

## ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 656.212.5

## ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ РЕСУРСІВ ТЕРМІНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ СІТЬОВОГО ПЛАНУВАННЯ

Є.В. Нагорний, професор, д.т.н.,  
Н.Ю. Шраменко, доцент, к.т.н., ХНАДУ

*Анотація.* Запропоновано математичну формалізацію процесу функціонування терміналу. Визначено раціональну кількість людських та транспортно-складських ресурсів термінального комплексу відповідно до характеристик вхідного вантажопотоку.

*Ключові слова:* термінальний комплекс, транспортно-складські ресурси, сітьове планування.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА РЕСУРСОВ ТЕРМИНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ СЕТЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

Е.В. Нагорний, профессор, д.т.н.,  
Н.Ю. Шраменко, доцент, к.т.н., ХНАДУ

*Аннотация.* Предложена математическая формализация процесса функционирования терминала. Определено рациональное количество людских и транспортно-складских ресурсов терминального комплекса в соответствии с характеристиками входящего грузопотока.

*Ключевые слова:* терминальный комплекс, транспортно-складские ресурсы, сетевое планирование.

## DETERMINATION OF RATIONAL QUANTITY OF TERMINAL RESOURCES ON THE BASIS OF NETWORK PLANNING THEORY

Ye. Nagornji, Professor, Doctor of Technical Science,  
N. Shramenko, Associate Professor, Candidate of Technical Science, KhNAHU

*Abstract.* The mathematical formalization of the process of terminal operation is offered. The rational number of human, transport and storage resources is determined in accordance with the characteristics of the incoming goods traffic.

*Key words:* terminal handler, transport and storage resources, network planning.

## Вступ

У сучасному ринковому середовищі процес вдосконалення логістичного управління переміщенням товарів об'єктивно приводить до посилення інтеграції підприємств, які беруть участь у переміщенні товарів. Виникає необхідність регулювання усієї системи переміщення товарів; при цьому ефективність лан-

цюга поставок визначається рівнем організаційного оформлення господарських зв'язків усіх учасників товарообігу. Формами ефективної взаємодії й інтеграції підприємств часто виступають логістичні об'єднання та центри. У цілому логістичні центри є закономірним результатом об'єктивного процесу еволюції логістичних функцій. Під впливом тенденцій інтеграції всіх учасників

логістичного ланцюга, що активно відбуваються, спостерігається все більш тісний взаємозв'язок між організаціями, що здійснюють рух матеріальних, фінансових, інформаційних та інших потоків.

Визначено, що для термінальних комплексів є характерною різна потреба у ресурсах залежно від коливань попиту й застосовуваної технології, а для підвищення ефективності їх функціонування необхідне урахування умов невизначеності й ризику, а також обґрунтування технологічних резервів у роботі персоналу та транспортно-складського обладнання.

### Аналіз публікацій

В результаті аналізу теоретичних основ функціонування термінальних комплексів виявлено, що вони виконують майже всі логістичні функції та стали майже невід'ємною частиною логістичного ланцюга між виробником та споживачем [1–3].

В [4] автором зазначено, що логістичні центри можуть найповніше домагатися зниження витрат і підвищення ефективності управління товарними потоками шляхом створення єдиної інформаційної, маркетингової, транспортної, складської й сервісної інфраструктури в рамках регіонального споживчого комплексу і регулювального впливу з боку місцевих органів влади.

Основні недоліки технологій функціонування існуючих термінальних комплексів: понаднормативні часові простоя, низька пропускна здатність, великі ресурсні затрати, малий асортимент послуг [5].

Аналіз літературних джерел показав, що транспортно-складські комплекси є доволі складною системою, що потребує постійного удосконалення існуючих підходів та моделей, з метою врахування впливу більшої кількості факторів та особливостей сучасних умов [6, 7].

### Мета і постановка задачі

Метою публікації є визначення раціональної кількості ресурсів термінального комплексу задля підвищення ефективності його функціонування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд задач, пов'язаних з мінімізацією витрат на переробку товару, та врахувати характеристику вхідного вантажопотоку, вимоги споживача, технологічні особливості при переробці вантажу, технічне забезпечення термінального комплексу і наявну кількість матеріальних та людських ресурсів.

Для вирішення оптимізаційних задач такого типу ефективно застосовувати сітьове планування, що дозволяє повно та наочно відобразити всі операції, які виконуються на термінальному комплексі.

### Формалізація процесу функціонування термінального комплексу в межах теорії сітьового планування

Розроблено сітьовий граф, що відображає функціонування термінального комплексу, а саме всі роботи, що виконуються на ньому, та послідовність їх виконання (рис. 1).

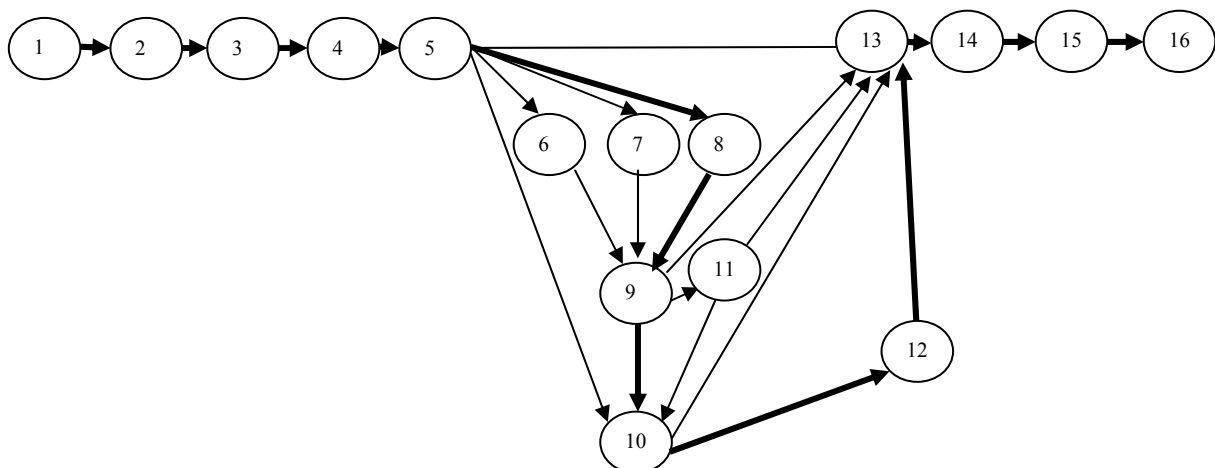


Рис. 1. Сітьовий граф функціонування термінального комплексу

Сітьовий граф функціонування транспортно-складського комплексу відображає такі роботи:  $t_{1-2}$  – первинну перевірку на цілісність;  $t_{2-3}$  – первинну перевірку на кількість;  $t_{3-4}$  – розвантаження;  $t_{4-5}$  – оформлення документів;  $t_{5-6}$  – упакування;  $t_{5-7}$  – маркування;  $t_{5-8}$  – укрупнення;  $t_{6-9}$ ,  $t_{7-9}$ ,  $t_{8-9}$  – сортування;  $t_{5-10}$ ,  $t_{9-10}$ ,  $t_{11-10}$  – зберігання;  $t_{9-11}$  – митне оформлення;  $t_{10-12}$  – відбір цілого пакета чи частки;  $t_{5-13}$ ,  $t_{9-13}$ ,  $t_{10-13}$ ,  $t_{11-13}$ ,  $t_{12-13}$  – переміщення в зону експедиції;  $t_{13-14}$  – оформлення документів;  $t_{14-15}$  – відвантаження;  $t_{15-16}$  – зняття вантажу з обліку.

Як критерій ефективності обрано сумарні витрати на функціонування термінального комплексу. Проаналізовано кожен складову обраного критерію ефективності та запропоновано їх формалізацію.

Розроблено модель функціонування терміналу, що передбачає вибір раціональної кількості ресурсів  $N_i$ ,  $N_j$  та дозволяє зменшити сумарні витрати. Цільова функція

$$C = f(Q, t_k, C_k, W_i, v, N_i, N_j, T_n, p, q_m) \rightarrow \min, (1)$$

де  $Q$  – обсяг вхідного вантажопотоку на термінал, т/доб.;  $t_k$  – час виконання  $k$ -ої технологічної операції на терміналі, год;  $C_k$  – вартісні показники  $k$ -го виду, грн;  $W_i$  – продуктивність  $i$ -го типу ресурсу, т/год;  $v$  – коефіцієнт варіації випадкової величини  $Q$ ;  $N_i$  – кількість НРМ  $j$ -го типу;  $N_j$  – кількість людських ресурсів  $i$ -ї професії;  $T_n$  – час роботи вантажного фронту, год;  $p$  – ймовірність проходження вантажем  $Q_j$  митного контролю;  $q_m$  – розмір партії, т.

Обмеженням до моделі виступає час переробки вантажу на термінальному комплексі

$$t_{\text{пер}} < t_{\text{дог}}, (2)$$

де  $t_{\text{пер}}$  – час на повну переробку вантажу на складі, год;  $t_{\text{дог}}$  – договірний час на переробку вантажу, год.

Для вибору оптимальної кількості ресурсів встановлено необхідні терміни виконання усіх робіт щодо переробки вантажу на термінальному комплексі.

Проаналізувавши вхідний потік вантажу за 2008–2011 роки, визначено добовий вхідний вантажопотік досліджуваного терміналу, який знаходиться в межах 400–2400 т/доб.

В результаті аналізу встановлено критичний шлях, що проходить по тих роботах, де резерви часу дорівнюють 0, а саме 1–2–3–4–5–8–9–10–12–13–14–15–16.

Загальна тривалість виконання комплексу робіт за заданих часових характеристик становить  $T = 25,4$  год. Дисперсія часу на виконання робіт, що очікується, дорівнює сумі дисперсій критичних робіт та становить  $\delta^2 = 18$  год<sup>2</sup>. Середньоквадратичне відхилення часу виконання робіт  $\delta(T)$  становить 4,2 години.

Це свідчить про те, що при обслуговуванні клієнтів термінального комплексу можуть виникати затримки та створюватися черги, що враховано при плануванні роботи термінального комплексу.

Роботи  $t_{5-6}$ ,  $t_{5-7}$ ,  $t_{6-9}$ ,  $t_{7-9}$ ,  $t_{9-11}$ ,  $t_{11-10}$ ,  $t_{5-10}$ ,  $t_{5-13}$ ,  $t_{9-13}$ ,  $t_{10-13}$ ,  $t_{11-13}$  мають резерви, тому саме терміни виконання цих робіт можна збільшувати. Визначення резервів часу дало змогу визначити, які роботи можуть бути завершені раніше, або закінчені пізніше, або розтягнуті в часі.

Скорочення часу виконання критичних робіт можна досягти за допомогою допоміжних ресурсів. Таким чином вартість цих робіт зростає, але загальний час переробки вантажу зменшиться, що може призвести до зниження загальних витрат.

Отримано залежність сумарних витрат від задіяних на термінальному комплексі транспортно-складських ресурсів при вхідному вантажопотоці 400 та 800 т/доб. (рис. 2).

Отже, при вхідному вантажопотоці 400 т/доб. оптимальна кількість НРМ становить 6 одиниць, а при вантажопотоці 800 т/доб. – 11 одиниць. Кожен НРМ працює у бригаді з трьох чоловік: водій та 2 вантажники. Також у зоні сортування задіяні робітники, не закріплені за бригадами.

Визначено їх оптимальну кількість, що відображено графічно (рис. 3).

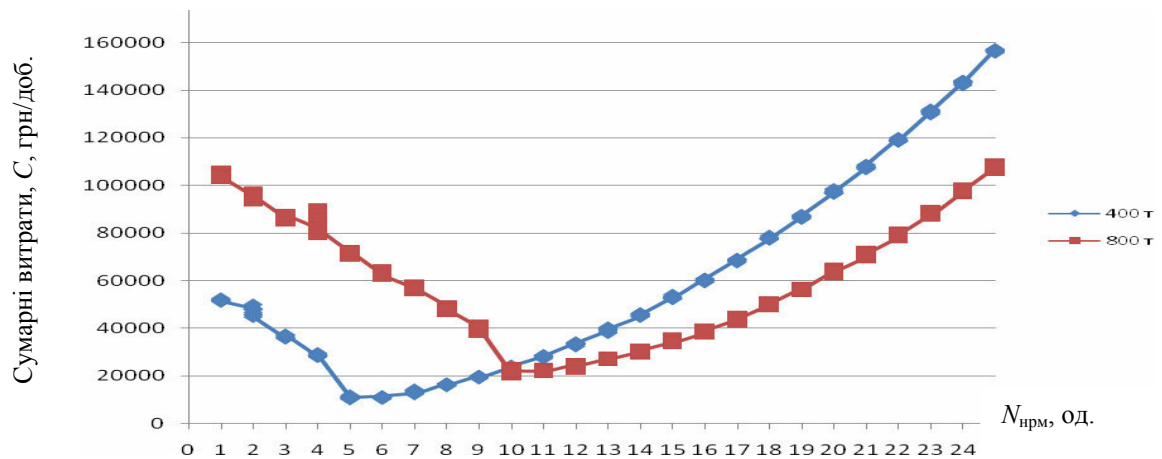


Рис. 2. Залежність сумарних витрат на функціонування терміналу від кількості НРМ

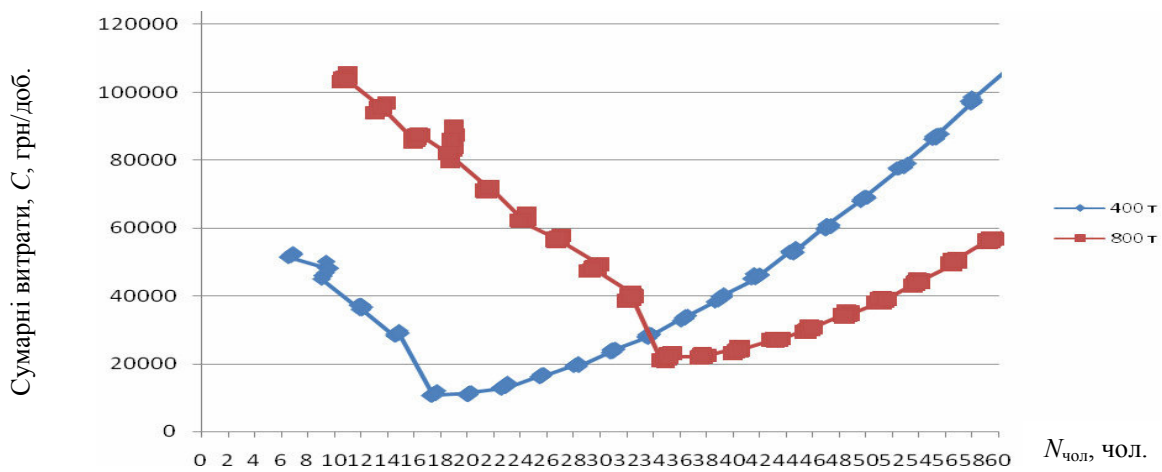


Рис. 3. Залежність сумарних витрат на функціонування терміналу від кількості людських ресурсів

Аналогічно визначено оптимальну кількість ресурсів для обсягів вхідного вантажопотоку 1200, 1600, 2000 та 2400 т/доб. (табл. 1).

Таблиця 1 Рациональна кількість ресурсів для різних обсягів вхідного вантажопотоку

Вхідний вантажопотік, $Q$ , т/доб	Кількість ресурсів, $N_{opt}$ , од.		
	Кількість НРМ, $N_{нрм}$ , од.	Кількість робітників, $N_{чол}$ , чол.	Загальні витрати, $C_{сум}$ , грн/доб.
400	6	20	10463
800	11	38	19660
1200	16	55	28924
1600	21	73	38247
2000	27	93	48047
2400	35	110	66435

Результати моделювання показали, що необхідна кількість людських ресурсів при вхідних обсягах вантажопотоку 400 т/доб. та 800 т/доб. становить 20 та 38 робітників відповідно. Відповідно до оптимальної кількості ресурсів при вантажопотоках 400 та 800 т/доб., сумарні витрати на утримання та експлуатацію термінального комплексу склали 10463 грн/доб. та 19660 грн/доб.

#### Висновки та перспективи подальших досліджень

Функціонування термінального комплексу представлено на основі теорії сітьового планування. Побудовано сітьовий граф, визначено часові характеристики виконання окремих робіт, а саме їх тривалість та резерви часу, що дозволяє зміщати початок виконання цих робіт на величину резерву.

Запропоновано математичну формалізацію процесу функціонування термінального комплексу. Визначено раціональну кількість ресурсів відповідно до характеристик вантажопотоку на вході та факторів наявності надмірних чи недостатніх його обсягів, що призводить до додаткових простоїв транспортних засобів, людських та транспортно-складських ресурсів термінального комплексу.

Встановлено очікуваний термін виконання переробки вантажу – 25,4 години, визначено стандартне відхилення часу виконання усього комплексу робіт – 4,2 години, що дозволяє прогнозувати та планувати діяльність термінального комплексу.

Подальші дослідження слід спрямувати на визначення ймовірнісних характеристик вантажопотоку та розробку імітаційної моделі функціонування термінального комплексу з урахуванням умов невизначеності та ризику.

### Література

1. Николайчук В.Е. Транспортно-складская логистика / В.Е. Николайчук. – М.: «Дашков и К<sup>о</sup>», 2007. – 452 с.
2. Перевозка экспортно-импортных грузов. Организация логистических систем: учеб. / под ред. А.В. Кириченко. – 2-е изд., доп. и перераб. – С.Пб.: Питер, 2004. – 506 с.
3. Прокофьева Т.А. Логистика транспортно-распределительных систем: Региональный аспект / Прокофьева Т.А., Лопаткин О.М. – М.: РосКонсульт, 2003. – 400 с.
4. Миротин Л.Б. Логистика, технология, проектирование складов, транспортных узлов и терминалов / Л.Б. Миротин, А.В. Бульба, В.А. Демин. – Ростов н/Д: «Феникс», 2009. – 408 с.
5. Шраменко Н.Ю. Виявлення проблем функціонування транспортно-складського комплексу в сучасних умовах / Н.Ю. Шраменко, Н.В. Кохановська // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті: наук.-техн. журнал. – 2010. – №3. – С. 37–41.
6. Шраменко Н.Ю. Аналіз теоретичних розробок в області організації дрібнопартійних перевезень та функціонування термінальних систем / Н.Ю. Шраменко / Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2010. – Вип. 49. – С. 120–125.
7. Шраменко Н.Ю. Теоретико-методологічні основи ефективного функціонування термінальних систем при доставці дрібнопартійних вантажів: монографія / Н.Ю. Шраменко. – Х.: ХНАДУ, 2010. – 156 с.

Рецензент: П.Ф. Горбачов, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 15 жовтня 2012 р.