або рекуперацію тепла відпрацьованих газів чи охолоджувальної рідини двигуна. За здатністю підтримувати тепловий режим вантажні відсіки поділяють на класи: А, В, С, D, Е та F. Клас присвоюється за результатами випробувань у сертифікованих лабораторіях.

Сертифікація транспортних засобів (сертифікат АТР/СПС). Автомобілі для міжнародних перевезень ШПХ повинні мати відповідний сертифікат АТР (СПС), що підтверджується після 6 років експлуатації з дати виробництва (перші 6 років діє сертифікат виробника) або за рішенням уповноваженого органу. Класифікація транспорту за теплоізоляційними властивостями передбачає такі категорії:

IN – ізотермічні автомобілі зі стандартною теплоізоляцією (без холодильної установки);

FNA – автомобілі-рефрижератори класу ізоляції А (з компресорною установкою);

IR – ізотермічні автомобілі з посиленою теплоізоляцією (без холодильної установки).

За наявності компресорної установки автомобілі-рефрижератори (рис. 1.2) позначаються символами *FRA*, *FRB*, *FRC* залежно від класу ізоляції (А, В, С відповідно). Ізотермічні транспортні засоби з неавтономними холодильними установками додатково маркуються символом *X*.

Класи ізоляції диференціюються за значенням загального коефіцієнта те-

Рисунок 1.2 – Автомобіль-рефрижератор для перевезення швидкопсувної харчової продукції

плопередачі K , що визначається за формулою:

$$K = \frac{P}{S \cdot \Delta t}, \quad (1.1)$$

де P – тепловий потік через поверхню кузова площею S , необхідний для підтримання температурного перепаду Δt між внутрішнім та зовнішнім середовищем.

Значну невизначеність у розмежуванні відповідальності за якість продукції протягом ланцюга постачання створює недосконала нормативно-правова база. Наразі сфера внутрішніх перевезень ШПХ на території України не регулюється єдиним профільним законом, а близько 25 нормативними актами різного рівня – правилами, постановами, вимогами та кодексами. Це створює труднощі для перевізників через неоднозначність юридичних трактувань та необхідність моніторингу змін законодавства суміжних відомств. Зокрема, перевезення ШПХ регулюється

Правилами перевезень вантажів автомобільним транспортом в Україні, затвердженими наказом Мінтрансу № 363 від 14.10.1997 р., а вимоги до продукції – Законом України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» № 771/97-ВР від 23.12.1997 р. Паралельно діє близько 10 наказів та постанов Міністерства інфраструктури України щодо регулювання автомобільних перевезень.

У процесі транспортування задіяна великогабаритна техніка зі складним технічним оснащенням, що є джерелом підвищеної небезпеки. Тому такі засоби підлягають технічному контролю та сертифікації. Правилами перевезень ШПХ передбачено обов'язкове дотримання санітарно-епідеміологічних норм відповідно до Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення».

Внаслідок цього перевізники несуть юридичну відповідальність за недотримання технічних вимог та правил перевезення. Сукупність нормативних документів та вимог технічного контролю є досить об'ємною, що ускладнює організацію перевезень ШПХ. На сьогодні науковцями, галузевими фахівцями та представниками асоціацій перевізників розроблено концепцію єдиної нормативно-правової бази для регулювання внутрішніх перевезень ШПХ, проте на офіційному рівні вона залишається незатвердженою.

1.2 Аналіз напрямів підвищення ефективності доставки швидкопсувної харчової продукції

Оптимізація організації та впровадження ефективних рішень у сфері доставки ШПХ автомобільним транспортом має багато спільного з іншими сегментами вантажних перевезень. Водночас специфічні властивості термолабільної продукції накладають певні обмеження на вирішення поставлених завдань.

Протягом усього «холодного ланцюга» доставки ШПХ існують як шляхи підвищення ефективності перевезень, так і об'єктивні проблеми, на які перевізник не має можливості впливати. На рисунку 1.3 систематизовано основні проблеми ланцюга доставки, їх причинно-наслідкові зв'язки та можливі шляхи вирішення.

Дослідниками виокремлено чотири ключові проблеми галузі доставки ШПХ:

- високі логістичні витрати на транспортування та зберігання;

- недостатня якість послуг при високій собівартості;
- недосконалість нормативно-правового регулювання;
- неефективна система обліку та контролю.

Поглиблений аналіз кожної з виділених проблем дозволяє встановити передумови їх виникнення. Як засвідчує практика, невирішена проблема створює підґрунтя для появи нових. На рисунку 1.3 візуалізовано основні проблеми сфери перевезення ШПХ та взаємозв'язки між причинами їх виникнення і шляхами вирішення. Стрілками позначено каузальні зв'язки, що наочно демонструють генезис проблем та механізми їх подолання.

Найбільш ваговою проблемою галузі є високі витрати на логістичні операції, що суттєво впливають на кінцеву вартість продукції. Ця проблема характерна для більшості товарів, що перевозяться у кілька етапів, проте для ШПХ через часті поставки невеликих обсягів транспортна складова вартості є особливо високою.

Для логістичної системи України значні витрати обумовлені накопиченням невирішених завдань в організації та технологіях перевезення, зберігання та фізичного розподілу продукції.

Витрати на вантажопереробку – від поставки сировини до виробництва – можуть сягати 70% вартості готової продукції на полицях роздрібних точок. Цей показник варіюється залежно від виду продукції: в аграрному секторі та роздрібній торгівлі харчовими продуктами логістичні витрати становлять 35–55% вартості готової продукції. У країнах з розвиненою логістичною інфраструктурою цей показник не перевищує 15%. Якщо прийняти логістичні витрати в структурі кінцевої вартості продукції за 100%, то частка транспортних витрат становить 15–25%. У розвинених економіках з високим технологічним рівнем цей показник знаходиться в діапазоні 7–10%.

Другою за значущістю проблемою є якість логістичних послуг. Висока вартість – наслідок окреслених вище проблем та негативних чинників, що формують підвищений рівень витрат. Відповідно до державного стандарту Украї-

Рисунок 1.3 – Напрями удосконалення системи перевезення швидкопсувної харчової продукції

ни, «якість транспортних послуг» – це сукупність властивостей пасажирських, вантажних перевезень або транспортної експедиції, що визначають їх здатність задовольняти потреби пасажирів, вантажовідправників та вантажоодержувачів.

Для перевезення ШПХ якість послуги визначається насамперед здатністю задовольнити потребу замовника: отримання продукції у встановлений термін, у належному стані, за умови дотримання відповідного температурного та вологісного режиму протягом усього маршруту. При цьому дотримання зазначених вимог має мінімально впливати на собівартість продукції, інакше виробник втрачає конкурентоспроможність. Для замовника низька якість перевезень проявляється насамперед у порушенні термінів доставки, недотриманні температурного режиму, пошкодженні упаковки чи тари.

Суттєве порушення термінів скорочує період реалізації продукції та призводить до накопичення залишків. Недотримання температурного режиму спричиняє прискорене псування продукції та потенційну необхідність її утилізації. Як зазначалося, недосконалість або відсутність профільних нормативно-

правових актів щодо регулювання перевезень ШПХ в Україні створює додаткові бар'єри для розвитку галузі.

Прогалини у законодавстві дестабілізують правові відносини учасників «холодного ланцюга постачання», зокрема щодо розмежування відповідальності та обов'язків. Недостатньо прозорою залишається система контролю й обліку вантажопотоків ШПХ, а також моніторингу дотримання технічних вимог до спеціалізованого рухомого складу.

На результативність економічної діяльності суб'єктів господарювання та інвестиційну привабливість держави впливають наступні інфраструктурні чинники.

Рівень розвитку автотранспортного господарства та транспортної інфраструктури. Стан транспортної інфраструктури України суттєво поступається показникам розвинених країн, що негативно позначається на ефективності транспортного процесу.

У великих містах актуальною проблемою є диспропорційне зростання інтенсивності руху відносно пропускної спроможності вулично-дорожньої мережі, що призводить до збільшення часу доставки, перевитрати пального та зниження продуктивності транспортних засобів.

Такий режим роботи створює підвищене навантаження на водіїв, погіршує їх психоемоційний стан та негативно впливає на безпеку дорожнього руху. Інфраструктура міст часто є застарілою як морально, так і фізично, що унеможливує впровадження сучасних логістичних технологій. Особливо гостро постає проблема створення логістичних та розподільчих центрів у межах міської забудови, що своєю чергою призводить до зростання собівартості транспортування та кінцевої ціни продукції.

Серйозною перешкодою для ефективного функціонування логістичних систем залишається незадовільний стан дорожньої інфраструктури, за винятком магістралей міжнародного значення. Це призводить до зниження середньої експлуатаційної швидкості транспортних засобів, падіння їх продуктивності, прискореного зношування рухомого складу, частих технічних несправностей та вимушених простоїв. Нерідко великовантажні високопродуктивні автомобілі змушені обирати альтернативні маршрути, оминаючи ділянки з незадовільним покриттям.

Як наслідок, зростає собівартість транспортних послуг через збільшення витрат на ремонт та технічне обслуговування, що безпосередньо відображається на кінцевій ціні продукції для споживача.

Низький рівень безпеки дорожнього руху та висока аварійність — один із факторів, що суттєво впливає на формування транспортних витрат. Це пов'язано насамперед із високими страховими тарифами на транспортні засоби та вантажі, оскільки ризики втрати коштовної продукції або пошкодження автомобіля залишаються значними. Страхові тарифи корелюють із статистикою ДТП: висока концентрація аварій автоматично підвищує вартість страхового покриття, що збільшує загальні транспортні витрати.

Географічна протяжність маршрутів та кліматичні умови — об'єктивні чинники, що не залежать від перевізника, проте суттєво впливають на логістичні витрати в напрямку їх збільшення.

Для ілюстрації: відстань між західним та східним прикордонними пунктами пропуску (наприклад, Чоп у Закарпатській області та Краковець на Львівщині — понад 100 км, а відстань Чоп — Харків становить близько 1200 км). У сусідній Польщі відстань від східного Пшемисля до західного Щецина або портового Гданська не перевищує 950 км. У Німеччині маршрут з крайньої півночі до південного Мюнхена (близько 900 км) автомобіль долає за 8,5 години, тоді як в Україні аналогічну відстань транспорт проїжджає за 12–13 годин — майже на 4 години довше. Відповідно, витрати часу та пального на доставку в Україні є значно вищими.

Клімат України характеризується помірно-континентальними ознаками зі значними регіональними відмінностями температурного режиму та кількості опадів. На рівнинній частині території з північного заходу на південний схід спостерігається посилення континентальності: літні температури зростають, а зимові — знижуються. Зимовий період, як правило, супроводжується значними снігопадами, що ускладнює експлуатацію автомобільного транспорту.

Значний рівень зношеності рухомого складу є суттєвим недоліком сучасної автотранспортної системи України. За статистичними даними, знос автомобільного парку сягає 60–70 % і продовжує зростати.

Старіння конструкційних матеріалів ізотермічних кузовів призводить до погіршення теплоізоляційних властивостей та унеможливорює підтримання належного температурного режиму транспортування. Внаслідок цього компресор холодильної установки працює з підвищеним навантаженням, що збільшує витрату пального. Крім того, життєвий цикл спеціалізованого рухомого складу через екстремальні умови експлуатації є значно коротшим порівняно зі звичайними вантажівками. З часом у кузові ізотермічного фургона через деградацію ізоляційного шару утворюються «температурні містки», що призводить до погіршення якості частини вантажу, який перевозиться.

Зношеність спеціалізованого транспорту знижує конкурентоспроможність вітчизняних перевізників на міжнародному ринку, оскільки високоефективні зарубіжні компанії пропонують якісніші послуги за нижчими цінами.

Іншим аспектом проблеми є імпорт дешевих уживаних автомобілів зі значним пробігом. Технічний стан такої техніки часто є незадовільним, а її негативний вплив на довкілля суттєво перевищує показники нових транспортних засобів.

Відсутність ефективної координації учасників ланцюга доставки ШПХ. Брак дієвих механізмів взаємодії між учасниками холодного ланцюга постачання змушує їх дублювати окремі функції або виконувати операції перевантаження продукції у декілька етапів, що призводить до зростання собівартості. Зна-

чну частину логістичних функцій доцільно передавати спеціалізованим операторам, мінімізуючи кількість навантажувально-розвантажувальних операцій з вантажами.

Загальна ефективність переважної більшості ланцюгів доставки залишається низькою через надмірну кількість операторів у межах одного ланцюга. Відсутність інтеграції між компаніями зумовлена непрозорістю фінансової діяльності, нестабільністю нормативно-правового середовища та, нерідко, взаємною недовірою учасників ринку. Неефективність ланцюгів постачання спричинена насамперед:

невідповідністю законодавчої бази сучасним реаліям ринку перевезень (відсутність чіткого фінансового, технічного та технологічного контролю з боку держави);

небажанням частини суб'єктів ланцюга працювати в правовому полі (фіксуються фінансові та фіскальні порушення, недотримання технологій доставки тощо);

відсутністю стратегічного планування та інтеграції виробничих і логістичних процесів з урахуванням ринкової кон'юнктури.

Впровадження сучасних технологій безпосередньо корелює з ефективністю та продуктивністю діяльності перевізників ШПХ, забезпечуючи їм конкурентні переваги.

Недосконалість державного регулювання проявляється у відсутності стабільного конкурентного середовища та несприятливому інвестиційному кліматі. На поточному етапі відбувається лише формування ринкових відносин між суб'єктами процесу доставки. Державне управління та контроль часто запроваджуються із запізненням або під впливом інтересів окремих недобросовісних учасників. Спостерігається дефіцит механізмів забезпечення справедливої конкуренції в організації процесу доставки швидкопсувної продукції.

2 МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ СХЕМ ДОСТАВКИ ТЕРМОЛАБІЛЬНОЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

2.1 Проектування моделей постачання із застосуванням розподільчих центрів

Формування «холодного» ланцюга доставки ШПХ передбачає використання спеціалізованих логістичних структур як ключових керуючих елементів, що здійснюють координацію та безпосереднє транспортування продукції.

Для забезпечення ефективного функціонування логістичних центрів мають виконуватися такі базові умови:

- логістичні центри повинні функціонувати як незалежні ринкові структури на принципах самоокупності;
- вартість послуг доставки має бути конкурентною відносно аналогічних пропозицій на ринку;
- усі учасники перевізного процесу — замовники та виробники продукції — повинні мати вільний доступ до транспортних послуг, послуг логістичних та розподільчих центрів у необхідних обсягах та в будь-який період часу, а також до додаткових сервісів (пакування, маркування тощо);
- послуги логістичних центрів мають гарантувати збереження якості продукції протягом усього терміну її придатності.

Для реалізації зазначених переваг логістичних центрів необхідно застосувати відповідні логістичні моделі, що дозволяють оцінити ефективність запропонованих конфігурацій ланцюга постачання за ключовими критеріями:

- мінімізація вартості доставки вантажу;
- скорочення часу доставки;

- зменшення загального пробігу транспортних засобів, задіяних у перевезенні;
- оптимізація кількості ланок у ланцюгу постачання.

Для розроблення моделі постачання швидкопсувної харчової продукції за основу взято діючу модель транспортно-експедиційної компанії ФОП «ПИ-ТРЕНКО І.В.», яка обслуговує одну з роздрібних торговельних мереж м. Львова. Структура мережі включає два розподільчі центри, що обробляють замовлення торговельних точок.

Окрім продукції місцевих виробників, до магазинів торговельної мережі постачається також продукція підприємств Тернопільської області.

У процесі постачання задіяно два транспортні засоби з такими характеристиками вантажних відсіків:

Mercedes-Benz Atego 1530 L (габарити Д×Ш×В: 5800×2460×2300 мм);

MAN TGL 8.180 4X2 BL (габарити Д×Ш×В: 5870×2240×2530 мм).

Складування продукції здійснюється на дерев'яних піддонах розміром 1210×810 мм із застосуванням армованих пластикових ящиків системи Tetra Rex для молочних пакетів. Габарити ящиків складають 392×364×298 мм; середнє завантаження — 12 кг продукції. На одному піддоні розміщується шість ящиків у чотири яруси.

Автомобіль Mercedes-Benz Atego 1530 L обслуговує 9 торгових точок, здійснюючи постачання товару від виробника по заданій транспортній мережі.

Для моделювання обрано два транспортні засоби:

– Mercedes-Benz Atego 1530 L, що обслуговує 9 торгових точок у зоні відповідальності РЦ-1; протяжність маршруту постачання складає 20,54 км;

– MAN TGL 8.180 4X2 BL, що обслуговує 13 торгових точок і здійснює постачання від виробника до РЦ-1 з подальшим розвезенням по транспортній мережі.

Для автомобіля MAN TGL 8.180 при обслуговуванні 13 торгових точок у зоні РЦ-2 розрахункова протяжність маршруту складає 32,03 км.

Таблиця 2.1 – Маршрутна схема руху транспортних засобів для постачання ШПХ

Транспортний засіб	Маса вантажу	Точки доставки	Примітка
		<hr/> <hr/> <hr/>	Базовий маршрут
		<hr/> <hr/> <hr/>	Базовий маршрут

Рисунок 2.1 – Візуалізація маршруту для РЦ-1 у веб-платформі «AntLogistics»

Рисунок 2.2 – Візуалізація маршруту доставки для РЦ-2 у веб-платформі «AntLogistics»

2.2 Оптимізація схем постачання методом потенціалів

Для удосконалення діючої мережі постачання, що включає два розподільчі центри (РЦ-1 та РЦ-2) і 22 торгові точки, застосовано метод потенціалів. Вихідні дані представлено у табличній формі із зазначенням відстаней між кореспондуючими пунктами мережі. Визначення відстаней здійснено за допомогою цифрової картографічної платформи VISICOM з використанням GPS-координат.

Виконуємо кодування відстаней між пунктами мережі у символічні позначення для уніфікації системи виміру та спрощення обчислень:

Таблиця 2.2 – Матриця відстаней між пунктами мережі постачання

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B22
A1	1,9	4,6	5	5,1	4,4	11,5	9,5	9,8	7,6	7,8	8	9,1	5,4	5	7,7	8,3	9,6	6,1	6,2	11,8	11,7	12,5
A2	9,2	8,1	7,9	5	6,2	4,4	2,4	3,2	7	7	6,9	6,2	9,1	6,6	6,8	6,5	5,8	5,9	6,2	1,2	4	3,2

Таблиця 2.3 – Кодована матриця відстаней між пунктами мережі

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	B20	B21	B22
A1	1,9	4,6	5	5,1	4,4	11,5	9,5	9,8	7,6	7,8	8	9,1	5,4	5	7,7	8,3	9,6	6,1	6,2	11,8	11,7	12,5
A2	9,2	8,1	7,9	5	6,2	4,4	2,4	3,2	7	7	6,9	6,2	9,1	6,6	6,8	6,5	5,8	5,9	6,2	1,2	4	3,2

Після визначення всіх індексів v_j здійснюється перевірка рішення на оптимальність шляхом порівняння значень l_{ij} з відповідними різницями ($v_j - u_i$). Якщо виконується умова $l_{ij} \geq v_j - u_i$ для всіх заповнених клітинок матриці, отримане рішення є оптимальним. Обчислені значення v_j визначають найкоротшу відстань від початкового пункту A_1 до пункту призначення A_j .

Таблиця 2.4 – Значення потенціалів пунктів транспортної мережі

	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	v_6	v_7	v_8	v_9	v_{10}	v_{11}	v_{12}	v_{13}	v_{14}	v_{15}	v_{16}	v_{17}	v_{18}	v_{19}	v_{20}	v_{21}	v_{22}
	1,9	6,5	6,9	7	6,3	10,9	8,9	9,7	9,5	9,7	9,9	11	7,3	6,9	9,6	10,2	11,5	8	8,1	7,7	10,5	9,7
$u_1 = 1,9$	1,9	4,6	5	5,1	4,4	11,5	9,5	9,8	7,6	7,8	8	9,1	5,4	5	7,7	8,3	9,6	6,1	6,2	11,8	11,7	12,5
$u_2 = 6,5$	9,2	8,1	7,9	5	6,2	4,4	2,4	3,2	7	7	6,9	6,2	9,1	6,6	6,8	6,5	5,8	5,9	6,2	1,2	4	3,2

За критерій оптимізації обрано мінімальну протяжність маршруту транспортної мережі. Результат оптимізації: $L_{\min} = 9,7$ км (послідовність: 22-1,8-1,8-1,10-1,22-1,10-1,8-1).

2.3 Удосконалення схем постачання із застосуванням логістичних центрів

Аналіз розглянутих моделей постачання засвідчив, що діюча в торговельній мережі схема є оптимальною за низкою показників. Згідно з цією схемою, постачальник з м. Тернополя здійснює відвантаження продукції в торговельну мережу з періодичністю один раз на два тижні. При цьому торговельна мережа має забезпечити ритмічне споживання швидкопсувної продукції без її накопичення на складах.

Транспорт постачальника послідовно здійснює доставку продукції до кожного з розподільчих центрів.

Водночас концепція логістичного центру передбачає взаємодію з кількома виробниками продукції та декількома транспортними компаніями. За умови постачання ШПХ від декількох виробників постає питання оптимального формування замовлень для кожного конкретного постачальника.

Рисунок 2.3 – Візуалізація маршруту доставки через логістичний центр у веб-платформі «AntLogistics»

Рисунок 2.4 – Розрахунок відстані від логістичного центру до складу у веб-платформі «AntLogistics»

Рисунок 2.5 – Проектна модель постачання ШПХ через логістичний центр у середовищі веб-платформи «AntLogistics»

Для автомобіля MAN TGL 8.180 за умови обслуговування всієї спроектованої мережі торгових точок у межах діяльності логістичного центру протяжність маршруту доставки складає 47,48 км.

Відповідно до проектної моделі постачання швидкопсувної харчової продукції передбачається виконання магістральних перевезень від складу виробника до логістичного центру вантажним автомобілем з напівпричепом категорії N_3 . Як альтернативний варіант пропонується використання автомобілів категорії N_2 у складі автопоїзда з причепом.

3 ПРОЕКТУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ МОДЕЛЕЙ ТРАНСПОРТУВАННЯ ШВИДКОПСУВНОЇ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

3.1 Компаративний аналіз конфігурацій логістичних ланцюгів для термолабільних харчових товарів

Вибір транспортних засобів та технологій доставки термолабільної харчової продукції визначається комплексом факторів: типом товару, обсягами партій, характеристиками тари та специфічними властивостями вантажу. На підставі цих параметрів формуються оптимальні маршрути та схеми перевезення швидкопсувних продуктів харчування (далі — ШПХ).

Логістичний оператор постійно стикається з необхідністю вибору оптимальної конфігурації ланцюга постачання. Для прийняття обґрунтованого рішення слід враховувати наступні ключові критерії:

- транспортні витрати на переміщення вантажу;
- дотримання встановлених термінів доставки та пунктуальність;
- оперативність та безвідмовність перевезень з урахуванням технічних і людських факторів;
- забезпечення належних якісних характеристик продукції протягом усього транспортного циклу;
- адаптивність перевізника до нестандартних запитів замовника (формування індивідуальних маршрутів тощо).

Оптимізація логістичних схем безпосередньо впливає на конкурентні позиції транспортної компанії та формування кінцевої ціни продукції для споживача.

Згідно з усталеними визначеннями, автомобільні перевезення являють собою елемент виробничого циклу, що забезпечує просторове переміщення вантажів та пасажирів рухомим складом.

Структура кінцевої вартості доставки формується під впливом багатьох чинників. Транспортна складова може становити значну частку при значних відстанях перевезення. Суттєвий вплив на загальну вартість мають також витрати на складське зберігання, що визначаються тривалістю перебування товару на розподільчих або логістичних терміналах.

Систематизація наявних даних дозволяє констатувати, що домінуючими моделями є пряма доставка виробником та доставка із залученням посередницьких структур. Кожен із варіантів характеризується специфічними перевагами та обмеженнями.

На рисунку 3.1 представлено класичну модель прямих поставок від виробника. Ця конфігурація передбачає безпосередню взаємодію кількох виробників із мережею дрібних або середніх споживачів (роздрібні торговельні мережі, окремі магазини).

За такої моделі замовник формує прямі договірні відносини з кожним виробником окремо, а товаропотік організовується виключно на замовлення споживача. Подібна організація є вигідною для виробника з огляду на ряд обставин:

- формування великих консолідованих замовлень;
- встановлення довготривалих партнерських відносин на контрактній основі;
- географічна близькість контрагентів, що забезпечує можливість частих поставок та гарантує свіжість ШПХ.

Організаційні засади процесу постачання базуються на таких принципах:

- застосування спеціалізованого рухомого складу — автомобілів-рефрижераторів для транспортування термолабільної продукції;
- безпосередня доставка ШПХ кінцевому замовнику (торговельна мережа, окремі торгові точки);

- виконання транспортних функцій замовником, виробником або залученим перевізником.

За умови відсутності посередницьких ланок така модель є взаємовигідною для всіх учасників процесу (рис. 3.1).

Водночас при значній географічній віддаленості виробничих потужностей від споживача та замовленні невеликих партій товару економічна доцільність такої співпраці суттєво знижується.

Рисунок 3.1 – Модель прямих поставок ШПХ за схемою «виробник – споживач»

Альтернативним підходом є організація постачання ШПХ через посередницькі структури в межах «холодного ланцюга» (cold chain). Схему такої конфігурації наведено на рисунку 3.2.

На рисунку 3.3 представлено модель постачання ШПХ до роздрібної мережі, характерну для великих торговельних операторів у середніх та малих містах.

Принципова відмінність розподільного центру від логістичного полягає в тому, що перший є структурним підрозділом торговельної мережі, а не самостійним господарюючим суб'єктом.

Ще одним варіантом організації «холодних ланцюгів» є залучення спеціалізованих логістичних операторів (рис. 3.4).

Рисунок 3.2 – Модель непрямих поставок ШПХ за схемою «виробник – посередник – споживач»

Рисунок 3.3 – Модель постачання ШПХ до роздрібної мережі через розподільчі центри

Рисунок 3.4 – Комбінована модель постачання ШПХ із застосуванням розподільчих та логістичних центрів

Розглянуті вище конфігурації постачання, зокрема для молочної галузі, демонструють механізми взаємодії постачальників та замовників. Такі схеми орієнтовані переважно на великих виробників із чітко структурованою вертикаллю постачань.

В сучасних ринкових умовах найбільш раціональною визнається модель 5 (рис. 3.5), що передбачає централізоване постачання через логістичний центр.

Рисунок 3.5 – Модель централізованого постачання до роздрібною мережі через логістичний хаб

Інтенсивний розвиток «логістичних хабів» та їх висока операційна ефективність стали можливими завдяки впровадженню передових інформаційних технологій. Серед європейських платформ варто виділити «EUnet», «SMILE»,

Таблиця 3.1 – Систематизація моделей управління вантажними потоками

Модель	Територіальне охоплення	Рівень деталізації	Ступінь агрегування	Категорія центру
SAMGODS / NEMO	національний	макрорівень	висока агрегація	DLH, TLH
SMILE	національний	макрорівень	висока агрегація	DLH
SLAM	національний	макрорівень	висока агрегація	DLH
EUnet	національний	макрорівень	висока агрегація	DLH
LAMTA	міський / регіональний	макрорівень	висока агрегація	DLH, TLH
CMAP	міський / регіональний	макрорівень	висока агрегація	DLH, TLH
FAME	національний	макро/мезорівень	висока агрегація	DLH, TLH
GoodTrip	міський	макрорівень	висока агрегація	DLH
WIVER	регіональний	макрорівень	висока агрегація	DLH

«Spatial Logistics Appended Module (SLAM)», «SAMGODS» та «NEMO».

Таблиця 3.2 – Техніко-експлуатаційні параметри логістичних хабів

Параметри логістичної інфраструктури		
Базові транспортні показники	Мережева інтеграція та транспортні ланцюги	Транспортні та перевантажувальні потужності
<ul style="list-style-type: none"> Загальна територія Площа перевантажувального терміналу Площа зони складування Максимальна пропускна спроможність Річний обсяг вантажообробки Кількість доків для місцевих та магістральних перевезень 	<ul style="list-style-type: none"> Географічна локація Координація місцевого та міжміського транспорту Резервні потужності Щільність транспортної мережі Топологія мережі 	<ul style="list-style-type: none"> Номенклатура вантажів Склад та обсяг підйомно-транспортного обладнання Завантажувальні шлюзи (вхід/вихід) та їх пропускна здатність
Транспортні характеристики та продуктивність		
Види транспорту та інфраструктурне забезпечення		
<ul style="list-style-type: none"> Мультимодальна взаємодія Типи транспортних засобів за режимами перевезень Чисельність рухомого складу Продуктивність транспортних операцій Максимальна та середня дальність місцевих і магістральних перевезень Структура вхідних та вихідних потоків Коефіцієнт завантаження транспорту Частка порожніх пробігів 		
Організаційні параметри		
Структура управління логістичним центром		
<ul style="list-style-type: none"> Організаційно-правова форма (тип логістичного центру) Цільовий клієнтський сегмент Структура власності та управління Конкурентні переваги локації Штатна чисельність персоналу Кількість резидентів центру (підприємств-партнерів) 		

Висока результативність зазначених моделей «логістичних хабів», їх доступність та інтеграція з новітніми цифровими технологіями забезпечили їх широке впровадження у практику вантажної логістики.

Таблиця 3.3 – Статистичні показники логістичних центрів країн Європейського Союзу

Показник	Од. виміру	Квартиль I	Квартиль II	Квартиль III	Середнє	Вибірка
Загальна площа території	м ²	8000	24000	45000	34200	131
Площа перевантажувального терміналу	м ²	1300	+3300	8000	7600	127
Площа зони зберігання	м ²	1200	4000	15000	7000	115
Доки для місцевого транспорту	од.	10	22	57	37	78
Доки для магістральних перевезень	од.	7	15	35	27	75
Максимальна пропускна спроможність	тонн	180	30000	250000	265000	56
Рівень завантаження потужностей	%	71	88	96	77	71
Транспорт для місцевого забезпечення	од.	18	37	70	50	153
Частка власного транспорту (регіон)	%	0	35	90	38	56
Транспорт для магістральних перевезень	од.	13	38	71	56	141
Частка власного транспорту (магістралі)	%	0	24	100	44	54
Задіяний персонал (регіональні рейси)	осіб	15	42	90	66	135
Задіяний персонал (магістральні рейси)	осіб	10	30	60	46	137
Частка порожніх пробігів	%	10	10	20	14	44

Логістичні центри класифікуються за двома основними категоріями: розподільчі логістичні центри зберігання (Distribution Logistics Hub — DLH) та транспортні логістичні центри (Transport Logistics Hub — TLH).

За результатами проведених досліджень сформовано типологічну характеристику логістичних центрів, яка може слугувати базою даних для проектування маршрутів доставки термолабільних вантажів та систематизації вхідної інформації.

Фундаментом такої характеристики є техніко-економічні параметри логістичних центрів та більш потужних «логістичних хабів» (табл. 3.3).

Порівняльний аналіз параметрів засвідчує, що логістичні центри та хаби мають суттєві переваги над розподільчими центрами, головною з яких є можливість комплексного обслуговування замовника: транспортування, складування,

митний супровід та зберігання продукції.

3.2 Напрями підвищення результативності доставки термолабільної харчової продукції

Запропонована модель забезпечує постачання ШПХ через централізований логістичний центр, який в межах «холодного ланцюга» заміщує розгалужену систему посередників. Ключовою метою впровадження логістичних центрів є підвищення операційної ефективності та зниження сукупних витрат на постачання. Результативність моделі оцінюється за комплексом кількісних показників.

Сучасна парадигма логістики базується на тезі, що конкурують не окремі виробники чи компанії, а інтегровані ланцюги постачання (supply chain management).

Керівництво сучасних логістичних центрів здійснює оперативне реагування на ринкову кон'юнктуру та бере участь в управлінні ключовими процесами:

- забезпечення своєчасного виконання замовлень;
- комунікація із замовниками та споживачами ШПХ;
- підвищення якості сервісу через механізми зворотного зв'язку;
- наскрізний контроль та реалізація поставок;
- оптимізація транспортних потоків відповідно до потреб клієнтів;
- моніторинг ринкового попиту та його оперативне задоволення;
- контроль логістичних операцій на всіх етапах доставки.

На думку галузевих експертів, найбільш критичними процесами в управлінні «холодним ланцюгом» є не лише клієнтське обслуговування, але й обробка замовлень та безпосередня реалізація поставок.

При проектуванні ланцюгів постачання розглядаються різні організаційні варіанти. Втім, ключовим завданням залишається концентрація кваліфікованого персоналу в єдиному логістичному центрі. Пропонована конфігурація «холодного ланцюга» відповідає актуальним трендам галузі та забезпечує максимальну ефективність.

На рисунку 3.6 представлено структурну схему логістичного центру, що здійснює дистанційне управління постачаннями ШПХ від виробника до замовника із залученням посередницьких сервісів.

Ключовими функціями логістичного центру є забезпечення транспортними ресурсами та управління логістичними процесами.

Рисунок 3.6 – Організаційна структура логістичного центру

Серед переваг такої організаційної моделі — можливість залучення малих виробників та перевізників, які можуть надавати супутні послуги: документальний супровід, правову підтримку, оренду складських потужностей та технічних засобів.

Впровадження централізованого логістичного центру забезпечує:

- оперативність та гнучкість управлінських рішень;
- елімінацію дублюючих операцій у логістичному ланцюгу;
- мінімізацію надлишкових запасів;
- підтримання належної якості продукції завдяки швидкості доставки;
- скорочення прямих та непрямих логістичних витрат.

Рисунок 3.7 – Функціональна карта логістичних центрів та напрями їх діяльності

Відповідно до функціонального призначення та напрямів діяльності логістичні центри поділяються на три категорії (рис. 3.7):

- стратегічне та оперативне управління ланцюгами постачання ШПХ;
- розробка інноваційних стратегій розвитку;
- надання додаткових сервісних послуг.

Найбільш комплексна оцінка ефективності системи постачання ШПХ базується на аналізі сукупних витрат; за умови паритету витрат порівнюються якісні параметри та швидкість доставки.

Ефективність логістичних процесів визначається співвідношенням отриманого результату (P) до витрат на його досягнення (S):

$$E = \frac{P}{S} \rightarrow \max \quad (3.1)$$

Для верифікації ефективності запропонованих моделей постачання проведено експертне опитування 10 фахівців галузі логістики ШПХ.

Обробка результатів здійснена методом експертних оцінок за п'ятибальною шкалою («5» — «відмінно», «4» — «добре», «3» — «задовільно», «2» — «незадовільно», «1» — «критично»). Для забезпечення порівнянності показників застосовано вагові коефіцієнти, що відображають значущість кожного критерію.

Таблиця 3.4 – Експертна оцінка моделей постачання ШПХ для міського сполучення (м. Львів)

Критерій оцінювання	Модель №				
	1	2	3	4	5
Коефіцієнт використання пробігу	3,9	2,1	3,9	3,9	4,9
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	4,8	2	4,1	4,1	5
Тривалість циклу доставки	4,9	2,1	4	4	4
Швидкість документообігу та інформаційного обміну	5	2,3	3,3	3,3	4,9
Надійність (доставка just-in-time)	5	2	4,3	4,3	4,9
Збереження якості ШПХ під час транспортування	5	1,8	3,9	3,9	4,9
Витрати на управління доставкою	4,1	3,3	3,8	3,7	4,9
Витрати на виконання логістичних операцій	4,7	1,9	3,6	3,6	4,3

Оцінювання моделей постачання здійснювалось для трьох рівнів територіального охоплення:

- міське сполучення;
- регіональне та національне сполучення;
- міжнародне сполучення в межах торговельних союзів.

Порівняльний аналіз альтернативних моделей постачання наведено в таблицях 3.4–3.8.

Таблиця 3.5 – Вагові коефіцієнти критеріїв оцінювання для міського сполучення

КРИТЕРІЙ	ВАГА
Коефіцієнт використання пробігу	0,12
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,12
Тривалість циклу доставки ШПХ	0,1
Швидкість документообігу та інформаційного обміну	0,1
Надійність (доставка just-in-time)	0,12
Збереження якості ШПХ під час доставки	0,19
Витрати на управління доставкою	0,1
Витрати на виконання логістичних операцій	0,17

Таблиця 3.6 – Експертна оцінка моделей постачання ШПХ для регіонального сполучення

Критерій оцінювання	Модель №				
	1	2	3	4	5
Коефіцієнт використання пробігу	2	2,4	3,5	3,4	5
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	2,5	2,2	4	3,9	5
Тривалість циклу доставки	5	3	5	5	5
Швидкість документообігу та інформаційного обміну	4,9	3	4,9	4,9	4,9
Надійність (доставка just-in-time)	4,9	2	5	5	5
Збереження якості ШПХ під час доставки	4,9	2	4,1	4	4,9
Витрати на управління доставкою	3,3	3,9	3,8	3,7	4,8
Витрати на виконання логістичних операцій	3	2,4	4,3	4,3	5

Таблиця 3.7 – Вагові коефіцієнти критеріїв оцінювання для регіонального сполучення

КРИТЕРІЙ	ВАГА
Коефіцієнт використання пробігу	0,13
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,11
Тривалість циклу доставки ШПХ	0,1
Швидкість документообігу та інформаційного обміну	0,09
Надійність (доставка just-in-time)	0,12
Збереження якості ШПХ під час доставки	0,19
Витрати на управління доставкою	0,1
Витрати на виконання логістичних операцій	0,17

Таблиця 3.8 – Експертна оцінка моделей постачання ШПХ для міжнародного сполучення

Критерій оцінювання	Модель №				
	1	2	3	4	5
Коефіцієнт використання пробігу	2,3	2,3	3,5	3,4	5
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	2,5	2,2	4	3,9	5
Тривалість циклу доставки	5	3	5	5	5
Швидкість документообігу та інформаційного обміну	4,9	3	4,9	4,9	4,9
Надійність (доставка just-in-time)	4,9	2	5	5	5
Збереження якості ШПХ під час доставки	4,9	2	4	3,9	5
Витрати на управління доставкою	3,3	3,9	3,8	3,7	4,8
Витрати на виконання логістичних операцій	3	2,4	4,3	4,3	5

Таблиця 3.9 – Вагові коефіцієнти критеріїв оцінювання для міжнародного сполучення

КРИТЕРІЙ	ВАГА
Коефіцієнт використання пробігу	0,13
Коефіцієнт використання вантажопідйомності	0,11
Тривалість циклу доставки ШПХ	0,1
Швидкість документообігу та інформаційного обміну	0,09
Надійність (доставка just-in-time)	0,12
Збереження якості ШПХ під час доставки	0,19
Витрати на управління доставкою	0,1
Витрати на виконання логістичних операцій	0,17

З урахуванням вагових коефіцієнтів розраховано інтегральну оцінку кожної моделі постачання (табл. 3.10).

Аналіз результатів дозволяє констатувати, що оптимальними є моделі 1 та 5.

Для міжрегіональних перевезень модель 5 демонструє найвищу ефективність. Наявність логістичного центру в її структурі підвищує організаційну складність порівняно з моделлю 1, проте забезпечує оптимальну координацію між виробниками та постачальниками.

Ефективність логістичних центрів підтверджується за виконання таких умов:

- прозора та стабільна нормативно-правова база регулювання відносин у

Схема постачання Сполучення	№ 1	№2	№3	№4	№5
	міське	4,69	2,20	3,78	3,79
регіональне	3,81	2,62	4,31	4,19	4,94
міжнародне	3,92	2,49	4,19	4,31	4,98

Таблиця 3.10 – Інтегральна оцінка моделей постачання сфері постачання;

- наявність парку спеціалізованого ізотермічного транспорту;
- застосування спеціалізованого складського обладнання та сучасних інформаційних систем.

3.3 Удосконалення вимог до спеціалізованого рухомого складу для внутрішніх перевезень ШПХ

Незважаючи на участь країн у Угоді СПС (Угода про міжнародні перевезення швидкопсувних харчових продуктів та про спеціальні транспортні засоби, що використовуються для цих перевезень), нормативна база все ще потребує гармонізації. Особливо актуальною є проблема стандартизації та сертифікації транспортних засобів. Зокрема, вимоги до сертифікації ізотермічних автомобілів для міжнародних перевезень є достатньо жорсткими, тоді як для внутрішніх перевезень молочної продукції такі вимоги фактично відсутні.

Таким чином, існує нагальна потреба в розробці стандартизованих вимог до автотранспортних засобів для перевезення ШПХ, гармонізованих з вимогами країн-учасниць СПС.

Для внутрішньодержавних перевезень характерні значні транспортні плечі. Водночас застосування різних стандартів для внутрішніх та міжнародних

Таблиця 3.11 – Порівняльний аналіз вимог до сертифікації ізотермічного транспорту для внутрішніх перевезень ШПХ

Країна	Учасник СПС	Наявність системи контролю для внутрішніх перевезень	Примітки
Велика Британія	ТАК	НІ	Діє жорсткий санітарний контроль, що стимулює перевізників використовувати транспорт, відповідний вимогам СПС
Німеччина	ТАК	ТАК	Внутрішні вимоги перевищують стандарти СПС
Іспанія	ТАК	ТАК	Внутрішні вимоги базуються на стандартах СПС
Португалія	ТАК	ТАК	Внутрішні вимоги базуються на стандартах СПС
Україна	ТАК	НІ	Система контролю ізотермічного транспорту для внутрішніх перевезень відсутня
Франція	ТАК	ТАК	Акцент на періодичності технічних оглядів

перевезень ШПХ призводить до необхідності повторних випробувань та отримання множинних дозвільних документів. Часові та фінансові витрати на сертифікацію відображаються на кінцевій вартості продукції.

З огляду на це, гармонізація внутрішніх стандартів з міжнародними є пріоритетним завданням. Такий підхід усуває потребу в розробці окремих стандартів, а акредитовані випробувальні лабораторії та міжнародні експерти вже проводять сертифікацію на території України (наразі лише для міжнародних перевезень). Процедури сертифікації та протоколи випробувань потребують приведення у відповідність до вимог СПС.

Періодичний технічний огляд ізотермічного транспорту здійснюється для

забезпечення безпечної експлуатації. Такі огляди проводяться уповноваженими органами з видачею відповідного свідоцтва.

У цьому контексті слід враховувати кліматичні особливості регіону. Для території України характерними є значні добові та сезонні температурні амплітуди.

Оптимізація термінів сертифікації відповідає нормам Директиви ЄС 96/96, яка передбачає звільнення від періодичних технічних оглядів протягом перших 4 років експлуатації з подальшою періодичністю раз на два роки.

За офіційними даними, перевізники ШПХ у 15 з 20 країн-учасниць Угоди про вільну торгівлю проводять випробування на власній вимірювальній базі, інші країни здійснюють сертифікацію транспорту на договірних засадах.

3.4 Верифікація моделі постачання ШПХ за критерієм мінімізації загального пробігу

Для обґрунтування оптимальної моделі постачання ШПХ із застосуванням логістичного центру використано веб-платформу «AntLogistics». Базою для моделювання за критерієм мінімального пробігу слугували показники діяльності транспортно-експедиційної компанії ФОП «ПИТРЕНКО І.В.», яка здійснює доставку молочної продукції замовникам у Львівській області з виробничих потужностей компанії «Молокія» (Тернопільська область).

3.4.1 Функціональні можливості та інтерфейс веб-платформи «AntLogistics»

Для моделювання логістичних операцій застосовано веб-платформу «AntLogistics» українського виробництва. Продукт характеризується широким функціоналом та зручними засобами візуалізації, що забезпечує наочне відображення розташування точок доставки та маршрутів транспортних засобів на цифровій карті.

Платформа дозволяє прив'язати до електронної карти торговельні мережі, окремі точки продажу, складські об'єкти, станції технічного обслуговування транспорту тощо.

Серед переваг сервісу — багатовекторність моделей постачання. При формуванні маршрутів враховуються такі параметри:

типи транспортних засобів, їх вантажопідйомність, витрата пального, закріплені водії та габаритні характеристики;

інформація про клієнтів, товарна номенклатура, маси та габарити вантажів, формування маршрутних листів та супровідної документації;

часові обмеження для ШПХ, графіки роботи транспорту, можливість коригування маршрутів;

оптимізація маршрутів за критеріями: мінімальний час доставки, найменша відстань, категорія дорожнього покриття тощо.

Рисунок 3.8 – Головний інтерфейс веб-платформи «AntLogistics»

Програмний продукт має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що складається з: верхньої панелі управління (А), вікна цифрової карти (В), бічної панелі з контекстним меню «Довідники» та «Документи» (D), панелі інструментів (С).

У верхній частині вікна розташоване головне меню та елементи управління функціями. Центральну частину інтерфейсу займає цифрова карта з візуалізацією замовників та складів.

Розділ меню «Довідники» є сховищем інформації, необхідної для форму-

Рисунок 3.9 – Алгоритм формування ланцюга постачання у веб-платформі «AntLogistics»

Рисунок 3.10 – Додавання базового складу логістичного центру до системи «AntLogistics»
вання документів — заявок та розрахункових маршрутів. Структура довідника включає:

- торговельні точки мережі (з геоприв'язкою);
- складські об'єкти (з геоприв'язкою);
- транспортні засоби (з прив'язкою до бази).

Усі розділи меню містять необхідну інформацію: дані про склади та торгові точки з GPS-координатами, характеристики транспортних засобів — вантажопідйомність, графіки роботи тощо (рис. 3.11).

Рисунок 3.11 – Прив’язка транспортного засобу до логістичного складу

Крім базових довідників, система містить «Додаткові довідники» з допоміжною інформацією:

- торговельні мережі та точки продажу;
- сервісні центри для транспорту (інтервали ТО);
- географічні зони та регіональний поділ;
- база персоналу;
- реєстр GPS-трекерів.

Пункт меню «Інструменти» призначений для роботи з великою кількістю торгових точок та формування замовлень за різними ознаками — групами доставки, товарними категоріями тощо.

Розділ «Документи» містить заявки на постачання товарів. Тут же зберігається інформація про торгові точки та транспорт, на основі якої формуються заявки та розраховуються маршрути на визначену дату.

Рисунок 3.12 – Форма створення заявки для групи торговельних точок

На основі сформованої заявки система розраховує маршрут доставки з можливістю встановлення пріоритетів та коригування точок маршруту (рис. 3.12). Також доступний вибір категорії доріг для прокладання маршруту.

Рисунок 3.13 – Інтерфейс модуля формування та оптимізації маршруту доставки

4 ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНИМИ ПРОЦЕСАМИ

4.1 Роль інформаційних систем у сучасному транспортному секторі

Транспортна інфраструктура у широкому контексті являє собою ключову ланку логістичної системи, що забезпечує фізичне переміщення товарів між учасниками економічних відносин – виробниками, постачальниками та кінцевими споживачами – у межах глобальних ланцюгів постачання. Водночас внутрішньовиробничий транспорт відповідає за переміщення матеріальних ресурсів безпосередньо на території підприємств, тобто функціонує на мікрологістичному рівні.

За своєю функціональною сутністю транспорт виступає рушійною силою матеріального потоку, забезпечуючи його фізичне переміщення між організаціями. Транспортна логістика повинна тісно координувати свою діяльність із закупівельною, збутовою та розподільчою функціями, а також з інформаційною підсистемою логістичного управління.

Вітчизняні транспортні підприємства, особливо ті, що здійснюють міжнародні перевезення, першими усвідомили критичну необхідність цифровізації виробничих процесів. Стало очевидним, що конкурентоспроможність сучасних транспортних компаній безпосередньо залежить від рівня впровадження інформаційних технологій.

Провідні світові транспортно-логістичні та дистриб'юторські компанії сьогодні орієнтуються на використання комплексних інтегрованих інформаційних платформ. Розробкою таких рішень займаються спеціалізовані ІТ-компанії. У країнах Європейського Союзу та Північної Америки існує розвинений ринок програмного забезпечення для автоматизації управління транспортними операціями.

Дедалі більшого поширення набуває технологія диференційованого економічного обліку транспортних засобів із аналітикою продуктивності, рентабельності та оптимізацією використання через планування ремонтів, списання й комбінування маршрутів. Диференційований моніторинг на маршруті за до-

помогою бортових комп'ютерних систем та електронного обміну даними дозволяє суттєво прискорити інформаційні потоки, відмовитися від паперових супровідних документів і таким чином досягти значної економії коштів.

На сучасних транспортних засобах встановлюються цифрові тахографи та бортові обчислювальні комплекси з електронними носіями інформації, що забезпечують автоматизований облік роботи автомобіля і водіїв, оперативний контроль дотримання режимів праці та відпочинку. Крім того, важливу роль відіграють програмні модулі маршрутизації, калькуляції собівартості, оптимізації завантаження транспорту та управління запасними частинами. Ці інструменти дозволяють виконувати розрахунки протяжності маршрутів, часу проходження, зупинок на митних переходах та заправних станціях, оперативно оцінювати дорожні умови та витрату пального. Наприклад, програмний пакет MS Auto-Route Express являє собою електронний атлас Європи з інтегрованою базою даних населених пунктів та автошляхів, призначений для планування автомобільних і залізничних маршрутів з візуалізацією схеми руху та детальним описом проходження.

Серед вітчизняних розробок варто відзначити геоінформаційні системи, зокрема ГІС-платформи українських міст (Київ, Львів, Одеса тощо), які активно застосовуються для оптимізації маршрутів. Сучасний ринок пропонує також галузеві рішення на базі платформ типу «1С: Підприємство 8», що охоплюють специфічні потреби різних секторів економіки.

Такі конфігурації призначені для комплексної автоматизації обліку та аналізу бізнес-процесів виробничих і торговельних компаній. Системи охоплюють широкий спектр управлінських завдань – від приймання та обробки замовлень до аналізу фінансових результатів діяльності. Типова конфігурація включає кілька функціональних інтерфейсів: управління замовленнями, планування доставок, ведення договорів.

Модуль планування доставок безпосередньо пов'язаний із транспортною складовою діяльності. Він надає оператору можливість оперативно розподіляти узгоджені замовлення по транспортних засобах, а також формувати транспортні

картки з адресами та часовими вікнами доставки.

Прикладом вітчизняної розробки в галузі телематичного контролю транспорту є система «Каньйон» – апаратно-програмний комплекс для підвищення ефективності експлуатації автомобільної та будівельної техніки в частині контролю виконання транспортних завдань та економії паливно-мастильних матеріалів. Система складається з бортового мікропроцесорного блоку, який фіксує в енергонезалежній пам'яті дані з вбудованого GPS/GNSS-приймача (координати маршруту руху) та параметри від штатного електрообладнання і додаткових датчиків. Накопичені дані передаються в центральну інформаційну систему після завершення рейсу. Комплекс призначений для вирішення широкого кола задач управління автотранспортним підприємством завдяки реєстрації первинної інформації про маршрут, швидкість руху, місця та тривалість зупинок.

Сучасні програмно-апаратні засоби телематики знаходять широке застосування в усьому світі. В Україні активно розвиваються власні рішення на базі глобальних навігаційних систем GPS та європейської системи Galileo, які забезпечують точне позиціонування транспортних засобів та інтеграцію з логістичними платформами.

4.2 Огляд систем управління транспортною логістикою

Логістичний підрозділ є однією з ключових структурних одиниць сучасного виробничого чи торговельного підприємства. Від чіткості, пунктуальності та злагодженості роботи цієї ланки залежить ефективність усього бізнесу та рівень задоволеності клієнтів. Впровадження спеціалізованих систем управління транспортом дозволяє компаніям ефективно вирішувати виробничі завдання та оптимізувати транспортні витрати, що постійно зростають.

Розглянемо наявні на ринку програмні продукти та онлайн-сервіси, здатні допомогти компаніям в управлінні транспортними перевезеннями. При виборі такого рішення слід враховувати низку ключових критеріїв та функціональних особливостей.

TMS (Transport Management System) – системи управління транспортною логістикою – допомагають компаніям здійснювати переміщення вантажів від місця зберігання до пункту призначення ефективно, надійно та з оптимальними витратами. Функціонал TMS охоплює операції ввезення та вивезення вантажів із використанням як власного автопарку, так і залучених перевізників. Обсяги вантажів, що обробляються, варіюються від дрібних відправлень до повнозавантажених фур.

Жодна інша ланка ланцюга постачання не пропонує стільки можливостей для скорочення витрат. Основна мотивація впровадження TMS полягає саме у зниженні транспортних витрат. Правильно підібрана система забезпечує економію завдяки аналітиці існуючих процесів та їх подальшій оптимізації.

Чим довше компанія використовує систему управління транспортом, тим більше часу вивільняється від рутинних операцій для роботи над стратегічними проектами. Крім того, інтеграція TMS з іншими корпоративними системами, такими як ERP, мінімізує ризик помилок при введенні даних та усуває необхідність їх ручного коригування. У поєднанні з системою управління складом (WMS) формується комплексна платформа управління ланцюгом постачання, що забезпечує прийняття обґрунтованих рішень для подальшого зниження витрат та підвищення загальної ефективності.

Antor LogisticsMaster

Програмний комплекс Antor LogisticsMaster забезпечує планування оптимальних маршрутів руху транспорту з урахуванням моделі транспортної мережі, обмежень на в'їзд до окремих міських зон, а також параметрів вантажу та специфіки його перевезення. Рішення сприяє оптимізації та прискоренню процесів планування і доставки продукції, скороченню задіяного персоналу та транспортних витрат завдяки оперативному формуванню раціональних маршрутів, повному завантаженню та ефективному використанню транспорту.

У повсякденній роботі логісти змушені враховувати численні параметри та обмеження: від характеристик вантажів і прив'язки рейсів до картографічної основи, транспортного графіка та адресної бази до специфіки взаємодії з клі-

ентами. Весь процес планування маршрутів доставки займає не більше 40–50 хвилин.

Серед недоліків користувачі відзначають непрозоре ціноутворення (вартість не публікується відкрито). На українському ринку система представлена під брендом **АСТОР: TMS**. Доступна мобільна версія сервісу.

MapXPlus Distribution

Продукт забезпечує розрахунок та оптимізацію маршрутів руху автотранспорту для доставки продукції зі складів до точок реалізації з метою скорочення вартості, кілометражу та часу доставки. Крім того, система дозволяє планувати потребу в кількості та типах транспортних засобів, розраховувати логістичні витрати при виході на нові ринки збуту.

Як і попередній продукт, MapXPlus забезпечує моніторинг роботи автотранспорту з використанням супутникової навігації GPS/Galileo: зберігає інформацію про маршрут, швидкість, напрямок руху, а також стоянки та стан транспорту і вантажу в режимі реального часу. Після кожного виконаного рейсу компанія має можливість порівнювати планові показники з фактичними. Використання технології векторних електронних карт забезпечує побудову цілісних маршрутів та оперативне реагування на зміни в дорожній мережі.

Logist.ua

Система Logist.ua об'єднує функції планування, GPS-моніторингу та управління транспортом підприємства. Має модульну архітектуру – залежно від процесів, що потребують оптимізації, та їх масштабу обирається один або кілька модулів.

Модуль «Планування» аналізує вхідні дані для розрахунку маршрутів доставки та формує оптимальні рейси з урахуванням особливостей автомобілів і доріг, графіків роботи клієнтів, пріоритетів тощо. Модуль «Моніторинг» за допомогою GPS-навігації відстежує рух транспорту в реальному часі, зіставляє фактичний маршрут кожного автомобіля із запланованим, фіксує всі події: відхилення від маршруту, затримки, відвідування точок призначення, запізнення. За потреби диспетчер може оперативне скоригувати дії водіїв. Мобільні дода-

тки Logist.ua забезпечують планування і моніторинг рейсів з мобільних пристроїв.

Серед користувачів: «Ясен», корпорація «Алмі», Kuehne + Nagel Ltd., «Автотзвук», «АРДА-Трейдинг», «Агромарс» (ТМ «Гаврилівські курчата»), Asme Color.

Rational Logistics

Українська компанія Rational Logistics розробила власне програмне забезпечення для автоматизації логістичних бізнес-процесів. Система оптимізує не просто кілометраж чи час, а собівартість доставки. Легко інтегрується з будь-якою обліковою системою, забезпечуючи безшовний обмін даними. Як GPS-трекери можуть використовуватися планшети або смартфони на базі Android.

Мобільний додаток дозволяє вести облік готівки, зібраної на маршруті, та впроваджувати зрозумілі КРІ для водіїв: своєчасність доставок, кількість виконаних доставок, час роботи на маршрутах. За заявою розробників, система використовує найактуальнішу картографічну основу, що забезпечує надійність побудованих маршрутів завдяки постійному оновленню спільнотою користувачів. Рішення дозволяє скоротити витрати на транспортну логістику шляхом оптимізації маршрутів та зменшення часу обслуговування точок.

5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ РІШЕНЬ

5.1 Калькуляція витрат та порівняльний аналіз схем постачання швидкопсувних продуктів

Формування собівартості транспортних послуг здійснюється відповідно до методичних рекомендацій, затверджених Наказом Міністерства інфраструктури України «Про затвердження Методичних рекомендацій з формування собівартості перевезень (робіт, послуг) на транспорті». Під собівартістю перевезень розуміють сукупність грошових витрат, пов'язаних із підготовкою до перевезень та безпосереднім транспортуванням вантажів або пасажирів. Витрати виражаються у приведених одиницях відстані, часу або виконаного обсягу робіт.

Калькуляція вартості перевезень, що забезпечують певну схему постачання, є невід'ємною складовою економічної стратегії операторів ланцюга постачання. Собівартість визначається на основі комплексу показників діяльності, серед яких:

- обсяг перевезених вантажів (планові та фактичні значення);
- продуктивність транспортних засобів;
- витрати на оплату праці водійського складу;
- техніко-експлуатаційні характеристики автомобілів;
- амортизаційні відрахування на основні фонди та витратні матеріали;
- витрати на навантажувально-розвантажувальні операції.

Сукупні витрати транспортної діяльності підприємства, окрім безпосередньої собівартості перевезень, включають накладні, адміністративні та загальногосподарські витрати.

Для забезпечення економічної ефективності постачання частка адміністративних витрат у структурі собівартості перевезень повинна бути мінімізована.

Як базову одиницю калькуляції собівартості перевезень традиційно використовують 10 тонно-кілометрів для вантажних перевезень або 10 пасажиро-кілометрів – для пасажирських.

Собівартість S_i перевезення продукції i -го виду визначається за формулою:

$$S_i = \frac{(\sum \text{ФОП}_i + C_{\text{соц } i} + C_{\text{пмм } i} + C_{\text{то } i} + C_{\text{ш } i} + C_{\text{ам } i} + C_{\text{под } i} + C_{\text{інш}}) \cdot 10}{P_i}, \quad (5.1)$$

де ФОП_i – фонд оплати праці водія за рейс, грн;

$C_{\text{соц } i}$ – відрахування на соціальне страхування, грн;

$C_{\text{пмм } i}$ – витрати на паливно-мастильні матеріали, грн;

$C_{\text{то } i}$ – витрати на технічне обслуговування та ремонт, грн;

$C_{\text{ш } i}$ – витрати на відновлення шин, грн;

$C_{\text{ам } i}$ – амортизаційні відрахування, грн;

$C_{\text{под } i}$ – податкові платежі, грн;

$C_{\text{інш}}$ – інші витрати, грн;

P_i – обсяг перевезеної продукції i -го виду.

Плата за транспортні послуги визначається тарифом, який включає собівартість перевезення та економічну вигоду перевізника. Залежно від сфери діяльності та нормативного регулювання розрізняють *регульовані* тарифи (встановлюються з урахуванням обмежень, визначених органами державного управління або місцевого самоврядування) та *вільні* (договірні, ринкові) тарифи (формується підприємством самостійно з огляду на кон'юнктуру ринку).

Вільний (договірний) тариф Π_i розраховується за формулою:

$$\Pi_i = S_i + \text{ПДВ}_i, \quad (5.2)$$

де S_i – собівартість перевезення продукції i -го виду, грн;

$\Pi_i = S_i \cdot R_i$ – запланований прибуток, що формується на основі нормативу рентабельності R_i , грн;

ПДВ_{*i*} – податок на додану вартість, %.

a)

б)

в)

Рисунок 5.1 – Середньорічні тарифи на перевезення ізотермічним транспортом (за даними порталу DeGruz): *a* – автомобіль вантажопідйомністю 20 т, *б* – автомобіль вантажопідйомністю 10 т, *в* – автомобіль вантажопідйомністю 5 т

За основу для калькуляції вартості перевезень взято середньорічні ринкові тарифи на перевезення ізотермічним транспортом (рис. 5.1). Розрахунок витрат виконано для різних варіантів організації постачання з урахуванням сумарного пробігу автомобілів, необхідного для забезпечення замовників швидкокопсувною продукцією (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Калькуляція вартості перевезень за альтернативними схемами постачання

Варіант 1: РЦ1 – 9 торгових точок; РЦ2 – 13 торгових точок				
Транспортний засіб	Маршрут	Відстань, км	Тариф, грн/км	Вартість, грн
Mercedes-Benz Atego 816 Thermo King – LBW	РЦ1 – Склад ШХП – РЦ1 (Львів – Тернопіль – Львів)	268,18	9,6	2574,5
	РЦ1 – 9 торгових точок	20,54	9,6	141,7
MAN TGL 8.180 4X2 BL	РЦ2 – Склад ШХП – РЦ2 (Львів – Тернопіль – Львів)	268,18	18,6	4988,1
	РЦ2 – 13 торгових точок	32,03	18,6	595,8
Разом	–	588,93		8300,1
Варіант 2: ЛЦ – 22 торгові точки				
Renault Magnum 470 + рефрижератор SMX	ЛЦ – Склад ШХП – ЛЦ (Львів – Тернопіль – Львів)	268,18	25	6704,5
Mercedes-Benz Atego 816 Thermo King – LBW	ЛЦ – 22 торгові точки	47,48	9,6	455,8
Разом	–	315,66		7160,3

Аналіз результатів розрахунків (табл. 5.1) дозволяє зробити висновок, що загальна відстань перевезення швидкокопсувної продукції за варіантом 2 становить лише 315,66 км, тоді як за варіантом 1 – 588,93 км. Відповідно, схема поста-

чання через логістичний центр (варіант 2) є економічно ефективнішою: сукупні витрати на перевезення складають 7160 грн проти 8300,1 грн за варіантом 1.

За результатами економічного аналізу встановлено, що варіант організації постачання через логістичний центр (схема 2) забезпечує скорочення загальної відстані перевезення майже вдвічі (315,66 км проти 588,93 км) та економію транспортних витрат у розмірі понад 1100 грн на один цикл постачання.

6 БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ДІЇ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Ідентифікація небезпечних факторів при експлуатації вантажного авто-транспорту

До виконання ремонтних та налагоджувальних робіт, пов'язаних з обслуговуванням вантажних автомобілів, допускаються особи, які досягли встановленого законодавством віку, не мають медичних протипоказань та отримали допуск до самостійної роботи. Перед отриманням допуску працівник повинен пройти стажування або навчання тривалістю від 2 до 14 робочих змін під керівництвом досвідченого наставника.

Роботи із застосуванням електричного та пневматичного інструменту виконують працівники, які мають допуск до роботи з електроінструментом I класу та II групи з електробезпеки.

Керування великовантажними транспортними засобами, їх буксирування та кріплення вантажів здійснюють працівники, які пройшли відповідне навчання, інструктаж з управління автомобілями та стропування вантажів, а також успішно склали кваліфікаційні іспити.

Слюсар з ремонту автомобілів зобов'язаний дотримуватися вимог охорони праці та проходити перевірку знань не рідше одного разу на рік, виконувати правила поведінки на території підприємства, а також проходити обов'язкові періодичні медичні огляди в порядку, встановленому Міністерством охорони здоров'я України.

Працівники ремонтного підрозділу повинні правильно застосовувати засоби індивідуального та колективного захисту, а в разі їх несправності або відсутності – негайно повідомити керівника.

Про будь-які нештатні ситуації, що створюють загрозу життю чи здоров'ю працівників та оточуючих, слід невідкладно інформувати керівництво. У разі нещасних випадків, погіршення стану здоров'я або зниження працездатності необхідно терміново сповістити відповідні служби та надати допомогу потерпілим. Також слід доповідати про несправності ремонтного обладнання,

інструменту, пристроїв та підйомно-транспортних механізмів.

Працівники зобов'язані дотримуватися вимог трудового законодавства, правил внутрішнього трудового розпорядку, виробничої санітарії та особистої гігієни. Категорично забороняється перебувати на робочому місці у стані алкогольного, токсичного чи наркотичного сп'яніння. Працівники несуть персональну відповідальність за дотримання технологічних інструкцій, вимог охорони праці, електро- та пожежної безпеки.

6.1.1 Небезпечні фактори при здійсненні автомобільних перевезень

До небезпечних та шкідливих виробничих факторів при здійсненні автоперевезень належать:

- рух великотоннажних транспортних засобів по автошляхах;
- незадовільний технічний стан доріг;
- самовільний рух транспортних засобів (зокрема на спусках);
- монотонність роботи при тривалому керуванні на далеких відстанях;
- підвищене фізичне навантаження водія;
- нервово-психічне напруження в умовах інтенсивного міського руху;
- операції з підйому автомобіля на розвантажувальних пристроях;
- шум та вібрація від вузлів і систем автомобіля;
- несприятливий мікроклімат у кабіні (перегрів улітку, протяги при відкритих вікнах);
- термічні фактори (пожежі, вибухи, витікання газу з газобалонного обладнання, опіки від системи охолодження тощо).

Таблиця 6.1 – Систематизація небезпечних факторів при автоперевезеннях

Аналіз передумов аварійних ситуацій	
Небезпечні умови	Небезпечні дії
1. Незадовільний технічний стан автомобіля. 2. Погані дорожні умови. 3. Підвищена загазованість повітря в кабіні. 4. Шум і вібрація від агрегатів автомобіля. 5. Фізичне перевантаження при тривалому керуванні. 6. Монотонність роботи на далеких маршрутах. 7. Психоемоційне напруження в умовах інтенсивного руху	1. Перевищення дозволеної швидкості. 2. Недотримання безпечної дистанції. 3. Відсутність передрейсового огляду автомобіля. 4. Ігнорування погодних умов та стану покриття. 5. Перевантаження автомобіля. 6. Неправильне позиціонування на розвантажувачі. 7. Порухення режиму праці та відпочинку
Можливий наслідок – дорожньо-транспортна пригода	

6.1.2 Вимоги безпеки при виконанні ремонтних робіт

Організація робочого місця слюсаря з ремонту автомобілів повинна забезпечувати безпечне виконання технологічних операцій у спеціально відведених місцях. Ремонтну зону, робоче місце та проходи необхідно утримувати в чистоті й порядку; присутність сторонніх осіб поблизу місця проведення робіт не допускається.

Перед початком роботи слюсар повинен:

- переконатися у відсутності сторонніх осіб та предметів на робочому місці;
- перевірити та одягти засоби індивідуального захисту;
- переконатися в наявності та справності засобів сигналізації та пожежогашіння;
- перевірити технічний стан обладнання, інструменту та пристроїв.

При перевірці ручного інструменту слід звернути увагу на такі аспекти:

- інструмент має бути розкладений у зручному для користування порядку;
- ударний інструмент не повинен мати тріщин, наклепів, сколів; бойки молотків та кувалд мають бути надійно закріплені на рукоятках;
- напилки та подібний інструмент повинні мати рукоятки з металевими бандажними кільцями;
- зазор гайкових ключів не повинен перевищувати номінальні розміри гайок більш ніж на 0,2–0,3 мм;
- електроінструмент I класу безпеки повинен бути заземлений.

Під час роботи слюсар повинен дотримуватися таких правил:

- надійно зафіксувати автомобіль та заблокувати колеса упорами з обох боків;
- встановити важіль КПП у нейтральне положення та затягнути стоянкове гальмо;
- вимкнути «масу» при роботі на автомобілі;
- перед демонтажем агрегатів злити технічні рідини у спеціальну тару;
- використовувати вантажопідйомні механізми для вузлів масою понад 15 кг;
- знімати елементи підвіски лише після розвантаження від ваги автомобіля.

Категорично забороняється:

- виконувати ремонт на автомобілях, піднятих нестационарними підйомними пристроями;
- підкладати під транспортні засоби дерев'яні бруски, цеглу, бетонні блоки та інші нештатні підставки.

При роботі поза межами підйомника або естакади слід використовувати драбини, підмости, лежаки.

Вимоги безпеки при використанні ручного інструменту:

- при роботі з ударним інструментом обов'язкове використання захисних окулярів;
- забороняється збільшувати плече гайкових ключів за допомогою подовжувачів;
- не залишати деталі та інструмент на краях естакади або на підлозі в проходах;
- обробку листової сталі виконувати в рукавицях; гострі кромки попередньо зачистити;
- відходи металу складати у спеціальну тару.

При обслуговуванні гальмівної системи необхідно:

- забезпечити нерухомість автомобіля з несправними гальмами;
- випробування проводити на відкритих майданчиках достатнього розміру;
- починати рух лише після того, як персонал, що виконував регулювання, перебуває в безпечній зоні.

При обслуговуванні газомоторних автомобілів слід дотримуватися таких вимог:

- роботи з газовою апаратурою виконувати лише при закритому витратному вентилі;
- оберегати газобалонне обладнання від механічних пошкоджень;
- не допускати нагрівання елементів газової системи вище 60 °С;

- при виявленні несправностей редукторів або електромагнітних клапанів негайно вивести автомобіль з експлуатації;
- регулювання електрообладнання проводити лише на герметичних газових системах;
- пошкоджені елементи системи живлення демонтувати з автомобіля.

При ремонті газобалонних автомобілів категорично забороняється:

- виконувати роботи за присутності людей у кабіні;
- запускати двигун або рухатися при наявності витoku газу;
- демонтувати елементи, що перебувають під тиском;
- перевіряти герметичність за допомогою відкритого вогню;
- виконувати ремонт при працюючому двигуні;
- використовувати паяльники та проводити зварювальні роботи.

6.2 Заходи захисту населення у надзвичайних ситуаціях

Забезпечення захисту населення та територій у разі загрози виникнення надзвичайних ситуацій є одним із пріоритетних завдань держави, що набуває особливої актуальності в сучасних умовах.

Головна мета системи захисту – реалізація державної політики у сфері запобігання надзвичайним ситуаціям та ліквідації їх наслідків, мінімізація руйнівних наслідків терористичних актів та воєнних дій. Основні завдання системи захисту:

- розроблення та впровадження нормативно-правової бази, дотримання державних технічних норм і стандартів у сфері цивільного захисту;

- підтримання готовності органів управління, сил та засобів до запобігання надзвичайним ситуаціям та реагування на них;
- планування та реалізація превентивних заходів;
- збір та аналіз інформації про надзвичайні ситуації;
- прогнозування та оцінка соціально-економічних наслідків, визначення потреби в ресурсах;
- формування та раціональне використання резервів фінансових і матеріальних ресурсів;
- здійснення державного нагляду та контролю у сфері цивільного захисту;
- оповіщення населення про загрозу та своєчасне інформування про обстановку;
- організація захисту населення та надання безоплатної медичної допомоги.

Для захисту населення та мінімізації втрат передбачається комплекс спеціальних заходів:

Оповіщення та інформування забезпечується завчасним створенням і підтриманням у постійній готовності загальнодержавної, регіональних та об'єктових систем оповіщення.

Моніторинг довкілля, продуктів харчування та води здійснюється через мережу спостереження і контролю із залученням наявних сил та засобів незалежно від відомчої підпорядкованості.

Укриття в захисних спорудах передбачає забезпечення всіх категорій населення відповідно до їх приналежності (працююча зміна, мешканці небезпечних зон тощо) шляхом створення фонду захисних споруд.

Евакуаційні заходи проводяться в населених пунктах з об'єктами підвищеної небезпеки та у воєнний час як основний спосіб захисту населення шляхом переміщення у безпечні райони.

Інженерний захист реалізується через дотримання вимог інженерно-технічних заходів цивільного захисту при плануванні забудови, розміщенні будівель та споруд.

Медичний захист спрямований на зменшення ступеня ураження, своєчасне надання допомоги постраждалим та забезпечення епідеміологічного благополуччя в зонах надзвичайних ситуацій.

Біологічний захист включає виявлення факторів біологічного зараження, визначення їх характеру та масштабів, проведення протиепідемічних, режимно-обмежувальних та медичних заходів.

Радіаційний та хімічний захист передбачає моніторинг радіаційної та хімічної обстановки, дозиметричний контроль, розроблення режимів захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту та проведення спеціальної обробки.

7 ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

7.1 Характер та механізми впливу автомобільних шляхів на довкілля

Автомобільний шлях являє собою складну інженерну споруду, розташовану в природному ландшафті, яка неминуче вступає у взаємодію з навколишнім середовищем. Процес прокладання та експлуатації дорожньої мережі супроводжується трансформацією природних комплексів, порушенням гідрологічного балансу території, а також цілою низкою інших негативних екологічних наслідків. Систематизуємо ключові напрямки такого впливу.

Експлуатація природних ресурсів території. Будівництво доріг передбачає вилучення земельних ділянок як на постійній, так і на тимчасовій основі. Здійснюється видобування мінеральної сировини — каменю, гравію, піщаних матеріалів. Обов'язковим етапом є зняття верхнього гумусового горизонту ґрунту для подальшого використання при рекультивації.

Трансформація геоморфологічних умов. Спорудження земляного полотна у вигляді насипів та виїмок докорінно змінює рельєф місцевості. Залишки невикористаного ґрунту складаються у відвали. Після вичерпання кар'єрів будівельних матеріалів утворюються значні техногенні западини.

Втручання у гідрологічний режим. Дорожнє будівництво часто потребує меліоративних робіт — осушення заболочених територій, облаштування дренажних систем. Здійснюється регулювання поверхневого водовідведення, а в окремих випадках — штучна зміна напрямку русел водотоків. Прокладання насипів через болотисті ділянки суттєво впливає на їх водний режим.

Забруднення техногенного характеру. Будівельна діяльність супроводжується емісією мінерального пилу, генерацією шумового та вібраційного навантаження від функціонування механізмів та проведення підливних робіт. Тимчасові виробничі майданчики, стоянки техніки, місця проведення вибухових робіт стають джерелами локального забруднення. Вздовж траси прокладаються різноманітні комунікації. Для підтримання дорожнього господарства застосо-

вуються хімічні препарати — пестициди та протижеледні реагенти.

Забруднення від транспортних засобів. Автомобілі є джерелом викидів відпрацьованих газів, що містять широкий спектр токсичних сполук. Рух транспорту генерує акустичний шум та вібрації, що поширюються на прилеглу територію. Транспортний потік спричиняє побутове засмічення придорожньої зони. Об'єкти дорожнього сервісу створюють додаткове рекреаційне навантаження на прилеглі екосистеми.

Під час перетинання заплав річок дорожні споруди — насипи підходів до мостів, виїмки — порушують природну циркуляцію повітряних мас. Це спричиняє локальні кліматичні зміни, що негативно відображається на стабільності прилеглих біогеоценозів. Автомобільні траси можуть перетинати традиційні маршрути сезонних переміщень представників фауни та комах, а також завдавати шкоди об'єктам культурної та історичної спадщини.

Застосування протижеледних засобів, надходження дорожнього пилу та інтенсифікація ерозійних процесів негативно впливають на рослинний покрив придорожньої смуги, погіршують стан поверхневих водойм та водотоків.

Включення до складу дорожніх конструкцій місцевої сировини та промислових відходів може призводити до міграції токсичних компонентів у навколишнє середовище.

Інженерні об'єкти на дорогах — мостові переходи, транспортні розв'язки, тунельні споруди, підпірні конструкції, захисні інженерні системи — характеризуються специфічними формами екологічного впливу. Зведення мостових переходів супроводжується перебудовою берегової лінії, зміною морфометричних параметрів русла. Внаслідок цього трансформується гідравлічний режим водотоку, виникають зони розмиву та акумуляції наносів. Будівельні роботи можуть порушувати місця нересту іхтіофауни та ділянки її зимової концентрації.

Комплекс об'єктів, що формують екологічний вплив автомобільних доріг, включає:

- власне транспортний потік;
- елементи дорожньої інфраструктури — земляне полотно, мостові споруди

ди, шляхопроводи, водопропускні труби та інші штучні споруди;

- об'єкти придорожнього сервісу — зони відпочинку, автозаправні комплекси, підприємства харчування, зупинки маршрутного транспорту тощо.

Автошляхи виступають суттєвим джерелом запиленості приземного шару атмосфери. Рух автомобілів викликає механічне зношування дорожнього покриття та протекторів шин. Продукти цього зношування змішуються з твердими фракціями вихлопних газів. Додатковим джерелом забруднення є частинки ґрунту, що потрапляють на проїзну частину з прилеглих територій. За сухої погоди формується пиловий шлейф, що здіймається над дорогою. Вітрові потоки переносять ці частинки на відстані від кількох сотень метрів до десятків і навіть сотень кілометрів.

Хімічний склад та інтенсивність пилоутворення безпосередньо залежать від типу дорожнього покриття. Максимальні обсяги пилу генеруються на ґрунтових та гравійних дорогах.

На шляхах із покриттям зернистими матеріалами (гравійне, щебеневе) пил переважно складається з діоксиду кремнію (кварцу).

Пил ґрунтових доріг на 85–90% представлений кварцовими частинками, доповненими оксидами алюмінію, феруму, кальцію та іншими мінеральними компонентами.

На автошляхах з асфальтобетонним покриттям до складу пилу додатково входять бітумовмісні матеріали, фрагменти фарбових покриттів та пластикових елементів дорожньої розмітки.

Дорожній пил створює небезпечні умови для руху в початковий період випадання атмосферних опадів. Дрібнодисперсні частинки насичені повітрям і не відразу змочуються. Тому перші краплі дощу не проникають у пилову масу, а формують на поверхні дороги плівку бруду. Це різко погіршує зчипні властивості покриття. Гальмування в таких умовах часто призводить до бокового заносу та втрати контролю над автомобілем.

Пиловий осад накопичується на рослинності придорожньої зони. Захисні

лісонасадження та природні лісові масиви вздовж автошляхів зазнають пригнічення. Сільськогосподарські культури, що вирощуються поблизу доріг, акумулюють шкідливі компоненти пилових викидів та вихлопних газів.

Ці забруднювачі надходять також до прилеглих водних об'єктів. Туди ж потрапляє поверхневий стік з автодоріг, насичений хлоридами та іншими компонентами протиожеледних реагентів.

Дорожнє будівництво потребує значних земельних ресурсів. Так, спорудження одного кілометра сучасної автомагістралі вимагає відведення 10–12 гектарів території. Додаткові площі необхідні для технологічних потреб: розміщення складів матеріалів, стоянок будівельної техніки, тимчасового складування ґрунту, облаштування тимчасових споруд та під'їзних шляхів. Особливо землемними є транспортні розв'язки: від 15 гектарів при перетині двосмугових доріг до 35 і більше гектарів при перетині багатосмугових магістралей.

7.2 Акустичне забруднення від транспортних засобів

Під шумом розуміють будь-які небажані звукові коливання, що порушують нормальний перебіг трудової діяльності чи відпочинку людини, створюють відчуття акустичного дискомфорту. Для кількісної характеристики шуму використовують низку фізичних параметрів:

- звуковий тиск;
- інтенсивність звукових коливань;
- потужність звукового випромінювання джерела;
- рівень звукової експозиції;
- частотний розподіл енергії (спектр);
- просторова спрямованість випромінювання.

Звуковий тиск являє собою надлишковий тиск, що виникає в пружному середовищі при проходженні звукової хвилі. Фізично він визначається як різниця між миттєвим тиском у точці середовища під час проходження хвилі та рівноважним тиском у незбуреному стані. Одиницею вимірювання звукового тиску в системі СІ є паскаль (Па).

Параметри звукових коливань.

Сприйняття шуму має виражений суб'єктивний характер, що варіюється як між різними людьми, так і для однієї особи залежно від її психоемоційного стану та ставлення до джерела звуку. Через цю суб'єктивність шум не піддається безпосередньому об'єктивному вимірюванню фізичними приладами. Однак для систематизації та порівняння різних акустичних явищ необхідно хоча б наближено описати їх кількісними показниками.

Фізично звук являє собою періодичні коливання тиску повітря відносно середнього значення атмосферного тиску. За нормальних умов атмосферний тиск складає близько 101325 Па (1 атм). Діапазон значень звукового тиску, що сприймаються людиною, надзвичайно широкий — від приблизно 0,0006 Па (тихий шепіт на відстані півтора метра) до 1000 Па (постріл біля вуха). Такий величезний діапазон робить незручним використання абсолютних значень тиску для характеристики гучності.

Крім того, слуховий апарат людини має нелінійну характеристику чутливості. Зростання фізичних параметрів звуку викликає збільшення суб'єктивного відчуття гучності за логарифмічним законом — людина сприймає не абсолютну різницю характеристик, а відношення їх значень. Тому для вимірювання звукових параметрів застосовують логарифмічну шкалу, в якій кожна одиниця відповідає десятикратній зміні вимірюваної величини. Базовою одиницею цієї шкали є бел (Б):

$$L_p = \lg \frac{P}{P_0}, \quad \text{Б} \quad (7.1)$$

де P — фактичне значення звукового тиску, Па;

P_0 — порогове значення звукового тиску, що відповідає межі слухової чу-

тливості людини, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

У практичних застосуваннях зручнішою є дольова одиниця — децибел (дБ), що становить одну десяту бела:

$$L_p = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0}, \quad \text{дБ} \quad (7.2)$$

Шкала децибелів охоплює як від'ємні, так і додатні значення, проте діапазон слухового сприйняття людини обмежений інтервалом від 0 дБ (порог чутності) до приблизно 130 дБ (больовий поріг). Типові рівні шуму навколишнього середовища лежать у межах 35–110 дБ.

Логарифмічна природа децибельної шкали обумовлює специфіку підсумовування рівнів звуку: додавання двох однакових джерел шуму дає приріст лише на 3 дБ. Що стосується суб'єктивного сприйняття, збільшення рівня звукового тиску чистого тону на 10 дБ сприймається як подвоєння гучності.

Інтенсивність (сила) звуку — це усереднена за часом енергія, що переноситься звуковою хвилею через одиничну площадку, перпендикулярну до напрямку поширення:

$$J = \frac{E}{T \cdot S}, \quad [\text{Вт/м}^2] \quad (7.3)$$

де E — кількість перенесеної енергії, Дж; T — проміжок часу, с;

S — площа поверхні, через яку відбувається перенесення, м².

Для практичних розрахунків також використовують логарифмічне представлення:

$$L_J = \lg \frac{J}{J_0} \quad (7.4)$$

де J — вимірювана інтенсивність звуку, Вт/м²; J_0 — порогова інтенсивність, що відповідає межі слухової чутливості, $J_0 = 10^{-12}$ Вт/м².

Звукова потужність джерела характеризує повну енергію, що випромінюється ним за одиницю часу. Вимірюється у ватах (Вт) і визначається інтегруванням інтенсивності по замкненій поверхні, що оточує джерело:

$$N = \int_S I ds, \quad \text{Вт} \quad (7.5)$$

Логарифмічна форма запису:

$$L_N = \lg \frac{N}{N_0}, \quad (7.6)$$

де N – вимірювана звукова потужність, Вт;

N_0 – порогове значення звукової потужності, $N_0 = 10^{-12}$ Вт.

Діапазони зміни акустичних параметрів надзвичайно широкі. Звуковий тиск, що сприймається людиною, варіюється від $2 \cdot 10^{-5}$ Па (мінімальний поріг чутності) до близько 60 Па (больовий поріг). Інтенсивність звуку та звукова потужність мають ще більші діапазони, що сягають 10^{15} разів.

Реальні шуми зазвичай являють собою суміш звукових коливань різної частоти, яка вимірюється в герцах (Гц). Здатність людини сприймати звук істотно залежить від його частотного складу.

Частотний спектр — це розподіл звукової енергії за частотами, що входять до складу даного шуму. Людське вухо має неоднакову чутливість до звуків різної частоти.

Найкраще сприймаються звуки з домінуванням енергії в частотному діапазоні 1000–6000 Гц. Високочастотні звуки (понад 10000 Гц, наприклад свист) та низькочастотні (нижче 100 Гц, наприклад гуркіт) сприймаються значно гірше. Максимальна чутливість слухового апарату припадає на діапазон 1–5 кГц, дещо менша — для вищих частот, і найнижча — для інфразвукового діапазону. Для прикладу: звук частотою 100 Гц з рівнем 44 дБ сприймається приблизно так само гучно, як звук частотою 1000 Гц з рівнем 29 дБ.

Для наближення результатів вимірювань до особливостей людського сприйняття застосовують частотні фільтри, що надають більшої ваги рівням на краще чутних частотах. Найпоширенішим є фільтр типу «А», що перетворює вимірюваний звуковий тиск p у скориговане значення p_A , даючи «А»-зважений рівень звуку:

$$L_{PA} = 10 \lg \frac{p_A^2}{P_0^2} \quad (7.7)$$

Результати вимірювань з А-корекцією позначають одиницею дБА.

Методологія частотного зважування для імітації характеристик людського слуху розвивалася протягом десятиліть. Були розроблені кілька шкал корекції — А, В, С, D, Е. А-зважування рекомендоване Агентством з охорони довкілля США (ЕРА) для оцінки шуму навколишнього середовища завдяки зручності застосування, достатній точності в більшості ситуацій та широкому міжнародному визнанню. На рис. 7.1 представлено типові рівні звуку за шкалою «А» для різних джерел шуму довкілля.

Рисунок 7.1 – Порівняльні рівні типових джерел шуму за шкалою «А»

Для оцінки впливу низькочастотних вібрацій на будівельні конструкції застосовують С-зважування, особливо при аналізі імпульсних шумів. Такі шуми виникають, зокрема, при стрільбі з важкого озброєння або проведенні вибухових робіт. Результати С-зважених вимірювань виражають у дБС.

Сучасні шумоміри, як правило, оснащені фільтрами А та С, деякі моделі мають також фільтр В.

Для аналізу складних шумів із широким частотним спектром застосовують октавний аналіз — розбиття спектра на смуги, у кожній з яких верхня гранична частота вдвічі перевищує нижню. Характеристичною частотою октавної смуги є середньгеометрична частота:

$$f = \sqrt{f_B \cdot f_H} \quad (7.8)$$

де f_B, f_H – верхня та нижня граничні частоти октави, Гц.

За базову прийнято октаву із середньгеометричною частотою 1000 Гц. Для інших октавних смуг визначено поправочні коефіцієнти, що враховуються при розрахунку зважених рівнів звуку. Значення поправок для шкал А, В та С наведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Частотні поправки для шкал А, В та С

Середньгеометрична частота, Гц	Поправка, дБ		
	А	В	С
31,5	-39,4	-17,1	-3,0
63	-26,2	-9,3	-0,8
125	-16,1	-4,2	-0,2
250	-8,6	-1,3	0
500	-3,2	-0,3	0
1000	0	0	0
2000	1,2	-0,1	-0,2
4000	1,0	-0,7	-0,8
8000	-1,1	-2,9	-3,0
16000	-6,6	-8,4	-8,5

Для кількісної оцінки суб'єктивного сприйняття гучності використовують спеціальні одиниці — фон та сон. Фон визначає рівень гучності і чисельно дорівнює рівню звукового тиску (в децибелах) еталонного тону частотою 1000 Гц, що сприймається як рівногучний з оцінюваним звуком.

Сон є лінійною (не логарифмічною) мірою гучності. Один сон відповідає гучності тону 1000 Гц при рівні 40 дБ. Звук, що сприймається вдвічі гучнішим за цей еталон, має гучність 2 сони тощо. Збільшення рівня на 10 дБ відповідає подвоєнню гучності в сонах.

Рівень звукової експозиції. Шумове навантаження складається з окремих звукових подій від різних джерел — автомобілів, літаків, залізничних потягів тощо. Кожна така подія характеризується максимальним рівнем звуку та його зміною в часі. Комплексно охарактеризувати звукову подію змінної інтенсивності досить складно. Один із підходів — визначення часу, протягом якого рівень звуку перевищує певне порогове значення, наприклад, на 10 дБ нижче максимуму.

Дослідження показують, що реакція людини на шум визначається не лише піковим рівнем, але й тривалістю події та динамікою зміни гучності. Згідно з принципом «рівної енергії», дві звукові події з однаковою сумарною енергією викликають еквівалентну реакцію. Наприклад, шум рівнем 85 дБ тривалістю 10 с сприймається аналогічно шуму рівнем 82 дБ тривалістю 20 с.

Рівень звукової експозиції (SEL — Sound Exposure Level) є енергетичною мірою шумової події, що враховує як інтенсивність, так і тривалість. SEL визначається як інтеграл рівня звуку за період, коли він перевищує поріг (щонайменше на 10 дБ нижче максимуму), нормований на стандартну тривалість 1 с. Фізично SEL дорівнює рівню постійного звуку тривалістю 1 с, що несе таку ж енергію, як і реальна шумова подія:

$$SEL = 10 \log \frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} 10^{0,1L_A(t)} dt \quad (7.9)$$

де $T_0 = 1$ с — базова тривалість; t_1, t_2 — межі інтервалу, в якому рівень звуку знаходиться в межах 10 дБА від максимального значення.

7.3 Технічні рішення для мінімізації екологічного впливу транспортної системи

Забезпечення екологічної безпеки транспорту потребує комплексу технічних заходів, що реалізуються як на етапі проектування та будівництва інфраструктури, так і в процесі її експлуатації. До ключових експлуатаційних заходів належать: впровадження альтернативних енергоносіїв, охорона водних ресурсів, оптимізація застосування протижеледних реагентів та гербіцидів.

Перспективні види моторного палива та енергії

Паливо необхідне як для силових установок транспортних засобів, так і для забезпечення функціонування стаціонарних об'єктів транспортного комплексу.

Традиційні моторні палива являють собою продукти переробки нафтової

сировини з різноманітними функціональними присадками, що надають їм необхідних експлуатаційних властивостей.

До альтернативних палив належать усі види енергоносіїв, що повністю або частково не містять нафтопродуктів. Сучасна класифікація виділяє чотири основні категорії:

- газоподібне паливо природного та супутнього походження;
- синтетичне паливо та продукти гідролізу;
- біопаливо з відновлюваних джерел;
- модифіковане нафтове паливо з добавками.

Природне та супутнє газове паливо. Ця категорія включає компримований (стиснений) природний газ (КПГ, англ. CNG) та скраплений нафтовий газ (СНГ, англ. LPG).

Компримований природний газ. Залежно від родовища, природний газ містить 82–99% метану (CH_4). За нормальних температур КПГ не переходить у рідкий стан навіть при значному стисненні. Зрідження відбувається лише при температурах нижче $-161,6$ °С, що потребує спеціального кріогенного обладнання. На автотранспорті КПГ зазвичай використовують у стисненому до 20 МПа стані в спеціальних балонах.

Переваги КПГ:

- молекулярна структура метану (один атом вуглецю на чотири атоми водню) забезпечує зниження викидів вуглекислого газу на 25% порівняно з бензином при однаковій масі спаленого палива, з одночасним збільшенням виходу водяної пари;
- висока якість змішування з повітрям забезпечує практично повне згоряння, що мінімізує концентрацію монооксиду вуглецю у вихлопі;
- мінімальний вміст твердих частинок у відпрацьованих газах;

- можливість роботи двигуна на збіднених сумішах (коефіцієнт надлишку повітря до 2), що знижує температуру в камері згоряння і відповідно — емісію оксидів азоту.

Недоліки КПП:

- значні енергозатрати на компресію газу;
- нижча на 10–15% масова теплота згоряння порівняно з бензином;
- зниження потужності двигуна на 15–20% при переобладнанні з бензину на газ;
- метан є потужним парниковим газом, тому витіки при виробництві, транспортуванні та використанні негативно впливають на клімат.

Скrapлений нафтовий газ. Являє собою суміш пропану та бутану, що видобувається на газоконденсатних родовищах або отримується як побічний продукт нафтопереробки. СНГ легко скrapлюється при кімнатній температурі під тиском близько 1,6 МПа. На борту автомобіля зберігається в балонах під тиском 1,7 МПа. За масовою теплотою згоряння поступається бензину лише на 3–4%, тому при переведенні двигуна на СНГ потужність практично не змінюється. Екологічні переваги та недоліки аналогічні КПП.

Загалом використання газового палива на автотранспорті дозволяє суттєво знизити токсичність викидів: за монооксидом вуглецю — у 3–4 рази, за оксидами азоту — в 1,2–2 рази, за вуглеводнями — в 1,2–1,4 рази. При роботі дизельного двигуна на газі димність при розгоні зменшується у 2–4 рази, рівень шуму знижується на 8–10 дБА.

Разом із тим, газобалонне обладнання збільшує спорядну масу вантажівок на 400–600 кг, що відповідно зменшує вантажопідйомність, а запас ходу скорочується майже вдвічі порівняно з бензиновими аналогами.

Синтетичне паливо. До цієї категорії належать водень, ацетилен та азотвмісні сполуки.

Водень. Отримують кількома методами: паровим риформінгом природного газу, електролізом води (зокрема з використанням відновлюваної енергії — так званий «зелений» водень), газифікацією вугілля. Існують три основні способи зберігання: під високим тиском у балонах, у криогенному (рідкому) стані, у хімічно зв'язаній формі (гідриди металів). Усі ці методи мають значні технічні та економічні обмеження.

Переваги водневого палива:

- екологічна безпечність — при витоках не забруднює довкілля;
- продуктом згоряння є чиста водяна пара; єдиними токсичними компонентами можуть бути оксиди азоту та незначні кількості CO і вуглеводнів від згоряння мастил;
- можливість роботи двигуна на дуже збіднених сумішах (коефіцієнт надлишку повітря до 10), що різко знижує утворення NO_x.

Недоліки водневого палива:

- висока енергоємність та вартість виробництва;
- складність і небезпечність зберігання;
- зниження потужності двигуна на 20–30% порівняно з бензиновим через низьку густину водню і відповідно мале наповнення циліндрів;
- схильність до жорсткого горіння та детонації через високу швидкість поширення полум'я; низька густина водню обумовлює малу масову ємність балонів — при тиску 40 МПа маса водню становить лише близько 1,3% маси балона; для забезпечення пробігу 400–500 км легковому автомобілю потрібно близько 10 кг водню, що вимагає балонів загальною масою понад 1000 кг, крім того, зберігання газу під високим тиском створює ризик вибуху.

Кріогенне зберігання водню (в рідкому стані) пов'язане зі значними труднощами. Температура конденсації при атмосферному тиску становить близько $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$. Досягнення та підтримання таких температур вимагає великих енергозатрат. В експлуатації температуру неможливо підтримувати постійною, тому водень поступово випаровується, тиск у резервуарі зростає. В періоди простою для запобігання критичному підвищенню тиску надлишок газу доводиться стравлювати в атмосферу. Навіть найсучасніші кріогенні резервуари з багатосаровою теплоізоляцією та вакуумною оболонкою втрачають близько 1% водню на добу.

Зберігання у зв'язаному стані (у формі гідридів металів) також має суттєві обмеження. Деякі сплави здатні оборотно поглинати водень при низьких температурах і виділяти при нагріванні. Наприклад, гідрид магнію може акумулювати до 8% водню за масою, але для десорбції потребує нагрівання до $300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Залізотитанові гідриди виділяють водень уже при $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, але їх ємність не перевищує 2% за масою, що вимагає великої маси накопичувача.

Ацетилен. Використання ацетилену (C_2H_2) як моторного палива перебуває на дослідницькій стадії. Це газоподібна вуглеводнева сполука з високими енергетичними характеристиками.

Перевагою ацетилену є знижені викиди CO та вуглеводнів: в режимі максимальної потужності — у 2–2,5 та 3,5–4,5 рази відповідно порівняно з бензином. Однак емісія оксидів азоту залишається на тому ж рівні. Головний недолік — висока вибухонебезпечність ацетилену.

Біопаливо з відновлюваних джерел. До цієї групи належать спиртові палива (метанол та етанол) і рослинні олії.

Метанол (CH_3OH). Отримують з вугілля, природного газу, вапняку, побутових та сільськогосподарських відходів, деревини. Високе октанове число метанолу дозволяє підвищити ступінь стиснення в двигуні, завдяки чому потужність зростає на 10–15% порівняно з бензиновим двигуном.

Метанол характеризується високою теплотою випаровування (1160 кДж/кг — у 3,6 рази вища за бензин з теплотою 318 кДж/кг). Це

ускладнює холодний пуск двигуна — при температурах близько 0 °С і нижче запуск практично неможливий без допоміжних засобів. Для вирішення проблеми застосовують підігрів палива або додавання легколетких компонентів (диметиловий ефір, ізобутан тощо).

Переваги метанолу як моторного палива:

- зниження викидів NO_x завдяки нижчій температурі горіння;
- вміст вуглеводнів у вихлопі — лише 25–30% від рівня при спалюванні бензину;
- концентрація канцерогенних поліциклічних вуглеводнів на порядок нижча;
- повна відсутність сполук сірки та сажі у відпрацьованих газах.

Недоліки метанолу:

- пари метанолу токсичніші за пари бензину;
- агресивний вплив на гумові та деякі полімерні компоненти паливної системи;
- прискорене зношування окремих деталей двигуна;
- підвищений (приблизно вдвічі) вміст альдегідів у вихлопних газах.

Викиди монооксиду вуглецю залишаються приблизно на рівні традиційного палива.

Етанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$). Отримують ферментацією рослинної сировини — цукрової тростини, кукурудзи, пшениці, буряків тощо. За властивостями близький до метанолу, але має нижчу теплоту випаровування (1000 кДж/кг), що покращує пускові характеристики. Застосовується як у чистому вигляді, так і в сумішах з бензином.

Екологічні переваги та недоліки етанолу аналогічні метанолу. Використання дозволяє знизити викиди сірчистих сполук, сажі та високомолекулярних вуглеводнів. Основний недолік — підвищена емісія альдегідів.

При використанні спиртового палива, окрім стандартних нормованих компонентів (CO , NO_x , C_xH_y), необхідно контролювати вміст альдегідів — передусім подразника ацетальдегіду (CH_3CHO) та канцерогенного формальдегіду (HCHO).

Застосування етанолу в дизельних двигунах пов'язане з технічними труднощами і не забезпечує значних екологічних переваг. Температура самозаймання етанолу приблизно на $100\text{ }^\circ\text{C}$ вища за дизельне паливо, а цетанове число — у 6 разів нижче. Це унеможлиблює використання чистого етанолу в традиційних дизелях з компресійним запаленням. Для вирішення проблеми застосовують двопаливні системи, де невелика порція дизпалива слугує для займання основної маси етанолу. Токсичність вихлопу при цьому практично не відрізняється від роботи на чистому дизпаливі.

Рослинні олії як моторне паливо. Використовуються ріпакова, соняшникова, кукурудзяна, соєва та інші олії.

Ріпакову олію отримують пресуванням насіння ріпаку з виходом близько 40% від маси сировини. Глибока екстракція дозволяє підвищити вихід до 70%. Олія використовується як мастильний матеріал, добавка до дизпалива або переробляється на метиловий ефір (біодизель) для безпосереднього використання в дизельних двигунах. За змащувальними властивостями ріпакова олія не поступається нафтовим мастилам, а за антикорозійними та протизношувальними — перевершує їх.

Енергетичні показники дизелів при роботі на суміші ріпакової олії з дизпаливом практично не відрізняються від роботи на чистому дизпаливі. Екологічні характеристики також близькі. На середніх режимах токсичність вихлопу однакова; при підвищених навантаженнях дещо зростає концентрація NO_x та димність.

При роботі на ріпаковому метилефірі порівняно з дизпаливом збільшує-

ться витрата палива та емісія NO_x , але кардинально (до 70 разів) знижуються викиди сірчистих сполук. Концентрація інших токсичних компонентів практично не змінюється.

Модифіковане нафтове паливо. Додавання до традиційних палив спеціальних присадок дозволяє знизити токсичність вихлопу без конструктивних змін двигуна. Як добавки використовують водень, спирти, воду тощо.

Водень. Додається як до бензину, так і до дизпалива. Експериментально встановлено, що домішка 20% водню за масою до бензину знижує викиди CO приблизно в 4 рази, NO_x — у 8 разів, вуглеводнів — удвічі. Додавання 10% водню до дизпалива дозволяє скоротити його витрату на 30%, що пропорційно зменшує обсяг шкідливих викидів.

Спирти. До традиційних палив додають етанол та метанол. Для існуючих бензинових двигунів оптимальною вважається концентрація 10–15%.

Основний недолік спиртово-бензинових сумішей — висока гігроскопічність спиртів. При потраплянні води до паливного баку спирт розчиняється у ній, а водно-спиртова фаза через різницю густин відшаровується від бензину. Інтенсивність розшарування залежить від концентрації спирту, кількості води та температури — при підвищенні температури процес прискорюється. Для стабілізації сумішей додають присадки (ізопропанол, бутанол, гексанол та ін.), що підвищують температуру початку розшарування.

Етанол як паливна добавка переважає метанол. Суміш етанолу з бензином (газохол) краще утримує воду, знижуючи ризик розшарування. Крім того, етанол менш агресивний до конструкційних матеріалів паливної системи.

Вода. Подається в циліндри двигуна у розпиленому вигляді через впускний колектор або у формі водопаливної емульсії. Дослідження виявили як позитивні, так і негативні ефекти.

Переваги водних добавок:

- відбір теплоти на випаровування знижує температуру в камері згоряння, що зменшує утворення NO_x ;
- миттєве вибухоподібне випаровування крапель води при високій темпера-

турі покращує розпилення та змішування палива, підвищує повноту згоряння і знижує викиди CO;

- підвищення детонаційної стійкості суміші дозволяє збільшити ступінь стиснення і потужність двигуна або використовувати бензин з нижчим октановим числом.

Недоліки водних добавок:

- прискорене (приблизно в 1,5 рази) зношування циліндропоршневої групи через присутність води;
- зростання викидів вуглеводнів унаслідок погіршення умов горіння в пристінковому шарі камери згоряння.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ І РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. Швидкопсувні харчові продукти належать до особливої категорії вантажів, що потребують спеціалізованого транспорту та дотримання температурного режиму на всіх етапах перевезення. Витрати на логістику таких товарів можуть сягати половини їх роздрібної вартості. Оптимальним рішенням є організація перевезень через логістичні центри з використанням безперервних холодкових ланцюгів постачання («cold chain»). Такий підхід підвищує ефективність доставки завдяки скороченню кількості посередницьких ланок.
2. Визначено, що оцінка ефективності доставки швидкопсувних продуктів має базуватися на комплексному аналізі показників усього ланцюга постачання — від виробника до кінцевого споживача. Необхідними компонентами такої системи є: спеціалізований рухомий склад, сучасні технології зберігання та складської обробки, а також інтегровані інформаційні системи для координації дій усіх учасників логістичного ланцюга в режимі реального часу.
3. За результатами розрахунків встановлено переваги оптимізованої схеми постачання. Для варіанту 2 загальна відстань перевезення становить лише 315,66 км порівняно з 588,93 км для варіанту 1. Відповідно, сукупні транспортні витрати за схемою 2 складають 7160 грн, тоді як за схемою 1 — 8300,1 грн, що підтверджує економічну доцільність впровадження оптимізованої логістичної моделі.