УДК 656.078

І.С. Мурований, А. І. Лазарчук

Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСТАВКИ ДРІБНОПАРТІЙНИХ ВАНТАЖІВ У МІЖМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ

Розглянуто підходи до удосконалення доставки дрібнопартійних вантажів у міжміському сполученні. Обґрунтовано доцільність консолідації відправок, пулінгу, крос-докінгу, маршрутизації та цифрового моніторингу для зменшення витрат і підвищення якості обслуговування. Акцентовано увагу на проблемах координації учасників, нерівномірності попиту, часових обмеженнях і потребі прозорого відстеження вантажів. Запропоновано напрями підвищення ефективності через регіональні центри консолідації, автоматизацію складських операцій, гнучку тарифікацію та поєднання автомобільного транспорту з мультимодальними рішеннями для забезпечення своєчасності, збереження вантажів і стабільної конкурентоспроможності логістичних операторів на ринку в сучасних умовах розвитку.
Ключові слова: *дрібнопартійні вантажі, консолідація, крос-докінг, пулінг, маршрутизація, цифровізація, доставка.*

Approaches to improving the delivery of small-batch cargo in intercity traffic are considered. The feasibility of consolidating shipments, pooling, cross-docking, routing and digital monitoring is substantiated to reduce costs and improve service quality. Attention is focused on the problems of coordination of participants, uneven demand, time constraints and the need for transparent cargo tracking. Directions for increasing efficiency through regional consolidation centers, automation of warehouse operations, flexible pricing and combining road transport with multimodal solutions are proposed to ensure timeliness, cargo safety and stable competitiveness of logistics operators in the market in modern development conditions.
Keywords: *small-batch cargo, consolidation, cross-docking, pooling, routing, digitalization, delivery*

Розвиток електронної комерції, розширення мереж роздрібної торгівлі та зростання частки індивідуальних замовлень змінили структуру попиту на транспортні послуги. У міжміському сполученні дедалі частіше потрібно доставляти не повні автомобільні партії, а невеликі відправлення з різними строками, адресами, умовами обробки та вимогами до сервісу. Для перевізника це створює суперечність між потребою клієнта отримати швидку й прозору доставку та необхідністю забезпечити економічно доцільне використання рухомого складу, складських площ і трудових ресурсів.

Дрібнопартійні вантажі характеризуються невеликою масою або обсягом окремого відправлення, але значною кількістю замовлень, що потребують сортування, групування, проміжної обробки та контролю. Якщо такі вантажі перевозити окремими рейсами, собівартість доставки різко зростає, а коефіцієнт використання вантажомісткості транспортних засобів залишається низьким. Водночас надмірна консолідація може збільшити час очікування, ускладнити відстеження й погіршити якість сервісу. Саме тому актуальним є пошук збалансованої організації перевезень, у якій економія ресурсів не досягається за рахунок втрати надійності та своєчасності доставки.

Особливої ваги ця проблема набуває для міжміських маршрутів, де відстань перевезення є достатньо великою, а вантажопотоки між окремими пунктами можуть бути нерівномірними. У таких умовах ефективність залежить не лише від вибору автомобіля чи тарифу, а й від побудови мережі консолідаційних пунктів, графіків відправлення, алгоритмів маршрутизації, способів складської обробки та інформаційної взаємодії з клієнтом.

Проблематика доставки дрібнопартійних і збірних вантажів розглядається в українських дослідженнях переважно через питання підвищення ефективності транспортного обслуговування, оптимізації маршрутів і впорядкування процесів консолідації [1, 2].

Окремий напрям наукових пошуків пов'язаний із крос-докінгом і скороченням часу складської обробки [3]. Ефективність управління вантажними роботами із застосуванням алгоритмів нечіткої логіки, зокрема в умовах використання крос-докінгу [6]. Такі підходи показують, що проблема доставки дрібних партій вантажів не обмежується тільки маршрутом, а включає також організацію вантажних робіт і обробку інформації.

Для міжміського та міжнародного сполучення важливими є також дослідження комбінованих і мультимодальних технологій [4, 5].

Базовим підходом до організації доставки дрібнопартійних вантажів є консолідація, тобто об'єднання відправлень різних клієнтів у більші транспортні партії. Її головна перевага полягає у кращому використанні вантажомісткості автомобіля, зниженні питомих транспортних витрат і можливості формувати регулярні міжміські рейси. Водночас консолідація потребує точного планування часу приймання вантажів, сортування, накопичення достатнього обсягу відправок і подальшого розподілу за напрямками. Якщо ці процеси не узгоджені, економія на перевезенні може бути втрачена через затримки, додаткові складські операції та помилки у розподілі вантажів [1, 2].

Для підвищення ефективності консолідації доцільно формувати регіональні або локальні центри обробки дрібних відправлень. Такі центри можуть виконувати функції приймання, сортування, тимчасового накопичення, комплектування транспортних партій і передачі вантажів на міжміські маршрути. У межах регіону це дає змогу зменшити кількість малозавантажених рейсів, а на магістральних напрямках забезпечити стабільніші вантажопотоки. Важливо, щоб центри консолідації розміщувалися не лише за критерієм мінімальної відстані, а й з урахуванням густоти клієнтів, доступності транспортної інфраструктури, можливості швидкого перевантаження і прогнозованої нерівномірності попиту.

Пулінг дрібних відправок є близьким до консолідації, але більше орієнтується на спільне використання транспортного ресурсу декількома клієнтами або логістичними операторами. У міжміському сполученні така модель дає змогу об'єднувати вантажі на початковому етапі доставки, переміщувати їх одним рейсом до міста або регіону призначення, а потім розподіляти між кінцевими отримувачами. Перевагою пулінгу є зменшення дублювання маршрутів і можливість скорочення порожніх пробігів. Основними обмеженнями залишаються різні часові вимоги клієнтів, неоднорідність вантажів, потреба в узгодженні тарифів і підвищені вимоги до інформаційної прозорості. Крос-докінг доцільно застосовувати тоді, коли вантаж не потребує тривалого зберігання, а основним завданням є швидке переформування партій. У цій моделі відправлення прибувають на проміжний термінал, сортуються за напрямками й майже одразу завантажуються на інші транспортні засоби. Для дрібнопартійних вантажів це дозволяє зменшити складські запаси, скоротити час перебування вантажу в логістичній системі та пришвидшити доставку.

Проте ефективність крос-докінгу залежить від точності графіків прибуття, готовності персоналу, пропускної спроможності зон навантаження та інформаційної синхронізації між відправниками, перевізниками й одержувачами [3, 6].

Маршрутизація є одним із ключових інструментів удосконалення міжміської доставки. Для простих випадків може застосовуватися пошук найкоротшого шляху, однак у реальній роботі з дрібними партіями вантажів потрібно враховувати кілька пунктів забору й доставки, часові вікна, черговість обслуговування, вантажомісткість автомобіля, обмеження щодо сумісності вантажів і стан дорожньої мережі. Тому більш придатними є моделі задачі маршрутизації транспортних засобів, задачі комівояжера, евристичні алгоритми та інструменти оптимізації, які дозволяють отримувати прийнятні рішення для великих масивів замовлень без надмірних витрат часу.

Цифрові технології суттєво змінюють можливості управління дрібнопартійними перевезеннями. Системи управління транспортом, GPS-моніторинг, електронні заявки, автоматизоване формування маршрутних листів, штрих-кодування та клієнтські онлайн-портали забезпечують більшу прозорість логістичного процесу. Для клієнта це означає можливість бачити статус відправлення, прогнозований час прибуття та повідомлення про відхилення. Для перевізника цифровізація дає змогу аналізувати завантаження автомобілів, частоту затримок, ефективність маршрутів, роботу складів і якість виконання замовлень.

Важливою умовою ефективності є автоматизація вантажних робіт і застосування засобів пакетування. Дрібні відправлення часто потребують багаторазового переміщення, сортування та тимчасового групування, тому ручна обробка збільшує ризик помилок і пошкоджень. Використання палетування, контейнерів, маркованої тари, ручних і електричних візків, конвеєрних ліній, автоматичних стрейч-обмотувачів та систем сортування скорочує час обробки й підвищує збереженість вантажів. При цьому засоби пакетування мають відповідати фізичним властивостям вантажу, способу перевезення та вимогам до його ідентифікації.

Мультимодальні рішення можуть бути доцільними для довших міжміських або міжнародних напрямків, де автомобільний транспорт не завжди є найвигіднішим на всій довжині маршруту. Поєднання автомобільного, залізничного або контрейлерного перевезення дозволяє знизити витрати

на магістральній ділянці, зберігши гнучкість автомобільної доставки на першій і останній милі. Для дрібнопартійних вантажів така модель потребує ретельного узгодження терміналів, графіків, тарифів і відповідальності учасників, але може підвищити стійкість логістичної системи та зменшити залежність від одного виду транспорту [4].

Економічний ефект від удосконалення доставки дрібнопартійних вантажів доцільно оцінювати не лише через зменшення витрат на один кілометр. Важливими показниками є коефіцієнт використання вантажомісткості автомобіля, частка порожнього пробігу, середній час обробки одного відправлення, час перебування вантажу на складі, кількість помилок сортування, своєчасність доставки та рівень клієнтських претензій. Такий набір показників дозволяє побачити реальну ефективність системи, адже низька вартість перевезення може супроводжуватися затримками, пошкодженнями або втратою довіри клієнтів.

Суттєве значення має тарифна політика, оскільки саме вона впливає на поведінку клієнтів і можливість формування стабільних вантажопотоків. Якщо тариф не враховує час доставки, габарити, масу, потребу в додатковому пакуванні, терміновість і складність останньої милі, перевізник може отримувати економічно невигідні замовлення. Гнучка тарифікація дає змогу стимулювати клієнтів до вибору консолідованої доставки, заохочувати попереднє планування відправлень і встановлювати вищу плату за термінові або нестандартні послуги. У результаті тариф стає не лише інструментом покриття витрат, а й засобом керування попитом.

Окремої уваги потребує якість сервісу, адже для дрібнопартійних вантажів клієнт часто оцінює не тільки факт доставки, а й зручність оформлення, швидкість отримання інформації, точність прогнозу прибуття та можливість оперативно змінити адресу або час отримання. Тому логістична компанія повинна формувати стандарти обслуговування: допустимий час відповіді на запит, частоту оновлення статусу відправлення, порядок повідомлення про затримку, правила компенсації у разі пошкодження чи втрати вантажу. Такі стандарти підвищують довіру клієнтів і дозволяють порівнювати якість роботи різних підрозділів.

Ризики під час доставки дрібнопартійних вантажів виникають через велику кількість операцій з кожним відправленням. Найпоширенішими є помилки маркування, неправильне сортування, змішування вантажів різних клієнтів, пошкодження під час перевантаження, затримки через очікування комплектування партії та недостатня комунікація між складом і водієм. Для зменшення таких ризиків доцільно застосовувати уніфіковане маркування, електронну ідентифікацію відправлень, контрольні сканування на кожному етапі руху, фотофіксацію пошкоджень і чіткий розподіл відповідальності між працівниками терміналу, диспетчерами та водіями.

Поетапне впровадження удосконалень може передбачати спочатку аудит наявної системи доставки, потім визначення проблемних напрямків, формування центрів консолідації, запровадження цифрового обліку, оптимізацію маршрутів і перегляд тарифної політики. На першому етапі достатньо зібрати дані про кількість відправлень, середню масу, габарити, час обробки, частоту затримок і рівень завантаження автомобілів. На наступному етапі ці дані можна використати для вибору раціональних графіків відправлення, розрахунку потреби у складських площах і визначення доцільності крос-докінгу або пулінгу.

Для підприємств, які працюють у міжміському сполученні, важливо також розділяти магістральну та розвізну частини доставки. Магістральний рейс має бути максимально завантаженим і виконуватися за стабільним графіком, тоді як розвізна частина повинна бути гнучкою та враховувати щільність адрес, часові вікна клієнтів і доступність міської інфраструктури. Такий поділ дозволяє точніше оцінювати витрати, уникати змішування різних типів операцій і будувати систему управління, у якій кожна ділянка маршруту має власні показники ефективності.

Практичне удосконалення системи доставки має ґрунтуватися на комбінуванні методів. Консолідація забезпечує економію транспортного ресурсу, пулінг зменшує дублювання рейсів, крос-докінг прискорює перерозподіл вантажів, цифрові системи підвищують прозорість, а оптимізаційні алгоритми допомагають обирати раціональні маршрути. Однак жоден із цих методів не є універсальним. Для стабільних напрямків доцільні регулярні консолідовані рейси, для нерівномірного попиту – гнучка тарифікація і пулінг, для швидких відправлень – крос-докінг, а для великих відстаней – мультимодальні схеми.

Висновки. Доставка дрібнопартійних вантажів у міжміському сполученні є складним логістичним процесом, у якому ефективність залежить від узгодження транспортних, складських, інформаційних та сервісних операцій. Основними проблемами залишаються нерівномірність попиту, різні часові

вимоги клієнтів, недостатнє завантаження автомобілів, складність сортування, ризик затримок і потреба в прозорому відстеженні кожного відправлення.

Найбільш перспективними напрямами удосконалення є розвиток регіональних центрів консолідації, застосування пулінгу, впровадження крос-докінгу, автоматизація вантажних робіт, використання цифрових систем моніторингу та оптимізація маршрутів з урахуванням часових і технологічних обмежень. Поєднання цих підходів дає змогу зменшити питомі витрати, підвищити рівень використання рухомого складу, скоротити час обробки вантажів і забезпечити кращу якість обслуговування клієнтів. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення моделей вибору раціональної схеми доставки залежно від обсягів відправлень, структури вантажопотоків і вимог до строків перевезення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сковрон І. Я., Дорош А. С., Демченко Є. Б., Болвановська Т. В., Малашкін В. В. Підвищення ефективності доставки збірних вантажів автомобільним транспортом. Транспортні системи та технології перевезень. 2020. DOI: https://doi.org/10.15802/tstt2020/217400
2. Ситенько А. Ю., Процик О. П. Сучасний стан та проблематика доставки консолідованих вантажів. Транспортні системи та технології перевезень. 2019. DOI: https://doi.org/10.15802/tstt2019/178216
3. Калініченко О. П., Севідова В. В. Підвищення ефективності операцій крос-докінгу для міжнародних автомобільних перевезень на основі розроблення спільних операційних графіків. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. 2025. DOI: https://doi.org/10.18664/1994-7852.212.2025.336554
4. Вернигора Р. В., Журавель І. Л., Єльнікова Л. О. Дослідження ефективності застосування контрейлерної технології перевезення вантажів в Україні. Транспортні системи та технології перевезень. 2021. DOI: https://doi.org/10.15802/tstt2021/247884
5. Погрібняк О. М., Дорош А. С., Демченко Є. Б. Сучасні умови та особливості правового регулювання перевезень вантажів автомобільним транспортом України. Транспортні системи та технології перевезень. 2018. DOI: https://doi.org/10.15802/tstt2018/164070
6. Пістунов І., Лущан А. Підвищення ефективності управління вантажними роботами на базі алгоритмів нечіткої логіки. Економіка та суспільство. 2020. URL: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/54

МУРОВАНИЙ Ігор Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, декан факультету транспорту та механічної інженерії Луцького національного технічного університету, e-mail: igor_lntu@ukr.net. https://orcid.org/0000-0002-9749-980X

ЛАЗАРЧУК Анна Ігорівна, здобувач вищої освіти, групи ТЛСмз-11, спеціальності J8 Автомобільний транспорт Луцького національного технічного університету, e-mail: annalazarchuk2@gmail.com

Igor MUROVANYI, PhD. in Engineering, Assoc. Professor, Dean of the Faculty of Transport and Mechanical Engineering, Lutsk National Technical University, e-mail: igor_lntu@ukr.net. https://orcid.org/0000-0002-9749-980X

Anna LAZARCHUK, higher education student, group TLSmz-11, specialty J8 Motor Transport, Lutsk National Technical University, e-mail: annalazarchuk2@gmail.com