

*А. М. Котенко
О. С. Крашенінін
О. О. Шапатіна*

ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТИПІВ ТЕХНІЧНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

У статті розглядаються підходи до оцінки вибору кількості типів технічних засобів для інтермодальних перевезень залежно від відстані та обсягів перевезень.

В статье рассматриваются подходы к оценке выбора количества типов технических средств для интермодальных перевозок в зависимости от расстояния и объемов перевозок.

The article discusses approaches to assessing select the number of types of technical facilities for intermodal transport, depending on the distance and traffic volumes.

Ключові слова: інтермодальні перевезення, типи технічних засобів, функції витрат.

Постановка проблеми. Досвід використання інтермодальних перевезень в деяких країнах свідчить, що застосування новітніх технологій дозволило значно підвищити привабливість залізничного транспорту і його конкурентоспроможність, надати стійкого імпульсу його розвитку [1].

У країнах Європи та США найефективнішим видом транспортування вантажів є інтермодальні перевезення, тоді як в Україні цей вид перевезень знаходиться на початковому рівні розвитку.

Витрати промислових компаній на транспортування вантажів по Україні є одними з найвищих у світі. Логістичні витрати у нашій країні доходять до 24% у загальній вартості вироблених товарів (ВВП України становить \$ 32,7 млрд з вартості товарів, що є транспортною складовою), разом з тим як середній показник серед розвинених країн – 11,7%. Наприклад, у США вантажовласники щорічно витрачають на логістику \$ 658 млрд (11,6% ВВП), а в Китаї – \$ 50 млрд (14,5% ВВП).

Однак експерти впевнені, що створення мережі інтермодальних маршрутів здатне принести нашій країні щорічно \$ 180 млн прямих надходжень до держбюджету [2].

© Котенко А. М., Крашенінін О. С., Шапатіна О. О., 2014

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питаннями удосконалення змішаних, комбінованих, інтермодальних перевезень займалися видатні вчені: Бутько Т.В., Дьомін Ю.В., Кірта Г.М., Котенко А.М., Ломотько Д.В., Мироненко В.К., Панченко С.В., Шibaєв О.Г. та інші вітчизняні та зарубіжні вчені.

Метою статті є обґрунтування та вибір кількості типів технічних засобів для інтермодальних перевезень залежно від відстані та обсягів перевезень.

Виклад основного матеріалу. Слід зазначити, що підвищення ефективності інтермодальних перевезень має значні резерви для розвитку і стає важливою складовою рішення сумісних проблем. Разом з цим не слід забувати, що межі, в яких ефективно використовуються такі перевезення, повинні бути економічно обґрунтовані. Зокрема це стосується доцільності різномайття технічних засобів і зони їхнього ефективного використання.

Технічними засобами [3], що використовуються при інтермодальних залізничних перевезеннях, є:

– вагон з кишенею; вагон «RoLa»; бімодальний зчеп; контейнерна платформа.

Технічні засоби автотранспорту:

– тягач з напівприцепом; автомобіль з причепом.

При цьому як вантажними одиницями є:

– контейнери; знімні одиниці; напівпричепи; автопоїзди.

Виникає питання, чи створювати один тип технічних засобів, який забезпечить доставку вантажів на будь-яку відстань; два типи, один із яких може забезпечити доставку вантажів на будь-яку відстань, а другий не може забезпечити цю задачу, але більш дешевший в експлуатації, чи створювати декілька типів технічних засобів?

З одного боку, чим більше типів технічних засобів, тим менші витрати на перевезення, оскільки можна вибирати для перевезень вантажів необхідний технічний засіб. Але з іншого – це визначає зростання питомої ціни кожного типу технічного засобу завдяки зменшенню обсягів виробництва конкретного технічного засобу і, нарешті, збільшуються питомі витрати на експлуатацію кожного типу технічного засобу [4].

Зрозуміло, що існує оптимальна кількість типів технічних засобів і оптимальна дальність перевезення вантажів, при яких мінімізуються сумарні витрати. Задача формулюється таким чином. Існує деяка інтегральна $F(x)$ або диференціальна $f(x)$ функція потреби від деякого параметра [5].

Існують такі функції витрат: витрати на виготовлення одного технічного засобу з урахуванням доставки вантажів від параметра $Z_e(x)$, витрати на проектування і організацію виготовлення нового технічного засобу $Z_p(x)$ і витрати на експлуатацію технічного засобу $Z_e(x)$. Треба визначити оптимальну кількість типів технічних засобів і значення їхніх параметрів (характеристики), при яких сумарні витрати мінімальні.

Нехай вибрані M типів технічного засобу, параметри яких x_1, x_2, \dots, x_n , причому кожний технічний засіб використовується в діапазоні цих параметрів.

Сумарні витрати за обраними складовими витрат дорівнюють:

$$Z_n = \sum_{i=0}^n (F(x_{i+1}) - F(x_i)) \cdot Z_e(x_{i+1}) + \sum_{i=0}^n Z_p(x_{i+1}) + \int_0^T \sum_{i=0}^n Z_e(x_{i+1}) [F(x_{i+1}) - F(x_i)] dt \rightarrow \min \quad (1)$$

Необхідно визначити такий набір x_i , який мінімізує $Z_n(x)$.

Представлена задача є одномірною, оскільки використовується тільки один параметр x_i . На практиці доводиться зустрічатися як з двомірними задачами, так і ще більшої розмірності. Так, для інтермодального транспорту одночасно необхідно визначити як відстань доставляння вантажу, так і вантажопідйомність.

Нехай потрібно вибрати оптимальний ряд відстані перевезень, які можна забезпечити інтермодальним транспортом. Прийmemo, що витрати на виготовлення інтермодального транспорту пропорційні параметра X (ефективній відстані перевезень):

$$Z_e(x) = a \cdot x, \quad (2)$$

а функція потреби постійна в деякому інтервалі і має вигляд:

$$F(x) = b(x - x_0), \quad (3)$$

при $x_0 < x < x_n$.

Витрати на організацію виготовлення мають вигляд $Z_p(x) = 3 \cdot x$. Для спрощення прийmemo $Z_e(x) = 0$ і $\mu = 1$.

Рішення задачі полягає в наступному: завданні кількості типів технічних засобів, виборі оптимального значення параметрів для цього випадку і визначені витрат. Повторюючи ці дії для різної кількості типів технічних засобів, обираємо оптимальну кількість технічних засобів [6].

Прийmemo один тип технічних засобів для інтермодальних перевезень. Тоді сумарні витрати для пошуку вибору відстані перевезень складають:

$$Z_n = b(x_0 - x_n) \cdot ax + 3x_n. \quad (4)$$

Приведемо це рівняння до вигляду експлуатаційних витрат:

$$\bar{Z}_n = \frac{3}{abx_n^2} = 1 - \bar{x}_0 + k, \quad (5)$$

$$\text{де } \bar{x}_0 = \frac{x_0}{x_n}; \quad k = \frac{3}{abx_n}.$$

Коли прийняті два типи технічних засобів інтермодального транспорту, то для першого типу параметр відстані визначається за умови мінімуму сумарних витрат, а для другого він дорівнює x_n .

В цьому випадку сумарні експлуатаційні витрати:

$$\bar{Z}_n = \bar{x}_1(\bar{x}_1 - \bar{x}_0) + (1 - \bar{x}_0) + k\bar{x}_1 + k, \quad (6)$$

$$\text{де } \bar{x}_0 = \frac{x_0}{x_n}; \quad \bar{x}_1 = \frac{x_1}{x_n}.$$

В подальшому для спрощення величин \bar{x}_0, \bar{x}_1 будемо позначати x_0, x_1 .

Після диференціювання функції по \bar{Z}_n дорівнюємо її нулю. Отримуємо, що $x_1 = \frac{1 + x_0 - k}{2}$, і витрати складуть:

$$\bar{Z}_n = \frac{3 - 2x_0 - x_0^2 + k}{4} + \frac{3k + kx_0 - k^2}{2}, \quad (7)$$

де перша частина виразу – це витрати на виготовлення, а друга – витрати на розробку.

Аналогічно задача вирішується, коли число типів технічних засобів інтермодального транспорту більше двох (в таблиці 1 приведені відповідні формули).

При врахуванні витрат на експлуатацію запишемо цю складову у вигляді

$$Z_e(x_i) = Dx_i(F(x_i) - F(x_{i-1})). \quad (8)$$

Тоді

$$\int_0^T Z_e(x_i) dt = bDTx_i(x_i - x_{i-1}), \quad (9)$$

Таблиця 1. Вирази розрахунку витрат, що пов'язані з виготовленням та розробкою технічних засобів

К-ть типів	Витрати на виготовлення Z_e	Витрати на розробку Z_p	Оптимальні значення
1	$1 - x_0$	k	1
2	$\frac{3 - 2x_0 - x_0^2 + k^2}{4}$	$\frac{3 + x_0 - k}{2} k$	$\frac{1 + x_0 - k}{2}$ 1
3	$\frac{6 - 3x_0 - 3x_0^2 + 9k^2}{9}$	$\frac{6 + 3x_0 - 6k}{3} k$	$\frac{1 + 2x_0 - 3k}{3}$ $\frac{2 + x_0 - 3k}{3}$ 1
4	$\frac{10 - 4x_0 - 6x_0^2 + 40k^2}{10}$	$\frac{10 + 6x_0 - 20k}{4} k$	$\frac{1 + 3x_0 - 6k}{4}$ $\frac{2 + 2x_0 - 8k}{4}$ $\frac{3 + x_0 - 6k}{4}$ 1
5	$\frac{15 - 5x_0 - 10x_0^2 + 125k^2}{25}$	$\frac{15 + 10x_0 - 50k}{5} k$	$\frac{1 + 4x_0 - 10k}{5}$ $\frac{2 + 3x_0 - 15k}{5}$ $\frac{3 + 2x_0 - 15k}{5}$ $\frac{4 + x_0 - 10k}{5}$ 1
	$\frac{21 - 6x_0 - 15x_0^2 + 315k^2}{36}$	$\frac{21 + 15x_0 - 105k}{6} k$	$\frac{1 + 5x_0 - 15k}{6}$ $\frac{2 + 4x_0 - 24k}{6}$ $\frac{3 + 3x_0 - 27k}{6}$ $\frac{4 + 2x_0 - 24k}{6}$ $\frac{5 + x_0 - 15k}{6}$ 1

$$\bar{z} = \frac{Z_N}{(ab + bDT)x_N^2} = \sum_{i=0}^N \left(\frac{x_{i+1}}{x_N} - \frac{x_i}{x_N} \right) \cdot \frac{x_{i+1}}{x_N} + k^* \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{x_N}, \quad (10)$$

де $k^* = \frac{3}{b(a + DT)x_N}$;

D – коефіцієнт росту витрат на експлуатацію і утримання технічних засобів;

t – період експлуатації технічних засобів до списання.

Тобто задача зведена до попередньої, але замість k слід визначити k^* .

За даними досліджень [7] значення DT досягає межі $6,4 \cdot 10^3$ млн грн/км. Врахування цього факту показує, що значення k^* стає надто малим і слабо проявляється при визначенні оптимальних експлуатаційних витрат. Не змінюючи достовірності, цим показником можна зневажати.

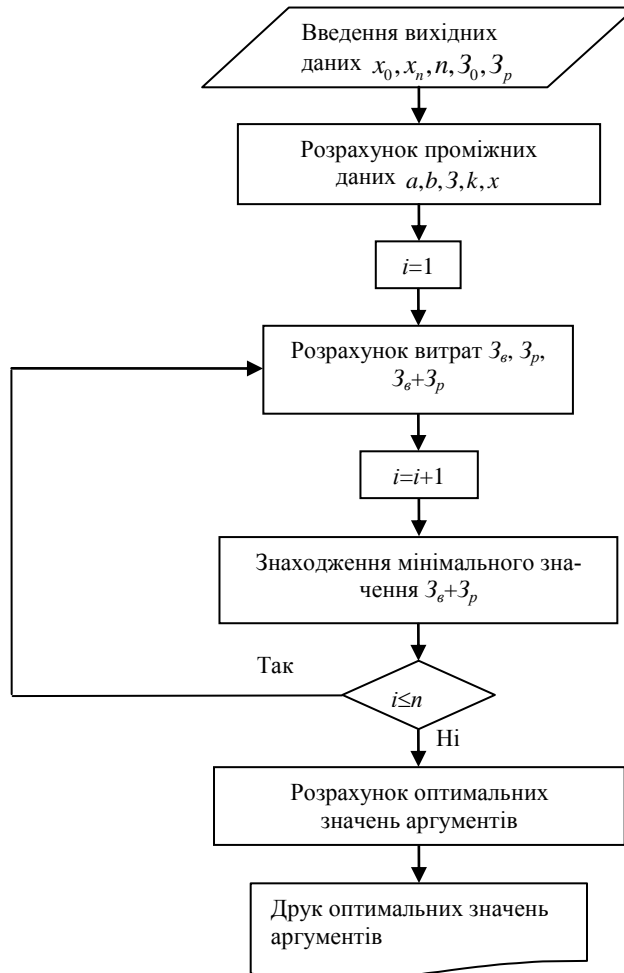


Рис. 1. Алгоритм вибору оптимальних значень технічних засобів за критерієм мінімальних експлуатаційних витрат

Для формалізації вибору кількості типів технічних засобів інтермодального транспорту і його характеристик (відстані перевезення вантажів) розроблений алгоритм, який поданий на рис.1. На підставі цього алгоритму розроблена програма в Excel, яка дозволяє в діалоговому режимі обрати типи і кількість технічних засобів інтермодального транспорту, забезпечуючи мінімум експлуатаційних витрат.

Висновки

1. Вибір типів технічних засобів інтермодального транспорту для забезпечення перевезень вантажів слід ув'язувати з конкретними умовами експлуатації, враховуючи можливість зміни їх характеристик.

2. Моделювання зони ефективності використання технічних засобів інтермодального транспорту за розробленим алгоритмом дозволяє значно скоротити експлуатаційні витрати на перевезення.

3. Приведені положення за необхідності можна коригувати, тим самим враховуючи конкретні особливості застосування технічних засобів інтермодального транспорту, їх характеристики і зміни умов використання.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Інтермодальні перевезення* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://uz.gov.ua/cargo_transportation/intermodal_transportation/. – Назва з екрану.
2. *Контейнеры* пойдут мимо [Электронный ресурс]. – Режим доступу: <http://markets.eizvestia.com/full/kontejnery-pojdut-mimo>. – Загл. с экрана.
3. *Дьомін Ю.В.* Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення) [Текст] Ю.В. Дьомін. – К.: «Юнікон-Прес», 2001. – 342 с.
4. *Кислий В.М.* Логістика: теорія та практика: Навч. посіб. / В.М. Кислий, О.А. Біловодська, О.М. Олєфіренко, О.М. Соляник. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 360 с.
5. *Козлов, Б.А.* Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики / Б.А. Козлов, И.А. Ушаков. – М.: Изд-во «Советское радио», 1975. – 472 с.
6. *Шор, Д.Б.* Статистические методы анализа и контроля качества и надежности / Д.Б. Шор. – М.: Изд-во «Советское радио», 1962. – 552 с.
7. *Тартаковский, Э.Д.* Методы оценки жизненного цикла тягового подвижного состава железных дорог: Монография. / Э.Д. Тартаковский, С.Г. Грищенко, Ю.Е. Калабухин, А.П. Фалендыш. – Луганск: Изд-во «Ноулидж», 2011. – 174 с.