УДК 656.073.3 **DOI 10.33042/2522-1809-2021-1-161-187-190**

В.М. Нефьодов, О.В. Павленко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ПОБУДОВА МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАРТІОННИХ ВАНТАЖІВ В МІСТАХ

У статті в результаті аналізу існуючих критеріїв ефективності автомобільних перевезень партіонних вантажів у містах критерієм обрано собівартість перевезень. Провівши формалізацію об'єкту дослідження, розроблено модель «білої скрині», в якій для виділених вхідних параметрів (кількість пунктів завозу, вантажність автомобіля, середній розмір партії вантажу, що завозиться в один пункт) побудовано математичну модель системи автомобільних перевезень партіонних вантажів в містах, при якої собівартість перевезення буде мінімальною.

Ключові слова: *модель, партіонні вантажі, автомобільний транспорт.*

Постановка проблеми

Автомобільний транспорт безпосередньо впливає на розвиток економіки країни, розміщення промислового й сільськогосподарського виробництва, планування міст, розвиток народної освіти, культури й інші сторони життя суспільства, забезпечуючи значну частку економії суспільного часу. Серед всіх видів транспорту автомобільний займає особливе місце, тому що на його частку доводиться більше половини всіх транспортних витрат, їм перевозиться близько 60 % всіх вантажів.

Ефективність перевезення вантажів є соціально значимим фактором. Частка транспортних витрат, що враховується при формуванні цін на кінцеву продукцію доходить до 50 %, тому вартість надання транспортних послуг має великий вплив на кінцеву ціну товару, у зниженні якої як споживач зацікавлена кожна людина. Тому проблема підвищення ефективності та зниження собівартості перевезення вантажів потребує особливої уваги.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

При існуючих проблемах вантажних перевезень у містах необхідно запропонувати таку систему перевезення вантажів, при якій собівартість перевезення буде мінімальною, враховуючи основний принцип логістики «точно в термін» (just-in-time). Це підвищить попит на послуги підприємства, тим самим збільшуючи його прибуток. Перевізники при маршрутизації перевезень приділяють увагу скороченню відстані перевезення. Рухомий склад працює на нераціональних маршрутах, що призводить до зниження ефективності його функціонування, збільшення собівартості транспортної продукції.

Вибір критерію ефективності залежить від конкретних умов перевезень та розв'язуваної задачі. Розрізняють локальні (приватні) та узагальнені (комплексні) критерії ефективності.

Локальні критерії ефективності застосовують, якщо порівнювані варіанти перевезень відрізняються по одному окремо взятому показнику. Так, впровадження годинних графіків перевезень виключає простої автомобілів у черзі. В цьому випадку ефективність порівнюваних варіантів перевезень може бути оцінена одним показником: тривалість простоїв автомобіля в пунктах навантаження і розвантаження. Можливе використання також вартісної оцінки простоїв транспорту. Впровадження раціональних маршрутів перевезень забезпечує зменшення холостих пробігів. Різниця в порівнюваних варіантах в цьому випадку може бути оцінена скороченням порожніх пробігів автомобілів або іншими показниками, пов'язаними з порожнім пробігом (коефіцієнт використання пробігу, загальний пробіг, витрата палива і т. ін.).

У якості локальних показників ефективності використовують технологічні параметри транспортного процесу: середня відстань перевезення, нульовий пробіг, порожній пробіг, сумарна вантажність автомобілів, середній коефіцієнт використання вантажопідйомності, сумарний простій автомобілів, потреба в автомобілях, тонно-години, витрачені на виконання заданого обсягу перевезень, загальний час на виконання перевезень, своєчасність перевезення, швидкість перевезення вантажу, величина втрат вантажу в дорозі, збереження вантажу.

Комплексні показники ефективності застосовують тоді, коли одночасно змінюються кілька характеристик транспортного процесу. Наприклад, заміна рухомого складу призводить до зміни вантажопідйомності, часу простою під навантаженням (розвантаженням), питомої витрати палива, амортизаційних відрахувань та ін.

© Нефьодов В.М., Павленко О.В.

З урахуванням терміновості поставки партіонних вантажів, а також враховуючи складність та багатоелементність процесу таких перевезень, найбільш прийнятним критерієм оцінки формування раціональної технології системи автомобільних перевезень партіонних вантажів в містах виступає собівартість перевезень.

Формулювання мети статті

Метою даної роботи є побудова моделі системи автомобільних перевезень партіонних вантажів в містах. Об'єктом дослідження є процес автомобільних перевезень партіонних вантажів в містах.

Предметом дослідження є закономірність впливу технологічних параметрів процесу перевезень на ефективність автомобільних перевезень партіонних вантажів в містах.

Виклад основного матеріалу

Проаналізувавши переваги та недоліки всіх методів моделювання, враховуючи рекомендації наукової літератури, було прийнято рішення про використання математичного моделювання через його універсальність і точність одержуваних результатів [1, 2].

В результаті аналізу існуючих критеріїв ефективності автомобільних перевезень партіонних вантажів в містах критерієм обрано собівартість перевезень. У роботі запропоновано таку математичну постановку задачі маршрутизації автомобільних перевезень партіонних вантажів в містах, при якої собівартість перевезення буде прагнути до мінімуму.

$$S_{\text{пер}} = \frac{\sum_{i=1}^{5} B_i}{\sum_{i=1}^{5} Q_i} \to \min , \qquad (1)$$

де $\sum_{i=1}^{5} B_i$ – витрати на перевезення, грн;

$\sum_{i=1}^{5} Q_i$ – обсяг перевезень, т;

і – день тижня (i = 1…5).

Цільова функція має вигляд

$$S_{\text{пер}} = f(q_{\text{н}}, g, n_{\text{з}}, V_{\text{т}}, t_{\text{оч}}, l_0) \to \min , \qquad (2)$$

де $q_н$ – вантажність автомобіля, т;

g – середній розмір вантажу, що завозиться в один пункт, т;

$n_з$ – кількість пунктів завозу вантажу;

$V_т$ – технічна швидкість автомобіля км/год.;

$t_{оч}$ – час очікування автомобілем навантаження (розвантаження), год.;

l_0 – пробіг автомобіля до місця навантаження, км,

при обмеженнях

$$\begin{cases} 2,0 \le q_{\text{н}} \le 4,0, \text{т}; \\ n_{\text{з}} = 17, \text{од.}; \\ 0,1 \le g \le 0,2, \text{т}; \\ V_{\text{Т}} = 25, \text{км/год.}; \\ t_{\text{оч}} \in [0;1]; \\ l_0 \in [1;5]. \end{cases} \qquad (3)$$

Собівартість перевезення промислових товарів народного споживання визначається наступним чином

$$S_{\text{пер}} = \frac{L \cdot C_{\text{зм}} + t_{\text{об}} \cdot C_{\text{пост}}}{g \cdot n_{\text{з}}} , \qquad (4)$$

де L – добовий пробіг автомобілів, км;

$C_{зм}$ – змінна складова собівартості перевезень автомобіля, грн/км;

$t_{об}$ – час оберту автомобіля, год.;

$C_{пост}$ – постійна складова собівартості перевезення автомобіля, грн/год.

Добовий пробіг автомобілів визначається наступним чином

$$L = \left[2 \cdot l_i + (n_{\text{з}} - 1) \cdot l_{(i-1)-i} \right] \cdot n_{\text{м}} , \qquad (5)$$

де l_i – пробіг автомобіля від пункту перевантаження до початкового (кінцевого) пункту, км;

$l_{(i-1)-i}$ – пробіг автомобіля між суміжними пунктами, км;

$n_м$ – кількість маршрутів, необхідних для завозу усього вантажу, од.

У загальному випадку, з урахуванням можливості перевезення вантажу кінцевим споживачам як на маятникових, так і на розвізних маршрутах пробіг автомобіля від пункту перевантаження до початкового (кінцевого) пункту складає

$$l_i = \frac{2}{3} \cdot r , \qquad (6)$$

де r – радіус міста, км.

Радіус міста розраховується за формулою

$$r = \sqrt{\frac{F}{\pi}} , \qquad (7)$$

де F – загальна площа міста, км^2.

Пробіг автомобіля між суміжними пунктами на маршруті знаходиться за формулою

$$l_{(i\text{-}1)\text{-}i} = \frac{4}{5} \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda}}, \qquad (8)$$

де λ – щільність дислокації пунктів завезення, км$^{-2}$.

$$\lambda = \frac{n_з}{F}. \qquad (9)$$

Кількість маршрутів у районі обслуговування складає

$$n_м = \frac{g \cdot n_з}{q_н \cdot \gamma}, \qquad (10)$$

де γ – коефіцієнт статичного використання вантажності.

Підставивши вирази (6 – 10) у вираз (5), отримаємо

$$L = \left(\frac{7}{3} \cdot \sqrt{F} + \frac{4}{5} \cdot (n_з - 1) \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{n_з}{F}}} \right) \cdot \frac{g \cdot n_з}{q_н \cdot \gamma}. \qquad (11)$$

Змінна складова собівартості перевезення виглядає наступним чином

$$C_{зм} = a_{зм} + b_{зм} \cdot q_н, \qquad (12)$$

де $a_{зм}$, $b_{зм}$ – коефіцієнти регресійної моделі залежності змінної складової собівартості перевезення від вантажності автомобіля [3].

Час оберту автомобіля визначається за формулою

$$t_{об} = \left(\frac{7}{3} \cdot \sqrt{F} + \frac{4}{5} \cdot (n_з - 1) \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{n_з}{F}}} \right) \cdot \frac{g \cdot n_з}{q_н \cdot \gamma \cdot V_т} + n_з(\tau \cdot q_н \cdot \gamma + t_{оч}), \qquad (13)$$

де τ – витрати часу на розвантаження 1т вантажу, год.

Постійна складова собівартості перевезення

$$C_{пост} = a_{пост} + b_{пост} \cdot q_н, \qquad (14)$$

де $a_{пост}$, $b_{пост}$ – коефіцієнти регресійної моделі залежності постійної складової собівартості перевезення від вантажності автомобіля.

Підставляючи вирази (11 – 14) у вираз (4), отримаємо наступну залежність собівартості транспортування однієї тони вантажу

$$S_т = \left[\left(\frac{7}{3} \cdot \sqrt{F} + \frac{4}{5} \cdot (n_з - 1) \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{n_з}{F}}} \right) \cdot \frac{g \cdot n_з}{q_н \cdot \gamma} \cdot (a_{зм} + b_{зм} \cdot q_н) + \right.$$

$$+ \left[\left(\frac{7}{3} \cdot \sqrt{F} + \frac{4}{5} \cdot (n_з - 1) \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{n_з}{F}}} \right) \cdot \frac{g \cdot n_з}{q_н \cdot \gamma \cdot V_т} + n_з(\tau \cdot q_н \cdot \gamma + t_{оч}) \right] \times \qquad (15)$$

$$\left. \times (a_{пост} + b_{пост} \cdot q_н) \right] \cdot \frac{1}{g \cdot n_з}.$$

Представлена математична модель дає змогу визначити ступінь впливу розглянутих параметрів на собівартість перевезення вантажу та виходячи з результатів розрахунків скорегувати роботу автомобіля на маршруті.

Висновки

В результаті аналізу існуючих критеріїв ефективності автомобільних перевезень партіонних вантажів в містах критерієм обрано собівартість перевезень. У роботі запропоновано таку математичну постановку задачі маршрутизації автомобільних перевезень партіонних вантажів в містах, при якої собівартість перевезення буде прагнути до мінімуму.

Провівши формалізацію об’єкту дослідження, розроблено математичну модель, в якій для виділених вхідних параметрів (кількість пунктів завозу, вантажність автомобіля, середній розмір партії вантажу, що завозиться в один пункт) сформовано систему обмежень, що відповідає умовам перевезень.

Література

1. Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Lavrentieva, O., & Filatov, S. (2020). The procedures of logistic transport systems simulation into the petri nets environment, CEUR Workshop Proceedings, 2732, 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, 185–191.

3. Побудова моделі системи перевезення партіонних вантажів у міжміському сполученні / В.М. Нефьодов, О.П. Калініченко, О.В. Павленко // Комунальне господарство міст. Серія : Технічні науки та архітектура. – 2018. – Вип. 142. – С. 103–107.

References

1. Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Lavrentieva, O., & Filatov, S. (2020). The procedures of logistic transport systems simulation into the petri nets environment, *CEUR Workshop Proceedings, 2732*, 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*, 185–191.

3. Nefyodov, V., Kalinichenko, O., Pavlenko, O. (2018) Modeling the system for the lot cargoes transportation in intercity. Municipal economy of cities, Vol. 142. – p. 103–107.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.С. Наглюк, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

Автор: НЕФЬОДОВ Віктор Миколайович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – nvicnic@gmail.com
ID ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7338-7678

Автор: ПАВЛЕНКО Олексій Вікторович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – ttpov@ukr.net
ID ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4237-4310

MODELING THE LOT CARGOES TRANSPORTATION SYSTEM IN CITIES

V. Nefyodov, O. Pavlenko
Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

The share of the transport component that is taken into account in the prices formation for final products reaches 50%, so the cost transport services has a great impact on the final goods price, and the need to carry out transportation in a tight time frame, take into account minimal costs require the emergence of new scientifically methods of their organization.

The research purpose is to build the lot cargoes automobile transportations in cities system model. The research object is the lot cargoes automobile transportations in cities process.

As the analysis result of lot cargoes automobile transportations rational technology formation in the cities, such basic problem at the transportation process organization is allocated - it is irrational transportation routes. It leads to a large overall truck mileage, as well as low transportation speed, which is unacceptable in the current competition.

During the literature sources analysis, the most popular existing transportation routing methods were considered, by means of which in research it is planned to carry out transport routes building in cities and it was found out that the routes developed by means of these methods have average links.

As the existing criteria analysis result of lot cargoes automobile transportations rational technology formation in the cities the transportations cost is chosen as a criterion. After analyzing the all modeling methods advantages and disadvantages, taking into account the scientific literature recommendations, it was decided to use mathematical modeling due to its results versatility and accuracy. After formalizing the research object, developed a model of "white box", in which for the selected input parameters (delivery points number, car load, the average consignment size delivered to one point) built the lot cargoes automobile transportations rational technology formation in the cities mathematical model, at which the transportation cost will be minimal.

Keywords: *model, lot cargoes, road transport.*