

УДК 658.7:656.212.7

# ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ ЛОГІСТИЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ “ПРИКОРДОННИЙ СУХИЙ ПОРТ” В УМОВАХ ПРИКОРДОННОЇ ПЕРЕ- ВАНТАЖУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

Г.С. Бауліна

Аспірантка

Кафедра “Управління експлуатаційною роботою”

Українська державна академія залізничного транспорту

пл. Фейербаха, 7, м. Харків, 61050

Контактний тел.: (057) 730-10-85

E-mail: anyabaulina@mail.ru

*Розглянуто технологію функціонування логістичного центру “прикордонний сухий порт” в умовах прикордонної перевантажувальної станції. Сформовано модель логістичної технології, що дозволить визначити оптимальну партію контейнерів для відправлення до станції призначення та час на її формування*

*Ключові слова: логістична технологія, прикордонна перевантажувальна станція*

*Rассмотрена технология функционирования логистического центра «пограничный сухой порт» в условиях пограничной перегрузочной станции. Сформирована модель логистической технологии, которая позволит определить оптимальную партию контейнеров для отправления до станции назначения и время на ее формирование*

*Ключевые слова: логистическая технология, пограничная перегрузочная станция*

*Considered technology functioning logistics center “border Dry Port in handling border station. Developed the model of logistics technology, which will determine the optimal batch containers for shipment to the station of destination and time of its formation*

*Key words: logistics technology, border reloading station*

## Вступ

При перевезенні вантажів в міждержавному сполученні при неоднорідній ширині колії важливу роль відіграють прикордонні перевантажувальні станції (ППС), які повинні забезпечувати мінімальний час знаходження вагонів на станції. В свою чергу тривалість знаходження вагонів на станції справляють негативний вплив на строк доставки вантажу вантажоодержувачам. У цих умовах стратегія формування транспортного процесу повинна базуватися на впровадженні логістичних технологій у межах концепції логістики.

## Аналіз останніх досліджень

Розробці логістичних технологій присвячені дослідження [1,2]. У роботі [1] на основі принципів логістики запропонована ефективна організація та

управління системою промислового залізничного транспорту в умовах формування єдиного інформаційного середовища ВАТ “Київ-Дніпровське МППЗТ” на базі комплексу моделей математичного програмування. У роботі [2] розглянута організація логістичної технології роботи залізнично-водних транспортних вузлів України. Але в умовах ППС питання формування логістичної технології ще детально не досліджувались.

## Формулювання мети (постановка завдання)

У сучасних умовах велике значення має забезпечення виконання потреб учасників транспортного бізнесу до швидкості проходження вантажів по залізницях, їх схоронності, в наданні повного циклу якісних логістичних послуг. Тому на базі ППС доцільно створити логістичний центр типу “прикордонний сухий порт” (ЛЦПСП), який буде виступати в ролі регулятора ван-

тажопотоків, що надходять та відправляються з таких станцій, у взаємодії з маневровим диспетчером, на якого покладено функції координатора дій, пов'язаних з підбиранням, подачею та прибиранням рухомого складу для виконання відповідних вантажних операцій в “прикордонному сухому порту”.

**Викладення основного матеріалу**

Об'єднання типу “прикордонний сухий порт” повинні стати елементами міжнародної логістичної системи залізниць України в цілому. Доцільність створення таких об'єднань і привабливість їх для клієнтів обумовлено можливістю прискорення доставки вантажів до станції призначення.

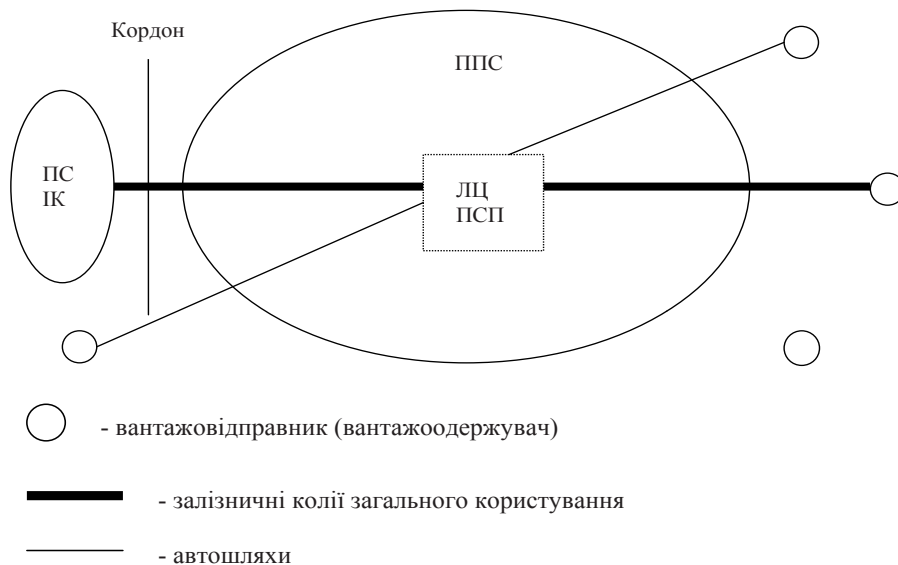
Основна спрямованість ЛЦПСП полягає в наданні повного циклу якісних логістичних послуг клієнтам, які користуються залізничним транспортом, тим самим скорочуючи тривалість знаходження вагонів на прикордонних станціях і на шляху прямування, та в залученні додаткових вантажопотоків на залізницю України.

Як довів аналіз, до початку кризового періоду (вересня 2008 року) по Укрзалізниці спостерігається тенденція до зростання обсягів перевезення вантажів у великотоннажних контейнерах, тому ЛЦПСП доцільно сформувані на базі існуючих контейнерних терміналів на великих ППС, що можуть працювати з 20 та 40 футовими контейнерами міжнародного класу.

Отже, контейнерні термінали типу “прикордонний сухий порт” дозволять здійснювати прийом, накопичення, сортування, формування транспортних партій контейнерів, перевантаження контейнерів із європейських вагонів у вагони колії СНД, схоронність та переробку контейнерів на складі тимчасового зберігання, а також виконання митного та інших видів контролю із забезпеченням виконання логістичних принципів доставки “точно в строк”, “у повній схоронності” та “від дверей до дверей”.

Технологія функціонування логістичного центру “прикордонний сухий порт” (ЛЦПСП), яка наведена на рис. 1, передбачає, що великотоннажні контейнери на платформах колії 1435 мм від іноземних вантажовідправників надходять у логістичний центр залізничним транспортом із прикордонної станції суміжної держави для перевантаження контейнерів на платформи колії 1520 мм або для вивантаження контейнерів на майданчик для подальшого їх накопичення на партію для відправлення і доставляються вантажоодержувачам залізницею, або доставляються від вітчизняних та іноземних вантажовідправників надходять на станцію автомобільним транспортом, вивантажуються на

ділянці “прикордонного сухого порту”, а після накопичення партії контейнерів за відповідним призначенням навантажуються на платформи для відправлення залізничним транспортом територією України.



ППС – прикордонна перевантажувальна станція;  
 ЛЦПСП – логістичний центр “прикордонний сухий порт”  
 ПС ІК - прикордонна перевантажувальна станція іншої країни

Рис. 1. Структура взаємодії ЛЦПСП з відправниками та одержувачами вантажів

Партія великотоннажних контейнерів у ЛЦПСП для відправлення до відповідної станції призначення може бути сформована:

- з частки контейнерів, що надходять із суміжної країни по вузькій колії і вивантажуються на ділянку ЛЦПСП, якщо на ППС не має в наявності необхідної кількості платформ для перевантаження контейнерів із рухомого складу колії 1435 мм на рухомий склад колії 1520 мм;
- з частки контейнерів, що прибувають у ЛЦПСП автомобільним транспортом з території України або із за кордону.

У випадку прибуття платформ з контейнерами із-за кордону, для ЛЦПСП постає задача раціонального регулювання контейнеропотоку, тобто частина контейнерів може перевантажуватися на платформи колії 1520 мм, при їх наявності, а інша частина – вивантажуватися на майданчик ЛЦПСП для накопичення партії контейнерів для відправлення в залежності від станції призначення та вантажоодержувачів. Усі ці операції здійснюються при безпосередній участі маневрового диспетчера ППС, який повинен забезпечити раціональну організацію виконання маневрових операцій по підбиранню, подаванню, розставленню, збиранню та прибиранню рухомого складу з вантажного пункту з мінімальними витратами локомотиво- та вагоно-годин. Після навантаження партії контейнерів на платформи, вони будуть слідувати без переробки до станції призначення на адресу відповідного одержувача. Тобто технологія функціонування ЛЦПСП в умовах ППС дозволить забезпечити прискорений

пропуск платформ з партією контейнерів, що сформована в “прикордонному сухому порту”, з мінімальними зупинками на шляху прямування, тим самим скорочуючи строки доставки вантажів у контейнерах та прибавляючи нових вантажовідправників.

Отже, для формалізації логістичної технології “прикордонний сухий порт” доцільно представити цільову функцію як суму приведених витрат на виконання операцій з формування партії контейнерів R, що може складатися з деякої кількості великотоннажних контейнерів довжиною 20 та 40 футів.

Партія контейнерів, що формується на ЛЦПСР, визначається виходячи з досягнення мінімальних витрат, що залежать від цієї партії.

Витрати на подавання-прибирання платформ

$$C_1 = \frac{2C_{л-г} \cdot t_n \cdot N l_{пл}}{l_{ф}}, \tag{1}$$

де  $C_{л-г}$  - вартість локомотиво-години маневрової роботи, грн.;

$t_n$  - час на подавання та прибирання однієї подачі, год.;

N - кількість платформ;

$l_{пл}$  - довжина платформи, м.;

$l_{ф}$  - довжина вантажно-розвантажувального фронту, м.

Підбір платформ для розміщення на них контейнерів довжиною 20 та 40 футів виконується в залежності від довжини платформи, її вантажопідйомності та маси брутто контейнерів [3]. Як довів аналіз, контейнери довжиною 20 футів в основному мають масу брутто до 34 тонн, а 40 футові - до 42 тонн, тому можна вважати, що одна платформа довжиною 14,62 м подається під навантаження двох контейнерів довжиною 20 футів або одного – довжиною 40 футів.

Таким чином, кількість платформ, що подаються до ЛЦПСР та прибирається з нього можна визначити за формулою

$$N = R \left( \frac{\alpha_1}{2} + \alpha_2 \right), \tag{2}$$

де  $\alpha_1, \alpha_2$  - доли контейнерів довжиною 20 та 40 футів відповідно від загальної кількості контейнерів у транспортній партії.

Отже,

$$C_1 = \frac{2C_{л-г} \cdot t_n \cdot l_{пл} \cdot R}{l_{ф}} \left( \frac{\alpha_1}{2} + \alpha_2 \right). \tag{3}$$

Витрати на збереження контейнерів у ЛЦПСР при накопиченні на партію

$$C_2 = \frac{C_{зб} R}{\lambda}, \tag{4}$$

де  $C_{зб}$  - вартість збереження одного великотоннажного контейнера при накопиченні на партію, грн.;

$\lambda$  - інтенсивність надходження великотоннажних контейнерів до ЛЦПСР залізницею із суміжної країни та автомобільним транспортом для накопичення на партію, конт/год.

Для визначення величини  $\lambda$  були проведені необхідні дослідження по станції Чоп, з використанням теорії імовірності та методів математичної статистики [4], на основі яких встановлено, що потоки платформ з великотоннажними контейнерами довжиною 20 та 40 футів, які надходять на ППС із суміжної країни,  $x_1, x_2$ , є випадковими величинами підпорядкованими біноміальному закону розподілу, а інтервали між надходженням поїздів на ППС із суміжної країни, у складі яких є платформи з 20 та 40 футовими контейнерами,  $t_1$  і  $t_2$ , також є випадковими величинами із законом розподілу Ерланга 2-го порядку.

Визначені імовірності того, що платформи з контейнерами довжиною 20 та 40 футів, що надходять із суміжної країни, виявляться платформами з 20 та 40 футовими контейнерами для вивантаження,  $p_1$  і  $p_2$  (негативний біноміальний закон розподілу).

Як показали дослідження, кількість 20 та 40 футових контейнерів, що надходять до ППС автомобільним транспортом,  $x_1^a$  і  $x_2^a$ , підпорядковані біноміальному закону розподілу, а час між їх прибуттям,  $t_1^a, t_2^a$  - експоненціальному закону розподілу.

Вибір виду розподілу, який найкраще відповідає статистичній вибірці даних, та розрахунок його параметрів проводились з використанням програмного пакету EasyFit 3.0 компанії MathWave.

Таким чином,

$$\begin{aligned} \lambda = n_b & \left( 2 \frac{n_1!}{x_1!(n_1-x_1)!} p_1^{x_1} (1-p_1)^{n_1-x_1} \binom{r_1+x_1-1}{x_1} p_1^{r_1} (1-p_1)^{x_1} / (2\lambda_1)^2 \int_0^t t_1^2 \cdot e^{-2\lambda_1 t_1} dt + \right. \\ & + \frac{n_2!}{x_2!(n_2-x_2)!} p_2^{x_2} (1-p_2)^{n_2-x_2} \times \binom{r_2+x_2-1}{x_2} p_2^{r_2} (1-p_2)^{x_2} / (2\lambda_2)^2 \int_0^t t_2^2 \cdot e^{-2\lambda_2 t_2} dt \left. + \right. \\ & + x_0 \left( \frac{n_{10}!}{x_1^0!(n_{10}-x_1^0)!} p_{10}^{x_1^0} (1-p_{10})^{n_{10}-x_1^0} / \mu_1 \int_0^t t_1^a \cdot e^{-\mu_1 t_1^a} dt + \right. \\ & \left. + \frac{n_{20}!}{x_2^0!(n_{20}-x_2^0)!} p_{20}^{x_2^0} (1-p_{20})^{n_{20}-x_2^0} / \mu_2 \int_0^t t_2^a \cdot e^{-\mu_2 t_2^a} dt \right) \end{aligned} \tag{5}$$

де  $n_1, n_2$  - кількість поїздів, у складі яких є платформи з контейнерами довжиною 20 та 40 футів відповідно, що надходять на ППС із суміжної країни;

$p_1, p_2$  - імовірності надходження платформ з контейнерами довжиною 20 і 40 футів відповідно;

$\lambda_1, \lambda_2$  - інтенсивності надходження поїздів із суміжної країни, у складі яких є платформи з 20 та 40 футовими контейнерами відповідно, за одиницю часу;

$n_{1a}, n_{2a}$  - кількість автомобілів, на яких на ППС надходять великотоннажні контейнери довжиною 20 та 40 футів відповідно;

$p_{1a}, p_{2a}$  - імовірності надходження великотоннажних контейнерів довжиною 20 і 40 футів відповідно автомобільним транспортом;

$\mu_1, \mu_2$  - інтенсивності надходження автомобілів з великотоннажними контейнерами довжиною 20 та 40 футів відповідно, за одиницю часу.

Витрати на виконання вантажних операцій з великотоннажними контейнерами визначаємо з урахуванням того, що контейнери навантажуються на платформи, вивантажуються з них та з автотранспорту

$$C_3 = 2C_{в-г} R \left( \frac{\alpha_1}{2} + \alpha_2 \right) \left( \frac{P_{ст}^u}{ZQ_T} + t_{пз}^u \right) + C_{в-г} A \left( \frac{P_{ст}^a}{ZQ_T} + t_{пз}^a \right), \tag{6}$$

де  $C_{в-г}$ ,  $C_{а-г}$  - вартість однієї години простою вагона та автотранспорту, грн.;

$P_{ст}^n$ ,  $P_{ст}^a$  - статичне навантаження відповідно платформи, т/ваг, та рухомої одиниці автотранспорту, т/автом.;

$Z$  - кількість одиниць вантажно-розвантажувальної техніки;

$Q_T$  - продуктивність однієї одиниці техніки, т/год;

$t_{пз}^n$ ,  $t_{пз}^a$  - час на підготовчо-заклучні операції з платформою та рухомою одиницею автотранспорту (відкривання та закріплення бортів платформи, підготовка автомобіля, закріплення контейнерів на платформі та рухомому складі автомобільного транспорту), год;

$A$  - кількість рухомих одиниць автотранспорту (автомобілів та автомобілів з причепами) можна визначити аналогічно (2) з урахуванням того, що на одній одиниці автотранспорту може розміститися два 20 футівих контейнера та один – довжиною 40 футів.

Таким чином,

$$C_3 = 2C_{в-г} R \left( \frac{\alpha_1}{2} + \alpha_2 \right) \left( \frac{P_{ст}^n}{ZQ_T} + t_{пз}^n \right) + C_{а-г} R \left( \frac{\alpha_1^0}{2} + \alpha_2^0 \right) \left( \frac{P_{ст}^a}{ZQ_T} + t_{пз}^a \right), \quad (7)$$

де  $\alpha_1^0$ ,  $\alpha_2^0$  - долі контейнерів довжиною 20 та 40 футів відповідно, що надходять до ЛЦПСП автомобільним транспортом, від загальної кількості контейнерів у транспортній партії.

Витрати на технічний, комерційний та митний огляди партії контейнерів визначаємо з урахуванням того, що ці операції в ЛЦПСП виконуються паралельно, тому

$$C_4 = C_{ог} R t_{ог}^{ткм}, \quad (8)$$

де  $C_{ог}$  - вартість огляду одного великотоннажного контейнера, грн.;

$t_{ог}^{ткм}$  - тривалість технічного, комерційного та митного оглядів одного контейнера, год.

Витрати на оформлення документів, в тому числі на митне оформлення партії контейнерів

$$C_5 = C_{оф} R, \quad (9)$$

де  $C_{оф}$  - вартість оформлення документів на один контейнер, грн.

Витрати на переставлення вагонів з партією контейнерів до складу поїзда в парк відправлення

$$C_6 = C_{л-г} t_{пер} R \left( \frac{\alpha_1}{2} + \alpha_2 \right), \quad (10)$$

де  $t_{пер}$  - час на переставлення групи вагонів, віднесений на один вагон, год.

Таким чином цільова функція, яка складається з експлуатаційних витрат, віднесених на партію контейнерів, буде мати вигляд

$$C(R) = \sum_{i=1}^6 C_i(R) \Rightarrow \min \quad (11)$$

при виконанні системи обмежень з урахуванням логістичного принципу доставки “точно в строк”

$$\begin{cases} T_{пв} + T_{нак} + T_v + T_{пер} \leq T_d \\ R \left( \frac{\alpha_1}{2} + \alpha_2 \right) I_{пл} \leq I_{\phi} \\ \lambda \leq Q_{\phi} \\ V \leq V_x \\ N = R \left( \frac{\alpha_1}{2} + \alpha_2 \right) = m_{зам} \end{cases} \quad (12)$$

де  $T_{пв}$  - час на виконання операцій по прибуттю та відправленню, год;

$T_{нак}$  - час на накопичення партії контейнерів у ЛЦПСП, год;

$T_v$  - час на виконання вантажних операцій з партією контейнерів, год;

$T_{пер}$  - час на перевезення партії контейнерів до станції призначення, год;

$T_d$  - строк доставки вантажів у контейнерах, год;

$Q_{\phi}$  - переробна спроможність вантажного фронту ЛЦПСП, конт/год;

$m_{зам}$  - кількість вагонів у замикаючій групі в процесі накопичення на состав поїзда;

$V$  - швидкість переміщення по коліях станції, км/год;

$V_x$  - ходова швидкість відповідно нормам ПТЕ, км/год.

Запропонована модель дозволить визначити оптимальну партію контейнерів, що сформована у ЛЦПСП для відправлення з ППС до станції призначення та час на її формування. Також використання моделі “прикордонного сухого порту” дозволить зменшити непродуктивні простой на ППС, а маневровому диспетчеру надасть можливість раціонально організувати роботу з підбору, подавання, прибирання платформ з ЛЦПСП з мінімальними витратами вагону- та локомотивогодин.

## Висновки

Відповідно до запропонованої технології функціонування логістичного центру “прикордонний сухий порт”, сформовано модель ЛЦПСП в умовах прикордонної перевантажувальної станції, як функції приведених витрат на партію контейнерів, що пропонується інтегрувати як додаткову задачу на автоматизовані робочі місця логіста та маневрового диспетчера.

## Література

- 1 Панкратов В.І. Організація та управління системою промислового залізничного транспорту на основі принципів логістики. Дисертація на здобуття наукового ступеня к.т.н. – Х.: УкрДАЗТ, 2009.
- 2 Ломотько Д.В. Формування транспортного процесу залізниць України на базі логістичних принципів. Дисертація на здобуття наукового ступеня д.т.н. – Х.: УкрДАЗТ, 2008.
- 3 Збірник № 25 Правил перевезень і тарифів залізничного транспорту України. – К.: Укрзалізниця., 2008.
- 4 Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 2002. – 479 с.