

УДК 656.025

РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ NDA ЯК ОСНОВА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ СУЧАСНИХ МІСТ

Росолов О.В. к.т.н., доц.

Боцман А.О.

Лифенко С.Е.

Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова

Abstract

This paper contributes to a new simulation model of delivery cargo with application cargo bikes to make city logistics more sustainable. The singularities of the application of this strategy to minimize the negative impact of gas emissions of freight transport on environment in the center city was proposed. On the basis of this, the steps to develop this direction are to build a simulation model of assessment, to develop probable scenarios for its development and to assess their implications for making informed decisions in the management of urban cycling logistics have been executed.

Keywords: sustainable city logistics, cargo bikes, urban freight transport

Вступ

Ефективна система вантажних перевезень є запорукою сталого міського розвитку та забезпечення життєздатних міських центрів. Велосипедна логістика є перспективним варіантом для постачання товарів останньої милі, головним чином через підвищення рівня обізнаності з питань навколишнього середовища. Окрім екологічних переваг, слід відзначити, економічну ефективність, маневреність та безпечність застосування вантажних велосипедів.

Міська логістична система повинна бути виражена змогою забезпечувати доставку вантажу для задоволення потреб замовників та враховувати обмеження, що зумовлені міською структурою, стрімким розвитком роздрібною діяльністю та процесом розподілу.

Аналіз попередніх досліджень

Проблеми та актуальність застосування вантажних велосипедів для стійких міських вантажних перевезень розглядалися багатьма європейськими науковцями [1-3]. Деякі автори вважають, що понад 25% всіх товарів та 50% легких товарів може бути доставлено за допомогою вантажного велосипеда у містах Європи [4-6], тоді як менші оптимістичні вважають, що рівень проникнення не перевищить межу 10 % [7]. Як стверджують деякі автори, найбільшою перешкодою для поширення попиту велосипедної логістики залишається загальна відсутність визнання її переваг серед користувачів, споживачів та розробників політики [4-6].

Під час досліджень [1, 9, 10] розглядалися переваги застосування консолідації велосипедів та центрів перевантажень. Екологічний ефект від впровадження доставки вантажу велосипедами очевидний [2, 11-12], проте

варто виділити також економічність цього виду транспорту [3, 8, 13]. Мінімізація витрат на застосування велосипедів з врахуванням витрат на одиницю пройденної відстані та за годину роботи, врахуванням вартості штрафів була запропонована [3] для двох ешелонної системи з тимчасовою та просторовою синхронізацією між вантажними велосипедами та вантажівками.

Детальний аналіз [10] кількісних результатів пілотного тестування, що полягало у консолідації велосипедів та перевалочних терміналів для доставки посилок на «останній милі» доставки в Барселоні та Валенсії, показав значний потенціал для декарбонізації міського транспорту та пом'якшення змін клімату. Однак, широке впровадження цих інноваційних рішень стоїть перед значною кількістю бар'єрів. Одним з них є вибір підходу до розташування центрів перевалки вантажу. Для складних систем доставки краще застосовувати підходи, що враховують декілька факторів (об'єм вантажу, вартість доставки та кількість одержувачів), наприклад евристичні методи [14]. Проте, до суттєвих недоліків більшості цих алгоритмів відносять не врахування особливостей технологічного процесу транспорту, таких як способи маршрутизації, процедури планування та інше.

Застосування цієї системи доставки є успішно реалізованою у більшості великих міст країн Європи, таких як Великобританія, Іспанія, Франція, Бельгія та ін.. В Україні досвід використання вантажних велосипедів на поточний час відсутній.

Постановка проблеми

Критерієм оптимізації в більшості проведених досліджень є мінімізація витрат на транспортування та оцінки наслідків від застосування вантажних велосипедів в контексті навколишнього середовища. Ефективність роботи такої логістичної системи доставки безперечно залежить від місця розташування розподільчого центру, визначення якого повинно враховувати параметри попиту, клієнтів та системи транспортування. Недостатність інформації про будь-яку з вище наведених підсистем ускладнює розробку заходів в рамках велосипедної вантажної логістики. Це є основою для розвитку даного напрямку в рамках нашої країни. В якості заходів по реалізації стратегії сталих міст обрано систему NDA (nearby delivery area), яка передбачає виконання доставки в центральну частинку міста за двох ешелонною системою. В рамках другого ешелону застосовується транспорт з низьким рівнем викидів оксиду вуглецю в атмосферу. Система NDA передбачає формування транспортних вузлів, в яких виконується перевантаження товарів з вантажного транспорту (перший рівень ешелону) на екологічний вид вантажного транспорту (електричні автомобілі, вантажні велосипеди та інш.)

На основі цього першим кроком в зазначеному напрямку є побудова імітаційної моделі оцінки наслідків функціонування системи NDA на основі вихідної формалізованої моделі ланцюгу постачань з урахуванням ключових її параметрів. Наступним кроком є розробка можливих сценаріїв її розвитку та оцінки їх наслідків для прийняття зважених рішень в управлінні міської велосипедної логістики, що є запорукою сталого розвитку сучасного міста.

Мета та завдання

Метою дослідження є вирішення проблеми оптимізації вантажних перевезень до кінцевого споживача шляхом використання вантажних велосипедів на прикладі м. Бровари з застосуванням розподільчих центрів. Об'єктом дослідження є процес транспортування швидкопсувних продуктів в межах міста з використанням вантажних велосипедів. Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан питання імплементації парадигми сталих міст.
2. Формалізувати основні складові ланцюгу постачань в рамках міста з використанням вантажних велосипедів.
3. Розробити математичну модель об'єкту дослідження.
4. Розробити модель функціонування системи доставки вантажів за допомогою вантажних велосипедів.

Результати вирішення основних завдань проблеми

Моделювання виконане за допомогою сучасного програмного продукту PTV VISUM, що дозволяє не тільки створити імітаційну модель, а й визначити сценарії розвитку, позитивні та негативні наслідки від її застосування. За рахунок цих переваг можливо більш детально опрацювати поставлені задачі.

Моделювання виконане на основі створеної моделі вулично-дорожньої мережі рис. 1 з урахуванням кількості смуг, пропускної спроможності доріг, напрямку руху і середньої швидкості руху та з диференціацією за системами транспорту – громадський пасажирський транспорт, вантажні велосипеди, вантажні автомобілі та індивідуальний транспорт.

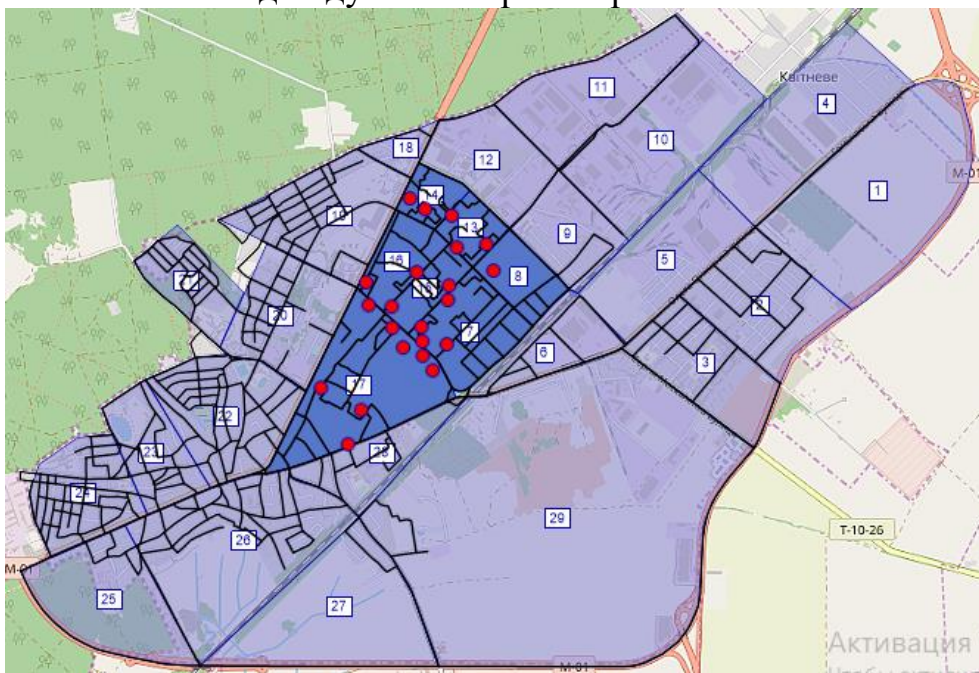


Рисунок 1 Транспортна мережа міста

Виділена область є досліджуваною центральною частиною міста з площею 3,875 км² та загальною протяжністю доріг 56,66 км. Червоними точками позначено розташування об'єктів транспортного обслуговування. Щільність дислокації цих об'єктів становить 9,03 од./км².

Наразі доставка вантажу по місту здійснюється вантажними транспортними засобами, які, як відомо, оказують негативний вплив на навколишнє середовище. Відповідно до цього в роботі показником оцінки ефективності функціонування ланцюгу постачань в умовах міста обрано вплив вантажного транспорту на навколишнє середовище. Саме тому, запропоноване обмеження доступу лише вантажних транспортних засобів для перевезення вантажу по центральній території міста протягом всієї доби. При цьому міський пасажирський та легковий індивідуальний транспорт буде функціонувати у звичайному режимі (за існуючих умов схеми дорожнього руху).

Аналіз транспортної мережі до та після введення таких заходів показав зміни деяких параметрів транспортної мережі (табл. 1).

Таблиця 1 Характеристика транспортної мережі

Параметри	До введення заходів	Після введення заходів
Протяжність транспортної мережі, км	300,174	243,514
Лінійна щільність транспортної мережі для вантажних автомобілів, км/км ²	8,29	6,73

Наслідками застосування таких заходів є збільшення часу їздки поза обмеженою територією, через збільшення затримок, щільності транспортного потоку, та як наслідок зменшення середньої швидкості пересування транспортних засобів. Проте, обраний захід, шляхом перерозподілу транспортного потоку, гарантує зменшення шкідливих викидів транспортних засобів у центральній частині міста для забезпечення її життєздатності.

Логістична система міста в якій здійснюється процес доставки вантажів складається з таких елементів, як система попиту на поставку товарів та підсистема, яка обслуговує цей попит. Математичну модель системи можливо описати як:

$$M = \langle P, S \rangle, \quad (1)$$

де P – модель попиту на перевезення товарів; S – модель транспортного обслуговування.

Модель попиту на поставку, що відображає потреби споживачів у поставці вантажів може бути представлена як об'єм перевезення в N полігон:

$$Q = \langle Q_{npN} \rangle \quad (2)$$

де Q_{npN} – об'єм перевезення в N полігон, т;

$$Q_{npN} = (q_{iN}) \quad (3)$$

де q_{iN} – кількість постачальників в N полігоні.

Модель обслуговування попиту на поставку товарів, що включає такі транспортні засоби, як вантажні велосипеди (B) та вантажні автомобілі (F) описується як:

$$S = \langle B, F \rangle, \quad (4)$$

Підсистема обслуговування вантажні велосипеди представлена як:

$$B = \langle b_i \rangle \quad (5)$$

де b_i – тип велосипеда;

$$b_i = \{q_{ni}, V_{г.о.}\} \quad (6)$$

де q_{ni} – вантажопідйомність i велосипеда, кг; $V_{г.о.}$ – характеристика вантажного місця;

$$V_{г.о.} = (h, l, k) \quad (7)$$

де h – висота, см; l – довжина, см; k – ширина, см.

В свою чергу підсистема обслуговування «вантажні автомобілі» представлена як:

$$F = \langle W, V_T, T_H, C_i \rangle \quad (8)$$

де W – транспортна робота, т-км; V_T – технічна швидкість, км/год; T_H – час роботи у наряді, год.; C_i – кількість викидів, г/м³.

$$W = (\lambda, l_{тр}) \quad (9)$$

де λ – коефіцієнт завантаженості транспортного засобу; $l_{тр}$ – відстань вантажного пробігу, км;

$$V_T = (P_n), \quad (10)$$

де P_n – щільність потоку, авт./км.

$$C_i = \left(\frac{t_{дв}}{L_m} \cdot m_{lik} \right), \quad (11)$$

де $t_{дв}$ – часу руху транспортного засобу, год.; L_m – пройдена відстань, км; m_{lik} – питомі викиди забруднюючих речовин.

Висновки

На основі аналізу сучасних підходів до сталого розвитку міст було визначено, що міська велосипедна логістика є перспективним напрямком досліджень для покращення життєздатності їх центрів. Основним складовими ланцюгу постачань в рамках міста є параметри попиту, клієнтів та системи транспортування. Тому, побудована математична модель складається з двох елементів: моделі попиту на перевезення товарів та моделі обслуговування. За допомогою створеної імітаційної моделі функціонування системи доставки вантажними велосипедами були визначені головні критерії оптимізації функціонування системи доставки вантажів. До них можна віднести: раціональне розміщення розподільчого складу вантажних велосипедів та обмеженість в'їзду вантажного транспортного засобу в центр міста.

Запропонована імітаційна модель передбачає підвищення ефективності вантажних перевезень швидкопсувних товарів до кінцевого споживача шляхом використання вантажних велосипедів на території міста з метою поліпшення стану навколишнього середовища.

Подальші дослідження будуть спрямовані на:

1. Проведення маршрутизації доставки вантажів за методом Кларка-Райта на основі матриці найкоротших шляхів оціненої за алгоритмом Дейкстри;
2. Проведення аналізу сценаріїв розвитку запропонованого варіанту доставки вантажу;
3. Оцінювання його ефективності в порівнянні з існуючою логістичною системою у місті Бровари.

Література

1. Staricco L. The spatial dimension of cycle logistics / L. Staricco, E. V. Brovarone. // *Journal of Land Use, Mobility and Environment*. – 2016. – № 9(2). – p. 173-190.
2. Browne M. Evaluating the use of an urban consolidation centre and electric vehicles in central London/ M. Browne, J. Allen, J. Leonardi. – 2011. – № 35(1). – p. 1-6.
3. Anderluh A. Synchronizing vans and cargo bikes in a city distribution network / A. Anderluh, V. C. Hemmelmayr, P. C. Nolz // *Central European Journal of Operations Research*. – 2017. – № 25(2). – p. 345-376.
4. Gruber J. Technical potential and user requirements for the implementation of electric cargo bikes in courier logistics services / J. Gruber, V. Ehrler, B. Lenz. // *13th World Conference on Transport Research (July 15-18, 2013 – Rio de Janeiro, Brasil)*. – 2013.
5. Gruber J. Factors determining the introduction of cargo bikes in urban commercial transport / J. Gruber, C. Rudolph, V. Kolarova. // *ZEITSCHRIFT FÜR WIRTSCHAFTSGEOGRAPHIE*. – 2015. – № 2(59). – p. 115-129
6. Lenz B. Bikes for urban freight? Experience in Europe / B. Lenz, E. Riehle. // *Transportation Research Record*. – 2013. – № 2379(1). – p. 39-45.
7. Melo S. Comparing the use of small sized electric vehicles with diesel vans on city logistics / S. Melo, P. Baptista, A. Costa. // *Procedia-Social and Behavioral Sciences*. – 2014. – № 111. – p. 1265-1274.
8. Wrighton S. Cycle Logistics—moving Europe forward! / S. Wrighton, K. Reiter. // *Transportation Research Procedia*. – 2016. – №. 12. – p. 950-958.
9. Schliwa G. Sustainable city logistics—Making cargo cycles viable for urban freight transport / Schliwa // *Research in Transportation Business & Management*. – 2015. – № 15. – p. 50-57.
10. Navarro C. Designing new models for energy efficiency in urban freight transport for smart cities and its application to the Spanish case / Navarro // *Transportation Research Procedia*. – 2016. – № 12. – p. 314-324.
11. Conway A. Cargo cycles for local delivery in New York City: Performance and impacts / A. Conway, J. Cheng, C. Kamga, D. Wan. // *Research in Transportation Business & Management*. – 2017. – № 24. – p. 90-100.
12. Goodchild A. An analytical model for vehicle miles traveled and carbon emissions for goods delivery scenarios / A. Goodchild, E. Wygonik, N. Mayes. // *European Transport Research Review*. – 2018. – № 10(1).
13. Arnold F. Simulation of B2C e-commerce distribution in Antwerp using cargo bikes and delivery points / F. Arnolds. // *European Transport Research Review*. – 2018. – № 10(1).
14. Naumov V. Wybór lokalizacji punktu przeładunkowego na potrzeby rowerowego systemu dostaw ładunków / V. Naumov, J. Starczewski, A. Szarata. – 2018.
15. Hrynkiv A. Operational evaluation of motor oils of trucks by their thermal oxidative stability. *Технологический аудит и резервы производства*. - Харків : Технологічний центр. 2019. - № 3 (1). - С. 25-30.