

УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ КОНТЕЙНЕРІВ НА МАРШРУТІ

В статті наведено методику визначення оптимальної кількості проміжних зупинок на контейнерному маршруті. Її суть полягає у пошуку екстремуму (в даному випадку - мінімуму) функції, яка описує сумарні витрати на просування вагонопотоку, тобто задача зводиться до оптимізації цільової функції – приведених витрат.

В статті представлено методику определения оптимального количества промежуточных остановок на контейнерном маршруте. Ее суть состоит в нахождении экстремума (в данном случае - минимума) функции, которая описывает издержки на продвижение вагонопотока, т. е. задача сводится к оптимизации целевой функции – приведенных издержек.

The article describes a way to determine the optimal number of stops en route. The main point of this method is the search for extremes (in this case - the minimum) of the function, which describes the total costs of movement of the car traffic volume, i. e. the problem boils down to the optimization of the criterion function – the costs.

Постановка проблеми. У міжнародній практиці транспортування вантажів все більшого значення набувають перевезення за інтермодальними схемами, найбільшого поширення серед яких дістали контейнерні. Основні контейнерні потоки проходять в трьох напрямках між портами Європи, Азії та США, а також зосереджуються в рамках європейського та азіатського регіонів. Обсяги перевезень у контейнерах продовжують стрімко наростати в усьому світі, темпи їх щорічного приросту становлять 9-10 % і за прогнозами збережуться і в найближчі роки.

Необхідно відмітити також значні темпи розвитку торгівлі в євразійському регіоні та рівень контейнеризації цих товаропотоків, що на даний момент становить близько 55 % і за прогнозами до 2010 року має зрости до 70 %. Враховуючи дані особливості розвитку євразійських перевезень Україна може розраховувати на залучення частини транзитного контейнерного потоку. Для цього необхідно розвивати можливості переробки контейнерів у портах, мережу контейнерних терміналів в найбільших містах України, спрощувати митні та інші формальності при контролі контейнерів на морському та сухопутному кордоні держави, особливо це стосується транзиту.

В Україні контейнерні перевезення токи залишаються не основними в структурі усіх вантажопотоків. Наприклад, по генеральних вантажам їхня питома вага не перевищує 10 %. Основною причиною такого положення є загальна структура торговельних потоків країн СНД, у якій переважають масові вантажі (наливні, навалювальні та інші). У той же час в

Україні позначилася і збереглася тенденція стабільного росту обсягів контейнерних перевезень.

За таких умов з метою залучення додаткових обсягів транзитних потоків, а також збільшення експортно-імпортних перевезень, перед Україною стоїть важливе завдання удосконалення логістичних систем перевезень, що дозволять підвищити рівень обслуговування споживачів, скоротити та раціоналізувати терміни доставки вантажів та необхідні матеріальні, фінансові та трудові витрати. Необхідні зміни і на залізничному транспорті для успішного його функціонування в умовах транспортного ринку.

Аналіз літературних джерел. З економічної точки зору формування поїздів різних категорій (маршрутні, наскрізні, дільничні та інші), що відрізняються за термінами доставки вантажів, є забезпеченням просування вагонопотоків із найменшими витратами та за найкоротший час. Це положення вступає в протиріччя із прийнятою на залізниці практикою.

Необхідно також відмітити, що перевізному процесу на залізничному транспорті, що жорстко регламентується графіком руху та планом формування поїздів, притаманна нерівномірність. Ця нерівномірність є одним із основних чинників, що впливає на терміни доставки вантажів. Накопичення составів до певних норм кількості вагонів, особливо при слабких, нерівномірних контейнеропотоках, потребує додаткового часу, що збільшує термін доставки та робить його непередбачуваним. Тому на залізничному транспорті розробляються нові підходи до визначення состава поїзда, що формується [1, 2].

Не знайшло належного висвітлення в науковій літературі [3-5] питання щодо можливості відправлення вантажів маршрутами з частковим розвантаженням та довантаженням на шляху їх переміщення без повного розформування поїзда.

Формулювання цілей статті. Розглянути організацію маршрутних відправок контейнерів та запропонувати методику їх удосконалення, основу на визначенні оптимальної кількості зупинок на маршруті для довантаження контейнерів на поїзд.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Важливим фактором при рішенні задачі підвищення ефективності контейнерних перевезень на залізничному транспорті являється їх маршрутизація. Особливо ефективною вона є при масових експортних перевезень контейнерів в морські порти, що дозволяє суттєво скоротити простій вагонів з контейнерами на технічних станціях та прискорити їх оборот. При організації повагонних відправлень зростають витрати часу під накопиченням, кількість переробок в дорозі, підвищується собівартість перевезень, збільшується кількість порушень терміну доставки.

Розвинута контейнерна транспортна система передбачає також курсування спеціальних прискорених або наскрізних контейнерних поїздів, що дозволяють знизити терміни доставки вантажів та залучити додаткові об'єми перевезень за рахунок підвищення конкурентоспроможності залізниці. Скорочення термінів доставки вантажів при перевезенні їх наскрізними контейнерними поїздами відбувається головним чином за рахунок того, що поїзд проходить без переробки сортувальні станції, на яких за діючим планом формування передбачене розформування поїздів. Економія вагоно-годин буде тим більше, чим більше станцій поїзд проїде без переробки. Виділення постійних коридорів для пропуску контейнерних поїздів дозволяє також створити умови для руху з максимальною дільничною швидкістю.

Особливістю контейнерних залізничних перевезень є можливість доповнення контейнерних поїздів чи маршрутних відправлень контейнерами того ж призначення на станціях перелому маси поїзда. Необхідно враховувати те, що у більшості випадків поїзди поповнюються у сортувальному парку, а це викликає значні витрати часу. Тому з метою запобігання затримок поїздів групи вагонів, що мають бути прицеплені, формують заздалегідь.

Збільшення кількості зупинок для поповнення поїзда контейнерами зменшує швидкість доставки та ефективність перевезень і відповідно підвищує їх собівартість. Тому за критерій ефективності організації маршруту контейнерних перевезень приймемо сумарні витрати на перевезення. Таким чином, суть методики визначення оптимальної кількості проміжних зупинок на маршруті полягатиме у пошуку мінімуму функції, яка описує сумарні витрати на просування вагонопотоку.

Витрати перевезення в загальному вигляді визначаються:

$$B = B_{\text{пл}} + B_{\text{лок}} + B_{\text{ш}}, \quad (1)$$

де $B_{\text{пл}}$ – витрати на платформи-годину робочого парку, задіяного в процесі просування контейнеропотоку, грн.; $B_{\text{лок}}$ – витрати на тягове обслуговування просування вагонопотоку, грн.; $B_{\text{ш}}$ – витрати, пов'язані із затримкою контейнеропотоку між кінцевими станціями, грн.

Оскільки кількість проміжних зупинок – ціле число, введемо показник частоти зупинок:

$$\delta = \frac{N}{L}, \quad (2)$$

де N – кількість проміжних станцій на маршруті; L – довжина залізничного маршруту, км.

Приймемо також:

$$\lambda_d = i \cdot \lambda_k, \quad 0 \leq i \leq 1, \quad (3)$$

де λ_k – середня інтенсивність потоку контейнерів між кінцевими станціями маршруту, конт/год;

λ_d – середня інтенсивність контейнеропотоку на одній проміжній станції, конт/год;

i – середня частка контейнерів на одній проміжній станції у загальному потоці контейнерів на маршруті.

Витрати на платформи-годину робочого парку описуються наступним чином:

$$B_{\text{пл}} = nTC_{\text{пр}}, \quad (4)$$

де n – кількість платформ у потязі, на кожній з яких установлюють по 2 контейнери;

T – термін доставки вантажу, год;

$C_{\text{пр}}$ – собівартість платформи-години, грн.

Термін доставки вантажу можна визначити за формулою:

$$T = \frac{L}{v_d} + t_{\text{обр}} N + t_d + t_{\text{нак}}^{\text{доб}} + t_{\text{пк}}, \quad (5)$$

де v_d – ділянкова швидкість, км/год;

$t_{обр}$ – витрати часу на обробку контейнерів на станціях, год;

t_d – додатковий час простою на технічних станціях маршруту, год;

$t_{нак}^{дов}$ – тривалість накопичення контейнерів на поїзд, враховуючи довантаження на проміжних станціях, год;

$t_{пк}$ – тривалість початково-кінцевих операцій, год.

$$t_{нак}^{дов} = \frac{2n}{\lambda_k(1+iN)}. \quad (6)$$

Витрати, пов'язані із затримкою контейнерів, що перевозяться між кінцевими станціями:

$$B_{ш} = \Pi_n n_k^n \gamma, \quad (7)$$

де Π_n – провізна плата за контейнер, грн;

n_k^n – кількість контейнерів, що перевозяться у поїзді між кінцевими станціями;

γ – частка від провізної плати, що сплачує залізниця вантажовласнику як штраф за прострочення доставки вантажу (ст. 116 Статуту залізниць України) [1].

$$n_k^n = \lambda_k t_{нак}^{дов}, \quad (8)$$

У розрахунках приймається:

$$\gamma = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \frac{\Delta T}{24} \leq 1 \text{ доби;} \\ \frac{\Delta T}{240} - 0,1, & \text{якщо } 1 < \frac{\Delta T}{24} \leq 4 \text{ доби;} \\ 0,3, & \text{якщо } \frac{\Delta T}{24} > 4 \text{ доби.} \end{cases} \quad (9)$$

де ΔT – час затримки контейнерів, год.

$$\Delta T = t_{нак}^{дов} + t_{пр} N - t_{нак}, \quad (10)$$

де $t_{нак}$ – тривалість накопичення контейнерів на поїзд до повного состава без врахування можливості довантаження на проміжних зупинках, год.

$$t_{нак} = \frac{2n}{\lambda_k}. \quad (11)$$

Витрати на тягове обслуговування:

$$B_{лок} = L \left(\frac{C_{лг}}{v_d} + C_{лк} \right) \cdot (1 + \beta), \quad (12)$$

де $C_{лг}$ – собівартість локомотиво-годин, грн;

$C_{лк}$ – собівартість локомотиво-кілометра, грн;

β – коефіцієнт додаткового пробігу локомотива.

Таким чином, підставивши усі складові у формулу (1) та врахувавши умови (2) і (3), загальні витрати на перевезення матимуть вигляд:

$$B = nC_{пр} \left[\frac{L}{v_d} + t_{обр} \delta L + t_d + \frac{2n}{\lambda_k(1+i\delta L)} + t_{пк} \right] + B_{лок} + \frac{\Pi_n 2n\gamma}{(1+i\delta L)}. \quad (13)$$

Хоча мінімум цільової функції (13) можна знайти відомими аналітичними методами, для наочного відображення побудуємо графік залежності сумарних витрат від показника частоти зупинок (рис. 1). Для прикладу візьмемо такі вихідні дані: $\Pi_n = 1500$ грн, $n = 20$ платформ, $\lambda_k = 15$ конт/добу ($\lambda_k = 0,625$ конт/год), $i = 0,1$, $C_{пр} = 4$ грн., $v_d = 40$ км/год, $t_{обр} = 4$ год, $t_d = 3$ год, $t_{пк} = 10$ год, $L = 1000$ км, $B_{лок} = 4183,3$ грн.

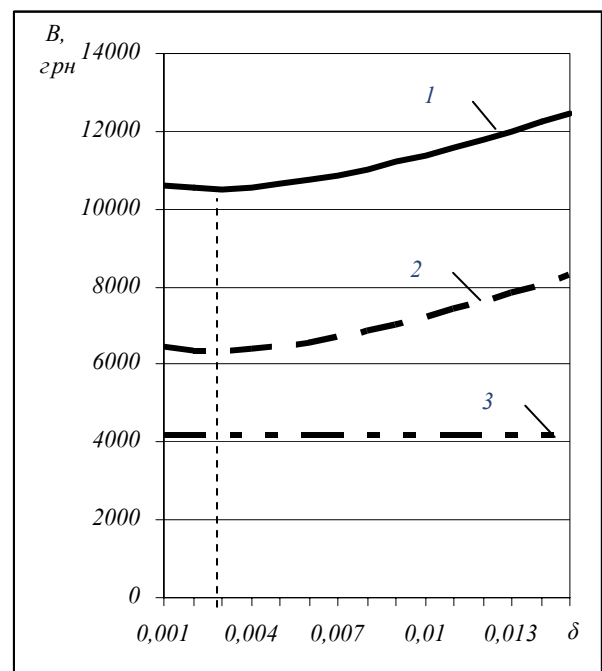


Рис. 1. Графік залежності сумарних витрат від показника частоти зупинок:

1 – B ; 2 – $B_{пл}$; 3 – $B_{лок}$

З графіка (див. рис. 1) видно, що мінімальне значення загальних витрат досягається при значенні показника частоти зупинок $\delta = 0,0026$.

Таким чином, для маршруту із зазначеними характеристиками можлива організація 3 проміжних зупинок із частковим розвантаженням або довантаженням контейнерів.

Визначення оптимального показника частоти зупинок аналітичним методом представлено для трьох випадків затримок:

1. Якщо час затримки контейнерів не перевищує 1 доби ($\Delta T \leq 1$):

$$\delta_{\text{опт}} = \frac{1}{iL} \left(\sqrt{\frac{2ni}{t_{\text{обп}} \lambda_k}} - 1 \right). \quad (14)$$

2. При $1 < \Delta T \leq 4$ діб оптимальний показник частоти зупинок визначається із наступного рівняння:

$$a\delta^3 + b\delta^2 + c\delta + d = 0, \quad (15)$$

де $a = L^4 i^3 n C_{\text{пр}} t_{\text{обп}}$;

$$b = 3L^3 i^2 n C_{\text{пр}} t_{\text{обп}}; \quad (16)$$

$$c = inL^2 \left[\Pi_{\text{п}} \left(\frac{t_{\text{обп}}}{120} + \frac{ni}{60\lambda_k} + 0,2i \right) - \frac{2C_{\text{пр}}ni}{\lambda_k} + 3C_{\text{пр}}t_{\text{обп}} \right];$$

$$d = nL \left[\Pi_{\text{п}} \left(\frac{t_{\text{обп}}}{120} - \frac{ni}{60\lambda_k} + 0,2i \right) - \frac{2C_{\text{пр}}ni}{\lambda_k} + C_{\text{пр}}t_{\text{обп}} \right].$$

Використовуючи формули Кардана, рівняння (15) матиме наступний дійсний корінь:

$$\delta = \sqrt[3]{-q + \sqrt{q^2 + p^3}} + \sqrt[3]{-q - \sqrt{q^2 + p^3}} - \frac{b}{3a}. \quad (17)$$

$$\text{де } q = \frac{b^3}{27a^3} - \frac{bc}{6a^2} + \frac{d}{2a}; \quad p = \frac{3ac - b^2}{9a^2}. \quad (18)$$

3. Якщо час затримки контейнерів більше 4 діб ($\Delta T > 4$), оптимальний показник частоти зупинок визначатиметься за формулою

$$\delta_{\text{опт}} = \frac{1}{iL} \left(\sqrt{\frac{2C_{\text{пр}}niL + 0,6\lambda_k\Pi_{\text{п}}}{\lambda_k C_{\text{пр}}t_{\text{обп}}L}} - 1 \right). \quad (19)$$

Висновки. В результаті виконаних досліджень виявлено, що теорія плану формування поїздів в існуючому вигляді не переслідує мети прискорення як доставки вантажів, так і обігу вагонів. У зв'язку із цим у статті була наведена методика удосконалення маршрутних відправок контейнерів, що дозволяє визначити оптимальної кількості проміжних зупинок на маршруті для довантаження контейнерів на поїзд. Проте аналітичний метод являється не досить зручним для розрахунків.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. МIRONЮК І. В. Диференціація підходів до організації міжнародного транзиту вантажів // Залізнич. трансп. України. – 2003. – №2. – С. 2-4.
2. МIRONЮК І. В. Оптимальний розмір транспортної партії масових вантажів // Залізнич. трансп. України. – 2003. – № 3. – С. 8-11.
3. АКУЛИЧЕВ В. М. Организация вагонопотоков – М: Транспорт, 1979. – 222 с.
4. БуЛКОВА В. К. Система организации вагонопотоков / В. К. БуЛКОВА, А. И. Сметанин, Е. В. Архангельский. – М: Транспорт, 1988. – 222 с.
5. АКУЛИЧЕВ В. М. Организация вагонопотоков и маршрутизация перевозок / В. М. АКУЛИЧЕВ, О. С. КИРЬЯНОВА, Н. Е. БОРОВОЙ. – М: Транспорт, 1970. – 320 с.

Надійшла до редколегії 19.09.2007.