

УДК 656.212

**ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ВЗАЄМОДІЇ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ ТА ПІД'ЇЗНИХ КОЛІЙ**

Канд. техн. наук Г.В. Шаповал, О.Ю. Резніченко

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРУЗОВОЙ СТАНЦИИ И ПОДЪЕЗДНЫХ ПУТЕЙ**

Канд. техн. наук А.В. Шаповал, О.Ю. Резниченко

**THE SELECTION OF OPTIMAL TECHNOLOGY IN FREIGHT STATION AND SIDINGS INTERACTION**

Cand. of techn. sciences G. Shapoval, O. Reznichenko

*Визначення черговості обслуговування під'їзних колій, що примикають до станції, в теперішній час здійснюється за різними критеріями, але проблема взаємодії вантажної станції та під'їзних колій потребує подальшого вирішення з урахуванням сучасних економічних обґрунтувань. Для забезпечення якісної взаємодії залізниці та вантажовласників необхідно враховувати інтереси станції та під'їзних колій. Тому для вибору оптимальної стратегії взаємодії вантажної станції та під'їзних колій доцільно застосовувати теорію гри.*

**Ключові слова:** вантажна станція, під'їзна колія, стратегія взаємодії, теорія ігор, черговість обслуговування.

*Выбор очередности обслуживания подъездных путей, которые примыкают у станции, осуществляется по различным критериям. Однако проблема взаимодействия грузовой станции и подъездных путей требует решения с учетом экономических обоснований. Для обеспечения взаимодействия железной дороги и грузовладельца необходимо одновременно учитывать интересы станции и подъездных путей. Для выбора оптимальной стратегии взаимодействия грузовой станции и подъездных путей предлагается применять теорию игр.*

**Ключевые слова:** грузовая станция, подъездной путь, стратегия взаимодействия, теория игр, очередность обслуживания.

*The selection of sidings service priority adjoined to railway station is carrying according to various criteria. However, the problem of a freight station and sidings interaction requires decisions based on economic justifications. To ensure the interoperability between railways and cargo owner, it is necessary to consider the interests both of stations and sidings. Interface technology must take into consideration the cost of carriages supplying to the sidings given the number of carriages, movement time, the cost of staying carriages in motion. To select the optimal strategy of freight station and sidings interaction it was proposed to apply the game theory. Participants in the game there are the freight station and sidings. The optimal strategy must ensure the maximum gain of the only one participant, with the minimum loss of another member.*

**Keywords:** freight station, sidings, interaction strategy, game theory, the order of priority service.

**Вступ.** Значне ускладнення ринкових умов, в яких функціонують підприємства України, висуває нові вимоги до транспорту, зокрема до рівня транспортного обслуговування, який надається клієнтам. Для забезпечення високого рівня конкурентоспроможності та прийняттого рівня прибутку необхідно впроваджувати нові підходи до

формування системи транспортного обслуговування, які будуть враховувати не лише інтереси залізниці, а й інтереси клієнтів [1].

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** Для підвищення ефективності роботи залізничного транспорту необхідно впроваджувати нові

сучасні технології взаємодії усіх учасників перевізного процесу. В сучасних умовах зусилля залізниць слід зосередити на забезпеченні постійного зростання обсягів транзитних перевезень вантажів шляхом зменшення часу знаходження їх в дорозі, простоїв у пунктах перетину кордонів. Також необхідно удосконалювати взаємодію станцій та під'їзних колій з метою забезпечення своєчасної доставки вантажів при мінімізації експлуатаційних витрат на перевезення [2].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Вирішенню проблеми вибору оптимальної технології взаємодії станції та під'їзних колій приділяється багато уваги, оскільки це є найбільш розповсюдженою задачею на залізничному транспорті, яка вирішується щоденно на усіх станціях, відкритих для виконання вантажних операцій.

Для вирішення задачі вибору послідовності подавання вагонів на вантажні fronti станції або під'їзні колії запропоновано технологічні підходи планування роботи вантажних станцій [3, 4]. В подальшому для оптимізації маневрової роботи на залізничній станції запропоновано використовувати теорію графів [5].

Визначення черговості обслуговування під'їзних колій, що примикають до станції, здійснюється за критеріями: мінімізації вагоно-годин, витрачених на подавання вагонів на під'їзні колії; мінімізації вагоно-годин, витрачених на подавання вагонів та проведення вантажних операцій на під'їзних коліях; забезпечення максимальної кількості вагонів, що подаються та прибираються до заданого часу роботи збірного поїзда [6, 7].

В теперішній час норми часу на виконання вантажних операцій на під'їзних коліях є дещо заниженими, тому виникає необхідність у визначенні обґрунтованих нормативів часу знаходження вагонів на під'їзних коліях для підвищення ефективності взаємодії в системі «станція - під'їзна колія» [8].

Проблема взаємодії станції та під'їзних колій при подаванні-забиранні вагонів залишається актуальною і в теперішній час та потребує подальшого вирішення з урахуванням сучасних економічних вимог.

**Визначення мети та задачі дослідження.** Для забезпечення якісної взаємодії залізниці та вантажовласників

необхідно враховувати інтереси залізниці – в особі станції, та вантажовласника – в особі під'їзної колії. Тому виникає потреба у виборі оптимальної стратегії взаємодії вантажної станції та під'їзних колій.

**Основна частина дослідження.** Для оптимізації технології взаємодії вантажної станції та під'їзних колій необхідно визначити вартість подавання вагонів на під'їзну колію з урахуванням кількості вагонів, що подаються; часу на слідування вагонів до місця призначення; вартості перебування групи вагонів у русі. Аналітично це можна розглядати як

$$W_i = e_{л-г} \frac{l_i}{v_i} + e_{в-г} n_i t_i, \quad (1)$$

де  $W_i$  – вартість роботи по взаємодії вантажної станції та  $i$ -ї під'їзної колії, грн;

$l_i$  – відстань від вантажної станції до  $i$ -ї під'їзної колії;

$v_i$  – швидкість руху від вантажної станції до  $i$ -ї під'їзної колії;

$e_{л-г}$  – вартість однієї локомотиво-години роботи поїзного локомотива, грн;

$n_i$  – кількість вагонів, що подаються до  $i$ -ї під'їзної колії;

$t_i$  – час перебування вагонів у русі при подаванні до  $i$ -ї під'їзної колії;

$e_{в-г}$  – вартість однієї вагоно-години, грн.

Необхідно розглядати усі варіанти  $W_i$  за усіма можливими випадками  $j$ -ї організації технології взаємодії. Вибір кращого рішення слід проводити шляхом порівняння різних стратегій  $W_{ij}$ .

Для вибору кращої стратегії взаємодії вантажної станції та під'їзних колій розглянемо гру, в якій задіяні два учасники, при цьому кожний з них має кінцеву кількість стратегій [9, 10].

Позначимо через  $A$  учасника гри – вантажну станцію; а через  $B$  учасника гри – під'їзну колію. При цьому вантажна станція  $A$  має  $m$  стратегій:  $A_1, A_2, \dots, A_m$ , а під'їзна колія  $B$  має  $n$  стратегій:  $B_1, B_2, \dots, B_n$ . Припустимо, що вантажна станція обирає

стратегію  $A_i$ , а під'їзна колія стратегію  $B_k$ . Вибір учасниками стратегії  $A_i$  та  $B_k$  однозначно визначає результат гри – виграш  $a_{ik}$  вантажної станції та виграш  $b_{ik}$  під'їзної колії, при цьому ці виграші пов'язані рівністю

$$b_{ik} = -a_{ik}. \quad (2)$$

Останній вираз показує, що в умовах, які розглядаються, виграш вантажної станції дорівнює виграшу під'їзної колії, який приймається з протилежним знаком. В таких випадках розглядають виграші тільки одного з

учасників гри. В нашому випадку це виграші вантажної станції.

Значення  $W_{ij}$  при кожній парі стратегій (в кожній ситуації)  $\{A_i, B_k\}$ ,  $i = 1, 2, \dots, m$ ,  $k = 1, 2, \dots, n$  доцільно записати у вигляді матриці гри, строки якої відповідають стратегіям учасника  $A$  – вантажної станції, а рядки – стратегіям учасника  $B$  – під'їзної колії. Оптимальну стратегію можна обрати, якщо послідовно проаналізувати усі можливі стратегії та розрахувати на те, що розумний супротивник на кожну з них буде відповідати такою, при якій виграш гравця  $A$  буде мінімальним.

	$B_1$	$B_2$	...	$B_n$	$\alpha_i$
$A_1$	$W_{11}$	$W_{12}$	...	$W_{1n}$	$\alpha_1$
$A_2$	$W_{21}$	$W_{22}$	...	$W_{2n}$	$\alpha_2$
...	...	...	...	...	...
$A_m$	$W_{m1}$	$W_{m2}$	...	$W_{mn}$	$\alpha_m$
$\beta_j$	$\beta_1$	$\beta_2$	...	$\beta_n$	

Мінімальне число в кожному рядку позначається  $\alpha_i$  та виписується у вигляді додаткового стовпця матриці

$$\alpha_i = \min W_{ij}. \quad (3)$$

Для гравця  $A$  – вантажної станції, найбільш вигідною буде та стратегія, при якій  $\alpha_i$  обертається в максимум, тобто  $\alpha = \max \alpha_i$ .

З урахуванням попереднього виразу

$$\alpha = \max \min W_{ij}. \quad (4)$$

Таким чином, вантажній станції слід обрати таку стратегію, що максимізує її мінімальний виграш. Така стратегія називається максимінною стратегією. Якщо вантажна станція буде дотримуватись максимінної стратегії, то при будь-якій стратегії учасника – під'їзної колії гарантований виграш, у будь-якому разі не

менший  $\alpha$ . Значення  $\alpha$  – це гарантований мінімум, який може бути забезпечений при найбільш обережній стратегії.

Аналогічно можна визначити оптимальну стратегію для іншого учасника – під'їзної колії. Він повинен розглянути усі свої стратегії, виділяючи для кожної з них максимальні значення програшу

$$\beta_j = \max W_{ij}. \quad (5)$$

Ці значення записують у додатковому рядку матриці. Із усіх значень  $\beta_j$  учасник повинен вибрати мінімальне значення

$$\beta = \min \max W_{ij}. \quad (6)$$

Величина  $\beta$  забезпечує мінімаксий виграш, а відповідна стратегія називається мінімаксною. Якщо дотримуватись цієї стратегії, то учаснику – під'їзній колії гарантовано, що у будь-якому разі програш буде не менше  $\beta$ .

Першочерговим буде вважатися той варіант, що забезпечує стратегію з мінімальним часом на подавання-прибирання вагонів на під'їзну колію.

При виборі оптимальної стратегії взаємодії вантажної станції та під'їзної колії необхідно враховувати такі обмеження за кількістю подавань-прибирань вагонів на під'їзні колії:

– за місткістю вантажних фронтів

$$K^{мф} \geq \frac{N_m^{доб}}{m_{фр}}, \quad (7)$$

– за умови дотримання нормальної взаємодії в процесі навантаження-вивантаження та накопичення у сортувальному парку

$$K^{ван} \geq \frac{24}{T_{ван}}, \quad (8)$$

– за умови забезпечення мінімальних витрат на подавання-забирання та простою вагонів під накопиченням

$$K^{пз} = \sqrt{\frac{N_m^{доб} e_{\epsilon-\zeta} (24 - KT_{ван} + C_m)}{T_{пз} e_{\lambda-\zeta}}}, \quad (9)$$

де  $N_m^{доб}$  – добове надходження місцевих вагонів за добу;

$m_{фр}$  – місткість фронту подавання;

$T_{ван}$  – тривалість вантажних операцій з одним подаванням на заданому вантажному фронті;

$e_{\epsilon-\zeta}, e_{\lambda-\zeta}$  – відповідно вартість однієї вагоно-години та локомотиво-години;

$K$  – кількість подавань-забирань, яка встановлена згідно з розкладом прибуття місцевих вагонів;

$C_m$  – параметр накопичення місцевих вагонів;

$T_{пз}$  – час, необхідний на одне подавання прибирання.

Крім того, кількість подавань-забирань не може бути більше середньодобової кількості місцевих вагонів, що надходить з поїздами.

**Висновки.** Запропонований підхід дозволить одночасно враховувати інтереси вантажної станції та під'їзних колій при забезпеченні своєчасної доставки вантажів та мінімізації експлуатаційних витрат на перевезення шляхом вибору оптимальної стратегії взаємодії вантажної станції та під'їзних колій.

### Список використаних джерел

1. Шиш, В.О. Особливості розробки Генеральної схеми розвитку залізничного транспорту України до 2020 року [Текст] / В.О. Шиш // Залізничний транспорт України. – 2009. – № 6 (79). – С. 38-40.
2. Про затвердження Державної програми реформування залізничного транспорту на 2010-2019 роки [Електронний ресурс]: Постанова Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. № 1390. – Режим доступу <http://doksument.ua>. – Назва з екрана.
3. Герасимов, Ю.М. Эффективный метод планирования работы грузовой станции [Текст] / Ю.М. Герасимов, В.Н. Коченков, Ф.Т. Мамедов // Железнодорожный транспорт. – 1981. – № 1. – С. 23-27.
4. Карпелович, Ф.И. Очередность подачи-уборки групп вагонов [Текст] / Ф.И. Карпелович, И.Б. Сотников // Вестник ВНИИЖТ. – 1988. – № 1. – С. 8-11.
5. Иванченко, В.Н. Программно-алгоритмическое обеспечение задачи управления маневровой работой на сортировочной станции [Текст] / В.Н. Иванченко, Н.Н. Лябах, А.Н. Гуда // Вестник ВНИИЖТ. – 1994. – № 8. – С. 38-40.
6. Тишкин, Е.М. Расчет очередности обслуживания грузовых фронтов на станции [Текст] / Е.М. Тишкин // Вестник ВНИИЖТ. – 1999. – № 5. – С. 29-31.

7. Макаров, В.М. Решение задач оптимизации развоза вагонов по станциям и подъезным путям в центрах управления местной работой [Текст] / В.М. Макаров, Д.А. Чижов, С.А. Ширяева // Труды ВНИИАС. – Вып. 3. – М.: ЗАО «Бизнес Проект», 2005. – С. 76-83.

8. Вернигора, Р.В. Проблемы функционирования железнодорожных подъезных путей Украины в современных условиях [Текст] / Р.В. Вернигора // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. - №4/3 (58). – С. 64-68.

9. Шикин, Е.В. Математические методы и модели в управлении [Текст]: учеб. пособие / Е.В. Шикин, А.Г. Чхартишвили. – М. : Дело, 2004. – 440 с.

10. Балашевич, В.А. Математические методы в управлении производством [Текст] / В.А. Балашевич. – Минск: Высшая школа. – 1976. – 336 с.

Рецензент д-р техн. наук, професор Є.С. Альошинський

---

Шаповал Ганна Василівна, канд. техн. наук, доцент кафедри залізничних станцій та вузлів Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057)-730-10-26. E-mail: anjutashapoval@yandex.ru.

Резніченко Оксана Юріївна, слухач магістратури Навчально-наукового інституту перепідготовки та підвищення кваліфікації кадрів Української державної академії залізничного транспорту. Тел. (057)-730-10-26.

Shapoval Ganna Vasilivna, candidate of technical sciences, associate professor at Railway Stations and Junctions department of Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057)-730-10-26. E-mail: anjutashapoval@yandex.ru.

Reznichenko Oksana Yuriivna, magistracy listener of Educational and Researching Institute of training and retraining of Ukrainian State Academy of Railway Transport. Tel. (057)-730-10-26.