

УДК 656.13:656.212

# ФОРМУВАННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ «СУХИЙ ПОРТ» В УМОВАХ ПІДПРИЄМСТВ ПРОМИСЛОВОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

*Запропоновано створення логістичного центру «сухий порт» з метою мінімізації будівництва складів у виробників продукції і доставляти вантажопотоки у вигляді повагонних або контейнерних відправлень за участю ППЗТ. Сформовано нелінійну модель функціонування логістичного центру «сухий порт» для визначення оптимальної партії вантажу, що доставляється вантажовласнику*

**Т. В. Бутько**

Доктор технічних наук, професор, завідувач кафедру  
Кафедра «Управління експлуатаційною роботою»  
Українська державна академія залізничного транспорту  
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, 61050\*

**Д. В. Ломотько**

Кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра «Управління вантажною та комерційною роботою»  
Українська державна академія залізничного транспорту  
пл. Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050\*

**В. І. Панкратов**

Голова Правління  
ВАТ «Київ-Дніпровське МППЗТ»  
вул. Алма-Атинська, 37, м. Київ, 02092\*  
Контактний тел.: (057) 730-10-89  
e-mail: den@kart.edu.ua; http://rail.narod.ru

## Вступ

Об'єднання типу «сухий порт» представляє різновид регіонально – розподільчого центру, який доцільно створювати біля великих міст країни у випадку доставки багатомонокультурної продукції з використанням логістичних технологій.

Створення таких структур дозволить мінімізувати, або зовсім виключити будівництво складів у виробників продукції і доставляти вантажопотоки у вигляді повагонних або контейнерних відправлень. Об'єднання типу «сухий порт» повинні стати елементами логі-

стичної системи залізниць загального та незагального користування України в цілому.

Доцільність створення таких об'єднань і привабливість їх для клієнтів обумовлено можливістю: прискорення доставки вантажів до місця призначення, скорочення часу накопичення і схоронності транспортної партії вантажу, а також зменшення експлуатаційних і капітальних витрат на утримання складів.

Як свідчить вітчизняний та закордонний досвід, удосконалення технології взаємодії великих підприємств з магістральним транспортом можливо досягти за рахунок використання нових технологічних проце-

сів перевезень та підвищення якості обслуговування підприємствами промислового залізничного транспорту (ППЗТ).

**Аналіз останніх досліджень**

Розв'язанню проблеми підвищення ефективності функціонування системи доставки вантажів при обслуговуванні крупних вантажоутворюючих підприємств через ППЗТ приділена значна увага у працях Губенко В.К., Данько М.І., Котенко А.М., Міроненко В.К., Міротіна Л.Б., Смехова А.А. та інших вчених.

Зокрема, систему доставки масових вантажів з фіксованим інтервалом часу між їх надходженнями розглядають та оптимізують з використанням логістичних методів [1, 2]. Близьку задачу узгодженості ритмів роботи залізничного та морського транспорту вирішено у вигляді моделей логістичних ланцюгів у [3].

В той же час комплексному розв'язанню задачі удосконалення сумісної роботи промислових підприємств, ППЗТ та залізничних вузлів на основі логістичних методів в конкретних умовах ще недостатньо приділяється уваги.

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.

Технологія функціонування логістичного центру «сухий порт» (ЛЦСП) передбачає, що вантажі від вантажовідправника спочатку надходять у логістичний центр автомобільним транспортом, а після формування відправлення доставляються вантажоотримачу у вагонах.

Така технологія буде конкурентоспроможна на транспортному ринку, якщо внаслідок її використання буде досягтися економія часу на всьому шляху прямування вантажу в порівнянні з транзитним способом доставляння у вагонах та забезпечувати виконання логістичних обмежень «доставка точно в строк», в «повній схоронності» та «від дверей до дверей».

Технологія з участю ЛЦСП може бути реалізована на структурі у вигляді графу типу лангранжеве древо, тобто всі гілки якого мають загальну вершину (рис. 1).

При використанні логістичних технологій з участю ЛЦСП виникають додаткові витрати, що пов'язані з переробкою і накопиченням вантажів на транспортну партію.

Крім того, формування ЛЦСП потребує значних інвестицій, а його обслуговування – додаткових експлуатаційних витрат. Тому при створенні та експлуатації ЛЦСП, як регулятора вантажопотоків, виникає низка задач:

- визначення доцільності використання ЛЦСП при обслуговуванні вантажопотоків з точки зору виконання обмеження доставка «точно в строк»;
- визначення економічної доцільності участі ЛЦСП при обслуговуванні вантажопотоків з метою економії експлуатаційних витрат;
- визначення оптимальної партії вантажу, що сформована на ЛЦСП;
- визначення умов доцільності створення ЛЦСП в залежності від потужності вантажопотоків.



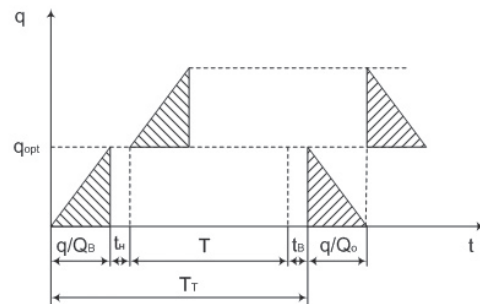
**Рис. 1. Структура макрологістичної системи з участю ЛЦСП**

З метою визначення доцільності використання ЛЦСП в умовах дотримання принципу доставлення вантажів «точно в строк» необхідно порівняти час на доставлення транспортної партії при транзитному варіанті перевезення у вагонах  $T_T$  і час з використанням послуг ЛЦСП -  $T_L$ . При цьому за умови привабливості послуг ЛЦСП для клієнтів повинна виконуватись нерівність:  $T_T \geq T_L$ .

Визначаємо час  $T_T$  за умови формування повагонних транспортних партій на сховищах у виробника при застосуванні логістичних технологій за допомогою графо – аналітичної моделі (рис. 2).

Відповідно до рис. 2 час  $T_T$  містить наступні складові:

- $T_{нак} = \frac{q_0}{Q_B}$  - час накопичення на транспортну партію, де  $q_0$  - величина транспортної партії,  $Q_B$  - потужність вантажопотоку у виробника;
- $t_H$  - час навантаження вантажів у вагони;
- $T$  - час на перевезення, який в загальному випадку залежить від величини транспортної партії вантажу  $q_0$ . Для дрібних, контейнерних, повагонних відправлень час на перевезення є різним, тому можливо використовувати наступний вираз:  $T = a + v/q_0$ . Коефіцієнти  $a$  і  $v$  визначаються на основі аналізу статистичних даних при побудові гіперболічної кореляційної залежності;
- $t_B$  - час вивантаження вантажів з вагонів на склад вантажоотримувача;
- $t_0$  - час на виконання операцій по відправленню та прибуттю в пункт призначення.



**Рис. 2. Графо – аналітична модель логістичного ланцюга при відправленні вантажів повагонними партіями за транзитним способом.**

Таким чином

$$T_T = \frac{q_0}{Q_B} + t_H + T + t_B + t_0 = \frac{q_0}{Q_B} + T + t_0 + \tau,$$

де  $\tau = t_H + t_B$ .

Якщо в регіоні, що обслуговує «сухий порт», налічуються  $m$  вантажовідправників, які можуть скористатися послугами ЛЦСП, а такі складові як  $T$  і  $t$  можна прийняти однаковими для них, то середній час доставки вантажів за транзитним варіантом складе:

$$\bar{T}_T = \frac{q_0}{m} \sum_{i=1}^m \frac{1}{Q_{Bi}} + T + \tau + t_0 \quad (1)$$

Визначимо час ТЛ при обслуговуванні і регулюванні вантажопотоку за участю ЛЦСП як суму наступних складових:

$$T_{\text{накл}} = \frac{q_0}{\sum_{i=1}^m Q_{Bi}}$$

- час на накопичення вантажів на транспорту партію у ЛЦСП;

-  $t_{\text{ЛЦСП}} = \frac{q_0}{mq_A} \cdot \tau_{\text{лц}}$  - середній час виконання додаткових технологічних операцій по прибуттю і відправленню у ЛЦСП для вантажів, що надходять від виробників, який припадає на одне відправлення  $q_0$ ;

де  $q_A$  - вантажопідйомність автомобіля;

$\tau_{\text{пв}}$  - середня тривалість виконання операцій по прибуттю та відправленню з однією партією від виробника;

-  $\tau_A = \frac{2 \left( \sum_{i=1}^m Q_{Bi} \right)}{(mQ_\Phi)}$  - середній час виконання навантажувально – розвантажувальних операцій з вантажами, що прибули у ЛЦСП від виробників автотранспортом, де:

- 2 – коефіцієнт, що враховує дві вантажні операції;
- $Q_D$  – продуктивність вантажного фронту;
- $\tau$  - час навантаження та вивантаження вагонів, прийнято як за транзитним варіантом;
- $T$  – час на перевезення у вагонах.

Таким чином

$$T_A = \frac{q_0}{\sum_{i=1}^m Q_{Bi}} + \frac{q_0}{mq_A} \tau + \frac{2 \left( \sum_{i=1}^m Q_{Bi} \right)}{mQ_\Phi} + T + \tau \quad (2)$$

Тоді умова доцільності використання ЛЦСП з обмеженням доставки вантажів «точно в строк» має наступний вигляд

$$\bar{T}_T \geq T_A, \text{ або } \bar{T}_T - T_A = \Delta t \geq 0, \quad (3)$$

$$\begin{aligned} & \frac{q_0}{m} \sum_{i=1}^m \frac{1}{Q_{Bi}} + T + \tau + t_0 - \frac{q_0}{\sum_{i=1}^m Q_{Bi}} - \frac{q_0}{mq_A} \tau - \frac{2 \left( \sum_{i=1}^m Q_{Bi} \right)}{(mQ_\Phi)} - T - \tau = \\ & = \frac{q_0}{m} \sum_{i=1}^m \frac{1}{Q_{Bi}} + t_0 - q_0 \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^m Q_{Bi}} + \frac{\tau}{mq_A} \right) - \frac{2 \left( \sum_{i=1}^m Q_{Bi} \right)}{(mQ_\Phi)} = \Delta t \geq 0 \end{aligned} \quad (4)$$

З метою визначення економічної доцільності використання ЛЦСП необхідно спів ставити експлу-

атаційні витрати за двома варіантами перевезень, а також врахувати відсутність капітальних вкладень на будівництво складів у виробника, можливість отримання виробниками додаткового прибутку від оренди частини виробничих площ, складських приміщень та складського устаткування.

Для визначення оптимальної партії вантажу  $q_0$ , що сформований на ЛЦСП, доцільно скласти цільову функцію приведених витрат і систему обмежень, яка враховує логістичний принцип – доставка „точно у строк”. Величина  $q_0$  представляє транспортну партію вантажу, що може складатися із декількох вагонів, які навантажуються на спеціалізованій ділянці вантажного фронту ЛЦСП.

Відповідно до графо-аналітичної моделі, що представляє технологію роботи логістичного центру «сухий порт» (рис. 3), сформована цільова функція, як сума приведених витрат на одиницю вантажу.

Цільова функція  $C$  повинна включати наступні витрати:

- на схоронність вантажу у процесі накопичення до величини  $q_0$  на складі у ЛЦСП

$$C_1 = \frac{C_x \cdot q_0}{2 \sum_{i=1}^m Q_{Bi}}, \quad (5)$$

де  $C_x$  - вартість схоронності одиниці вантажу при накопиченні на транспортну партію;

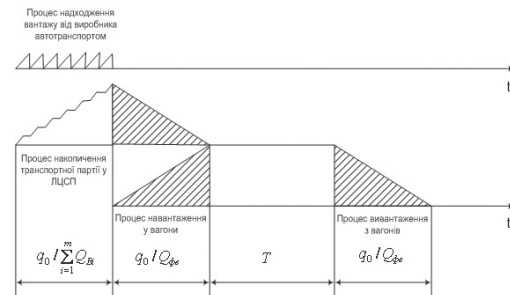


Рис. 3. Графо-аналітична модель логістичного центру «сухий порт»

- на виконання вантажних операцій при навантаженні – вивантаженні з вагонів

$$C_2 = \frac{2C_B \cdot q_0}{q_{CT} \cdot Q_{\Phi}}, \quad (6)$$

де 2 – коефіцієнт, що враховує простой вагонів при виконанні вантажних операцій в пункті призначення та в ЛЦСП;

$q_{CT}$  - статичне навантаження вагона;

$C_B$  - грошовий еквівалент 1 вагону-години простою;

$Q_{\Phi}$  - переробна спроможність вантажного фронту ЛЦСП, що виражена у вагонах;

- на виконання початкових, кінцевих та інформаційних операцій (оформлення перевізних документів, приймання вантажу, подача, прибирання вагонів та інше.)

$$C_3 = 2 \cdot \tau_{\text{пв}} \cdot C \cdot \sum_{i=1}^m Q_{Bi} / q_0, \quad (6)$$

де  $C_0$  - вартість виконання початкових і кінцевих операцій із транспортною партією у ЛЦСП та в пункті призначення.

- на перевезення вантажу в пункт призначення:

$$C_4 = f / q_0,$$

де  $f$  - вартість перевезення.

$$\text{Таким чином цільова функція } C = \sum_{i=1}^4 C_i \quad (7)$$

Модель для визначення оптимальної партії вантажу, що відправляється з ЛЦСП, має остаточний вигляд:

$$C(q_0) = \frac{C_x \cdot q_0}{2 \sum_{i=1}^m Q_{bi}} + \frac{2C_B \cdot q_0}{q_{CT} Q_{фв}} + 2 \cdot \tau_{пв} \cdot C_0 \cdot \left( \sum_{i=1}^m Q_{bi} \right) / q_0 + f / q_0 \Rightarrow \min \quad (8)$$

при виконанні системи обмежень

$$\begin{cases} 0 \leq q_0 \leq l_{\phi}, 45l_{\phi} - \text{довжина вантажного фронту} \\ T_{л} = \frac{q_0}{\sum_{i=1}^m Q_{bi}} + \frac{q_0}{m \cdot q_A} \cdot \tau_{пв} + \frac{2 \left( \sum_{i=1}^m Q_{bi} \right)}{m Q_D} + T + \tau \leq T_d - \\ \text{-умова для виконання} \\ \text{обмеження доставка "точно в срок"} \end{cases}$$

Функція  $C(q_0)$  - неперервна і диференційована по  $q_0$ , тоді оптимальне значення  $q_0$ орт можна знайти з рівняння  $C'(q_0) = 0$  при виконанні системи обмежень. Спростимо вираз для  $C(q_0)$

$$C(q_0) = q_0 \left( \frac{C_x}{2 \sum_{i=1}^m Q_{bi}} + \frac{2C_B}{q_{CT} Q_{фв}} \right) + \frac{1}{q_0} \left( 2 \cdot \tau_{пв} \cdot C_0 \cdot \left( \sum_{i=1}^m Q_{bi} \right) + f \right) = Aq_0 + \frac{B}{q_0}$$

Де

$$A = \frac{C_x}{2 \sum_{i=1}^m Q_{bi}} + \frac{2C_B}{q_{CT} Q_{фв}}; \quad D = 2 \cdot \tau_{пв} \cdot C_0 \cdot \sum_{i=1}^m Q_{bi} + f \quad (9)$$

$$C'(q_0) = A - \frac{B}{q_0^2} = 0$$

$$q_{0opt} = \sqrt{\frac{B}{A}} = \sqrt{\frac{2 \cdot \tau_{пв} \cdot C_0 \cdot \sum_{i=1}^m Q_{bi} + f}{\frac{C_x}{2 \sum_{i=1}^m Q_{bi}} + \frac{2C_B}{q_{CT} Q_{фв}}}} \quad (10)$$

Якщо до виразу сумарних приведених витрат  $C$  додати приведені витрати на створення ЛЦСП із відповідною інфраструктурою, то можна визначити умови, при яких буде доцільним будівництво логістичного центру «сухий порт» за участю ППЗТ. Аналіз сумарних приведених витрат  $C$  в цьому випадку доводить, що основним чинником, який впливає на величину  $C$  є потужність вантажопотоку  $P = \sum_{i=1}^m Q_{bi}$ . Можна при-

йняти, що капіталовкладення на будівництво і улаштування складських об'єктів, службово-технічних приміщень, комунікацій, тощо пропорційно залежать від потужності вантажопотоку, що обслуговуються на ЛЦСП. Технологія роботи ЛЦСП повинна бути реалізована в єдиному середовищі інформаційно-керуючої мережі, яка є підсистемою АСУ ППЗТ.

Реалізація моделі (8) в умовах філій ВАТ «Київ-Дніпровське МППЗТ» показала, що для усереднених вихідних даних можливо отримати оптимальне рішення щодо реалізації технології ЛЦСП у межах ППЗТ. Зокрема, для умов Кіровоградської філії при реалізації запропонованої логістичної технології із сумарною інтенсивністю споживання вантажу на підприємствах  $\sum_{i=1}^m Q_{bi} = 500$  т/добу оптимальне значення маси вантажу у подачі складе  $q = 382,9$  т при мінімальних витратах ППЗТ  $C(q) = 15.52$  грн/т (рис. 4).

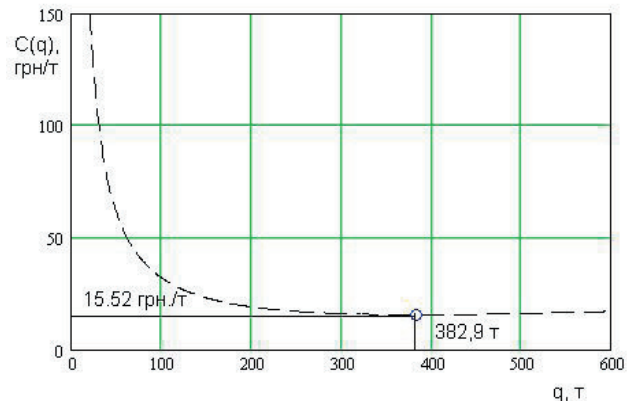


Рис. 4. Залежність витрат ППЗТ по обслуговуванню підприємств від маси вантажу у подачі у ЛЦСП

### Висновки.

Розроблену модель ЛЦСП можна вважати достатньо універсальною за своєю структурою і використовувати її при подаванні груп вагонів у прямому та у зворотному напрямку. При цьому будуть змінюватися тільки параметри моделі, що залежить від особливостей виконаних вантажних операцій із окремими типами вантажу та від нерівномірності споживання вантажу вантажовласниками – клієнтами ППЗТ.

### Література

1. Крамне Х. Логистика как фактор развития производства в условиях рыночной экономики: Подъёмно транспортная техника и склады. – 1991. №6. – С.43-45.
2. Лаврова А.С. материальные потоки в логистике. – Саратов, ИТУ, 1995. – 36с.
3. Бугько Т.В, Ломотько Д.В., Головки Т.В. Удосконалення сумісної роботи портів та залізничних вузлів на основі логістичних методів: Східно-Європейський журнал передових технологій. - № 3/6 (27), 2007. – с.10-16.