

Міська логістика має на меті зменшити неприємності, пов'язані з перевезенням вантажів у містах, одночасно підтримуючи економічний та соціальний розвиток міст. Основна ідея полягає в тому, щоб розглядати окремі зацікавлені сторони та рішення як складові інтегрованої логістичної системи. Це передбачає координацію вантажовласників, перевізників та самого процесу перевезень, а також консолідацію вантажів кількох замовників та перевізників в однакові екологічні транспортні засоби. Міська логістика прямо прагне оптимізувати такі вдосконалені системи міського транспорту. Необхідно зосередитись на складній проблемі планування міської логістики, інтегрованому короткостроковому плануванні операцій та управлінні ресурсами для загальної справи, що включає дворівневу структуру розподільчого обладнання. Основна ідея міської логістики полягає в тому, що кількість транспортних засобів, що подорожують у міських районах, може бути зменшена за рахунок більш ефективного використання транспортних засобів: збільшення коефіцієнтів використання вантажності та меншої кількості «порожніх їздок». Як вказується у більшості літератури з питань логістики, значних вигрashів можна досягти лише шляхом впорядкування розподільчої діяльності, що призведе до зменшення вантажних транспортних засобів у межах міста [1-3]. Консолідація вантажів різних вантажовідправників та перевізників у межах одних і тих же транспортних засобів, пов'язана з певною формою координації операцій у місті, є одними з найважливіших засобів досягнення цієї раціоналізації дистриб'юторської діяльності. Використання так званих «зелених транспортних засобів» та інтеграція інфраструктури громадського транспорту (наприклад, легкі залізничні або водні канали) можуть посилити їх системи та додатково зменшити рух вантажівок та пов'язані з цим викиди у місті. Але консолідація та координація є основними поняттями міської логістики.

Діяльність з консолідації відбувається в так званих міських розподільчих центрах (МРЦ) [4-7]. Транспортні засоби для перевезень на довгі відстані різних режимів стикуються в МРЦ, щоб вивантажити свій вантаж. Потім вантажі сортуються та об'єднуються в машини меншої вантажності, які доставляють їх до кінцевих пунктів призначення. Таким чином, міський розподільчий центр - це об'єкт, де вантажі консолідується перед розподілом.

В цьому дослідженні висувається ряд умов: 1. Розглядається логістична структурна система. Встановлені експедитори, закріплені замовники на один або кілька експедиторів, визначені коридори для міських вантажних автомобілів. Кожен експедитор має свої особливості з точки зору робочого часу та потужності з точки зору кількості міських вантажних підприємств, з якими він може працювати. 2. Відомі типи та кількість транспортних засобів, вантажних підприємств та їх характеристики. 3. Найбільший попит відомий, і планування виконується відповідно. Потенційні зміни цього попиту, а також будь-який додатковий попит повинні оброблятися в режимі реального часу під час фактичних операцій. Характеристики попиту з точки зору обсягу, типу товару, часового вікна у замовника тощо також вважаються відомими. 4. Впроваджується інтелектуальна транспортна система та процедури електронного бізнесу, що забезпечують засоби збору даних, пов'язаних з

дорожнім рухом, ефективного обміну інформацією між учасниками та контролю операцій.

У таблиці 1 узагальнено позначення, які мають значення для всіх моделей.

Таблиця 1 - Загальні позначення

Позначення	Назва позначення
$E = \{e\}$	Множина зовнішніх зон
$P = \{p\}$	Множина видів товару
$C = \{c\}$	Множина клієнтів
$D = \{d\}$	Множина вимог замовника: обсяг $vol(d)$ товару $p(d)$, доступний починаючи з періоду $t(d)$ у зовнішній зоні $e(d)$, який доставляється замовнику $c(d)$ в інтервалі часу $[a(d), b(d)]$
$\delta(d)$	Час обслуговування замовника
$T = \{\tau\}$	Множина типів міських вантажних автомобілів
u_τ	Вантажопідйомність відповідного типу міського вантажного автомобіля
n_τ	Кількість міських вантажних автомобілів відповідного типу
$T(p)$	Набір типів міських вантажних автомобілів, які можуть бути використані для транспортування товару p
$V = \{v\}$	Множина видів вантажовідправників (вантажовласників)
u_v	Обсяг відправлення у відповідного виду вантажовласників
n_v	Кількість вантажовідправників (вантажовласників) відповідного виду
$V(p)$	Множина вантажовідправників (вантажовласників) відповідного виду, які можуть бути використані для транспортування товару p
$S = \{s\}$	Множина експедиторів (виконують роль центру по збору інформації замовлення, вантаж, вартісні характеристики, а також здійснюють збір вантажу, його збереження і т.п.)
π_s	Обсяг замовлення відповідного експедитора з точки зору необхідної кількості міських вантажних автомобілів
λ_s	Обсяг замовлення відповідного експедитора з точки зору можливості вантажовідправника
$\delta(\tau)$	Час, необхідний для розвантаження міського вантажного автомобіля відповідного типу у експедитора
$\delta(v)$	Час навантаження у експедитора відповідного виду
$\delta_{ij}(t)$	Час у дорозі між двома пунктами i, j у місті, де кожен пункт може бути учасником процесу доставки. Переміщення починається в відповідний період часу t , а тривалість коригується для відповідних умов вулично-дорожньої ситуації.

Визначено три набори змінних прийняття рішень, що відповідають вибору міських вантажних послуг, робочим завданням міського та вантажного транспорту та маршрутам попиту відповідно:

$P(r) = 1$, якщо вибрано (відправлено) міське автотранспортне обслуговування $r \in R$, інакше 0; можна встановити обмеження щодо мінімального навантаження на відправлення, але вони не будуть включені в цю модель.

$\varphi(h) = 1$, якщо вибрано (експлуатується) робоче завдання $h \in H()$, інакше 0;

$\zeta(m) = 1$, якщо використовується маршрут $m \in M(d)$ попиту $d \in D$, інакше 0.

Метою формалізації моделі є мінімізація кількості транспортних засобів у місті, зокрема міських вантажних автомобілів, при задоволенні вимог попиту, шляхом визначення сумарних витрат

$$V_{\Sigma} = \sum_{r \in R} k(r)p(r) + \sum_{h \in H} k(h)\varphi(h) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $\sum_{r \in R} k(r)p(r)$ - витрати на виконання r операцій транспортним підприємством

з урахуванням рівня їх виконання $p(r)$, грн;

$\sum_{h \in H} k(h)\varphi(h)$ - витрати на виконання h операцій експедитором з урахуванням

рівня їх виконання $\varphi(h)$, грн.

За умови

$$\sum_{d \in D} \sum_{m \in M(d,r)} vol(d)\xi(m) \leq u_r p(r), \text{ нпу } r \in R, \quad (2)$$

$$\sum_{d \in D} \sum_{m \in M(d,l,h)} vol(d)\xi(m) \leq u_v \varphi(h), \text{ нпу } l \in C_l, h \in H, \quad (3)$$

$$\sum_{m \in M(d)} \xi(m), \text{ нпу } d \in D, \quad (4)$$

$$\sum_{i=t-\delta(\tau)+1} \sum_{r \in R(s,i)} p(r) \leq \pi_s, \text{ нпу } s \in S, t = 1, \dots, T, \quad (5)$$

$$\sum_{i=t-\delta(\tau)+1} \sum_{h \in H(s,i)} \varphi(h) \leq n_v, \text{ нпу } v \in V, \quad (6)$$

$$\sum_{h \in H(v)} \varphi(h) \leq n_v, \text{ нпу } v \in V, \quad (7)$$

$$p(r) \in \{0,1\}, \text{ нпу } r \in R, \quad (8)$$

$$\varphi(h) \in \{0,1\}, \text{ нпу } h \in H, \quad (9)$$

$$\xi(m) \in \{0,1\}, \text{ нпу } m \in M(d), d \in D. \quad (10)$$

Міська логістика має на меті зменшення проблем, пов'язані з перевезенням вантажів у містах, одночасно підтримуючи економічну та соціальну складову розвитку міста. В дослідженні представлені окремі зацікавлені сторони як складові інтегрованої логістичної системи. Це передбачає координацію замовників, перевізників та експедиторів, а також консолідацію вантажів кількох замовників у експедиторів в транспортні засоби. Побудовано модель за допомогою якої можна

оцінити рівень ефективного використання міських вантажних автомобілів, при задоволенні вимог попиту. В подальшому планується провести розробку варіантів запропонованої моделі та здійснити моделювання, результати якого дозволять застосувати їх до різних сценаріїв проектування, компонування та експлуатації міських логістичних системи.

Література.

1. Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Lavrentieva, O., Filatov, S.: The procedures of logistic transport systems simulation into the petri nets environment, CEUR Workshop Proceedings, 2020. Vol. 2732, pp. 854-868.

2. Volkov, V., Taran, I., Volkova, T., Pavlenko, O., & Berezhnaja, N. (2020). Determining the Efficient Management System for a Specialized Transport Enterprise. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, pp. 185-191.

3. Нефьодов, В.М. Побудова логістики поставки консолідованих вантажів з України в Європу [Текст] / В.М. Нефьодов, О.В. Павленко, Д.О. Великодний // Комунальне господарство міст. - 2021. - 161. – С. 191-198.

4. Volkov, V., Taran, I., Volkova, T., Pavlenko, O., & Berezhnaja, N. (2020). Determining the Efficient Management System for a Specialized Transport Enterprise. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 4, pp. 185-191.

5. Aulin, V., Pavlenko, O., Velikodnyy, D., Kalinichenko, O., Zielinska, A., Hryniv, A., Diychenko, V., Dzyura, V. (2019). Methodological approach to estimating the efficiency of the stock complex facing of transport and logistic centers in Ukraine. *Proceedings Paper 1st International Scientific Conference on Current Problems of Transport (ICCPT)*, 120-132.

6. Kopytkov, D., Pavlenko, O., Kalinichenko, O. A technique to determine the optimum package of logistic services provided by the transport and logistics centre. *Modern Management: Logistics and Education. Monograph*. 2018. P. 150-157.

7. Aulin, V., Lyashuk, O., Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Hryniv, A., Lysenko, S., Holub, D., Vovk, Y., Dzyura, V., Sokol, M. (2019). Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system. *Communications - Scientific Letters of the University of Zilina*, 21(2), 3-12.