

УДК 656.213.073.23

А. І. Кузьменко, старший викладач кафедри транспортних систем та технологій Академії митної служби України
Ю. В. Медведюк, курсант Академії митної служби України

**ПОЛІПШЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ
РУХОМОГО СКЛАДУ ЗА РАХУНОК
ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ SUW-2000
ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

У даній статті розглядаються труднощі, з якими пов'язана подальша інтеграція транспортних систем України в Європейське Співтовариство. Пропонуються пріоритетні напрямки подальших досліджень роботи залізничних пунктів пропуску з метою скорочення терміну доставки експортно-імпортних вантажів шляхом використання системи SUW-2000.

В настоящей статье рассматриваются трудности, с которыми связана дальнейшая интеграция транспортных систем Украины в Европейское Сообщество. Предлагаются приоритетные направления дальнейших исследований работы железнодорожных пунктов пропуска с целью сокращения времени доставки экспортно-импортных грузов путем использования системы SUW-2000.

This article discusses the difficulties related to the further integration of transport systems in Ukraine in the European Community. Are proposed priorities for further research of the railway crossing points to reduce the period of delivery of export-import goods through the use of SUW-2000.

Ключові слова. Залізничний транспорт, міжнародні перевезення, ширина колії, фази переходу з однієї колії на іншу.

© А. І. Кузьменко, Ю. В. Медведюк, 2009

Вступ. Тенденції розвитку світової економіки характеризуються постійним розширенням господарських зв'язків та міжнародної економічної кооперації. Але певною перешкодою на шляху подальшої інтеграції залізничного транспорту України до Європейського Співтовариства є невідповідність існуючого рухомого складу і технічного забезпечення прикордонних станцій до міжнародних вимог [1, 2], що негативно впливає на швидкість перетину кордону експортно-імпортними вантажопотоками.

Питання скорочення часу простою в пунктах перевантаження вантажів або передачі вагонів з колії 1435 мм на колію 1520 мм та навпаки у різні часи розглядали відомі вчені: К. Буте (Франція), М. Гайдаров (Болгарія), Ж. Уркад (Іспанія), Л. Феньвеш (Угорщина), В. М. Акулінічев, К. А. Бернгард, А. А. Босов, Т. В. Бутько, Г. П. Гриневич, Ю. В. Дьомін, Г. М. Кирпа, К. П. Мироненко, Є. В. Нагорний, Г. І. Нечаєв, Ю. Й. Пероганич, В. С. Правдін, І. С. Савченко, А. О. Сміхов, Г. А. Циркунов та ін. Проте жоден з них не вивчав задачу вибору раціональної технології поліпшення експлуатаційних показників рухомого складу за рахунок використання системи SUW-2000 як набір фаз, у котрих технологічні операції не дискретні, а зображені у вигляді континууму [3].

Постановка завдання. Під час проходження поїздів з Європи на територію України та навпаки основною перешкодою є різна ширина колії (у більшості країн Європи вона дорівнює 1435 мм, а в країнах СНД – 1520 мм). Існує декілька способів її подолання: перевантаження – повне перевантаження всього вантажу з вагонів однієї ширини колії у вагони іншої на спеціально обладнаних для цього перевантажувальних пунктах, перестановка – здійснюється на пунктах перестановки вагонів або колісних пар (при цьому виконується заміна візків або колісних пар під вагонами на візки відповідної колії), використання розсувних колісних пар [4].

Кожен з наведених способів може бути реалізований за різними технологіями [5]. Проблема полягає у виборі оптимальної технології для даного способу передавання вантажів з однієї колії на іншу.

У цій статті дається обґрунтування технології розв'язання проблеми за умов використання системи SUW-2000, що встановлена на станції Мостиська-II і використовується для пропуску пасажирських поїздів, для вантажних перевезень [6]. Система автоматичного регулювання відстані між колесами підходить для перевезення всіх видів вантажів. Особливо вона покращує транспортування:

- небезпечних вантажів, які під час перевантаження можуть заподіяти шкоду навколишньому середовищу;
- товарів, які при перевантаженні можуть бути пошкоджені, а також промислових виробів, обладнаних спеціальними кріпленнями для захисту під час перевезення;
- швидкокопсувних вантажів.

Результати дослідження. Для виконання процесу моделювання беремо, що у складі вантажного поїзда, який прибув на прикордонну перевантажувальну станцію, є вагони з місцевими вантажами та ті, що прямують за кордон. Передавання вантажів на даній станції може здійснюватися за трьома технологіями [5], тому потрібно розсортувати вагони і виділити групи вагонів з розсувними колісними парами, про які йтиметься далі.

Перехід з однієї колії на іншу розбивається на 5 фаз (послідовних процесів), згідно з Технологічним процесом обробки поїздів міжнародного сполучення на прикордонній передавальній станції, які схематично показано на рис. 1.

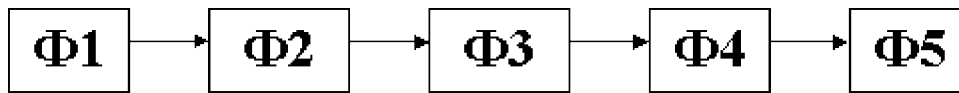


Рис. 1. Схематичне

зображення фаз переходу з однієї колії на іншу

Φ1 – виділення з прибулого потяга групи вагонів, що обладнані розсувними колісними парами. Залежно від прийнятої для даної станції технології сортування вагонів може виконуватись двома способами:

- через сортувальну гірку;
- за допомогою маневрової витяжної колії.

Φ2 – виконання підформування маневрової групи та доставлення її до колійного пристрою системи SUW-2000.

Φ3 – безпосереднє переведення вагонів з колії однієї ширини на колію іншої ширини:

- зі швидкістю 10 км/год;
- зі швидкістю 20 км/год;
- зі швидкістю 30 км/год;

а також дрібніше розбиття швидкості, наприклад 5, 10, 15 км/год.

Φ4 – перестановка вагонів з розсувними колісними парами у парк відправлення за допомогою маневрового локомотиву.

Φ5 – заключна фаза у парку відправлення, де переставлені вагони включаються до складу поїзда, що прямуватиме за кордон.

Фази позначимо у вигляді $\Omega = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n]$ [3, 7]. У кожній фазі є набір технологічних операцій, тобто набір способів реалізації фаз $\Xi = \{\theta_{1k}, \theta_{2k}, \dots, \theta_{nk}\}$, $k = 1, n$.

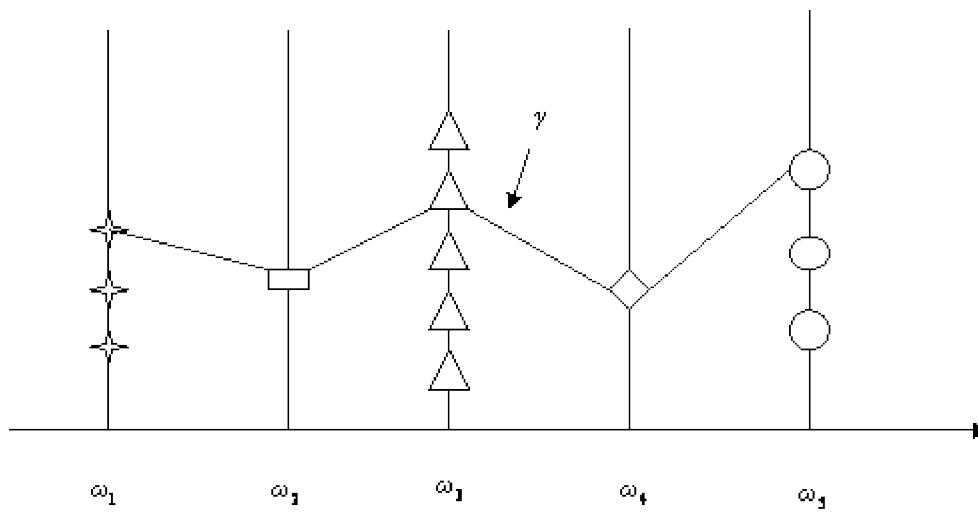
Розглянемо один з варіантів переходу з однієї колії на іншу:

$$\gamma: [\omega_1, \theta_{1k_1}], [\omega_2, \theta_{2k_2}] \dots [\omega_n, \theta_{nk_n}]$$

$\gamma \in \Gamma$, де Γ – набір усіляких варіантів. Кількість таких варіантів у множині Γ дорівнює

$$|\Gamma| = \prod_{i=1}^n k_{i\gamma}$$

де $k_{i\gamma}$ – кількість технологічних операцій у фазі $\omega_{i\gamma}$.



називатимемо селектори, які схематично зображено на рис. 2. Вони будуть характеризуватися часом і витратами.

Рис. 2. Схематичне зображення селектора

Тут у вигляді кружків, трикутників, зірочок, квадратів і ромбів умовно позначено технологічні операції $\theta_{i\gamma}$. Лінією позначено один з варіантів вибору технологічної операції за фазами.

Звідси приходимо до задачі векторної оптимізації: кожному селектору $\gamma \in \Gamma$ поставимо у відповідність два числа $z(\lambda)$, $t(\gamma)$, які потрібно мінімізувати.

$$\begin{pmatrix} z(y) \\ f(y) \end{pmatrix} \longrightarrow \min, \quad (1)$$

де під $z(y)$ маються на увазі витрати засобів переходу з однієї колії на іншу, а під $f(y)$ – час переходу.

Коли множина фаз Ω і множина способів реалізації фаз $\Xi_i, i = 1, M$ – дискретні, то розв'язок очевидно існує. Задача (1) істотно відрізняється від задач оптимізації за одним показником. Тому визначимо, що будемо розуміти під розв'язком задачі (1). Селектор $\gamma \in \Gamma_*$ називатимемо ефективним, якщо будь-яка її варіація приводить до збільшення хоча б одного з показників (1).

Під розв'язком задачі векторної оптимізації (1) будемо розуміти деякий набір селекторів $\Gamma_* \in \Gamma$, кожен елемент якого є ефективним селектором.

З позиції теорії вибору і прийняття рішень, ця задача належить до задач векторної оптимізації, коли за відносну перевагу “селектор γ_1 кращий селектора γ_2 ” береться відношення Парето

$$\begin{pmatrix} F_1(\gamma_1) \leq F_1(\gamma_2) \\ F_2(\gamma_1) \leq F_2(\gamma_2) \end{pmatrix}$$

Функції F_1 і F_2 запишемо у вигляді

$$F_1(\gamma) = \sum_{\theta \in \gamma} f_1(\theta), \quad (2)$$

$$F_2(\gamma) = \sum_{\theta \in \gamma} f_2(\theta), \quad (3)$$

і селектор γ запишемо простіше $\gamma = [\theta_{1f_1}, \theta_{1f_2}, \dots, \theta_{nf_n}]$. Зауважимо, що показники $F_1(\gamma)$ і $F_2(\gamma)$ є адитивними функціями.

Розглянемо третю фазу (переведення рухомого складу з однієї колії на іншу), в якій технологічні операції не дискретні, а подані у вигляді континууму. Зобразимо основний опір руху потяга у вигляді $\omega_p = a + bv + cv^3$, де a, b, c – коефіцієнти залежності основного питомого опору руху потяга від швидкості руху. Будемо вважати, що грошові витрати на переведення вантажних вагонів прямо пропорційно залежать від затрат енергії на рух потяга.

Рух потяга, згідно з експериментальними даними (табл. 1), схематично зображено на рис. 3.

Рис. 3. Схематичне зображення залежності витрат енергії на рух потяга від швидкості переходу та пройденої дистанції



Проведемо якісне дослідження взаємозв'язку витрат енергії на рух потяга та часу переходу на іншу ширину колії. Запишемо затрати енергії на переміщення потяга від s_H до s_K у межах перевідного пристрою SUW-2000

$$A[v_r] = \int_{s_H}^{s_K} (a_1 v_r^3(s) + b_1 v_r(s) + c_1) ds \quad (4)$$

і витрати часу на рух перехідною ділянкою

$$t[v_t] = \int_{s_{\text{в}}}^{s_{\text{к}}} \frac{ds}{v_t(s)}. \quad (5)$$

Розіб'ємо швидкість руху потяга на три умовні частини:

- 1) потяг рухається зі зростаючою швидкістю $v(s)$;
- 2) потяг рухається по перехідній ділянці з постійною швидкістю $v(\tau_1)$;
- 3) потяг рухається зі спадаючою швидкістю $v(s)$, яку можна зобразити так:

$$v_*(s) = \begin{cases} v(s), & 0 \leq s \leq \tau_1 \\ v(\tau_1), & \tau_1 \leq s \leq \tau_2 \\ v(s), & \tau_2 \leq s \leq 1 \end{cases} \quad \text{де } v(s) = s(1-s) + a, \quad v(s) = \tau_1(1-\tau_1) + a.$$

Відповідно час переміщення на трьох умовних ділянках (перед перевідним пристроєм, на ньому та за ним):

$$t = \int_0^{\tau_1} \frac{ds}{v(s)} + \int_{\tau_1}^{\tau_2} \frac{ds}{v(\tau_1)} + \int_{\tau_2}^1 \frac{ds}{v(s)} = \int_0^{\tau_1} \frac{ds}{v(s)} + \frac{\tau_2 - \tau_1}{v(\tau_1)} + \int_{\tau_2}^1 \frac{ds}{v(s)}, \quad (6)$$

тоді витрати енергії:

$$A = \int_0^{\tau_1} (av^3(s) + b v(s) + c) ds + (\tau_2 - \tau_1)(av^3(\tau_1) + b v(\tau_1) + c) + \int_{\tau_2}^1 (av^3(s) + b v(s) + c) ds. \quad (7)$$

Залежність затрат енергії на рух поїзда від часу виконання операцій з переходу на іншу ширину колії зображено на рис. 4.

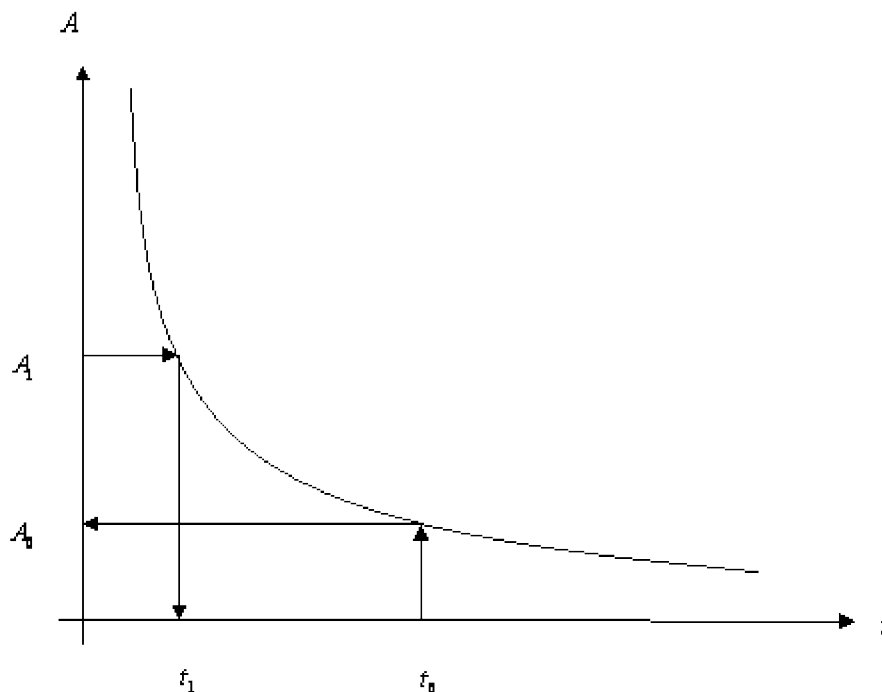


Рис. 4. Графік залежності затрат енергії на рух поїзда від часу виконання переходу

Для перевірки отриманих залежностей перевезень порівняно результати розрахунків за співвідношенням з результатами експериментальних досліджень. Коефіцієнти залежності основного питомого опору руху потяга від швидкості руху: $a = 0,00027$, $b = 0,045$, $c = 1,5$.

Розрахунки виконано у середовищі Maple 7 та наведено в табл. 1.

Таблиця 1

**Результати розрахунків затрат енергії на рух поїзда
від часу виконання переходу з колії однієї ширини на колію іншої ширини**

| Номер розрахунку | Отримані результати | Номер розрахунку | Отримані результати |
|------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|
| 1 | $v_0 := 7$ | 4 | $v_0 := 7,130000000$ |
| | $f_1 := 0,1428571429$ | | $f_4 := .1403637200$ |
| | $A_{r_1} := 1,82823$ | | $A_{r_4} := 1,834307929$ |
| 2 | $v_0 := 7,050000000$ | 5 | $v_0 := 7,200000000$ |
| | $f_2 := .1418963331$ | | $f_5 := .1398360526$ |
| | $A_{r_2} := 1,830543273$ | | $A_{r_5} := 1,835640060$ |
| 3 | $v_0 := 7,100000000$ | 6 | $v_0 := 7,250000000$ |
| | $f_3 := .1410611648$ | | $f_6 := .1395300806$ |
| | $A_{r_3} := 1,832583824$ | | $A_{r_6} := 1.836369000$ |

Висновки. Виконане якісне дослідження залежності витрат енергії на рух потяга від часу перестановки вантажних вагонів на колійному пристрої системи SUW-2000 дає змогу зробити висновок, що найбільш доцільно виконувати перехід вагонів зі швидкістю 7–8 км/год.

Упровадження запропонованої методики в технологічні процеси прикордонних станцій дозволить скоротити час перебування вантажних вагонів, що прямують за кордон або із-за кордону, на цих станціях, а отже, підвищити показники використання рухомого складу під час здійснення міжнародних перевезень вантажів за рахунок відмови від перевантаження вантажів з вагонів однієї держави у вагони іншої або від перестановки колісних пар на спеціалізованих пунктах.

Література

1. Дьомін Ю. В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем. Вантажні перевезення [Текст] / Ю. В. Дьомін. – К. : Юнікон-Прес, 2001.
2. Кирпа Г. М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему [Текст] / Г. М. Кирпа. – Дніпропетровськ : ДНУЗТ, 2004.
3. Новиков Ф. А. Дискретная математика для программистов [Текст] / Ф. А. Новиков. – СПб. : Питер, 2000. – 304 с.
4. Иванова Т. В. К вопросу моделирования процессов обслуживания вагонов различной колеи на перегрузочных пунктах пограничных станций [Текст] / Т. В. Иванова. – Деп. в ЦНИИТЭИ МПС, № 62-52-жд-1999. – 5 с.
5. Мухіна Н. А. Моделювання раціональних технологій роботи прикордонних залізничних станцій [Текст] / Н. А. Мухіна, А. І. Кузьменко.
6. Технічне обслуговування і ремонт пасажирських вагонів з розсувними колісними парами типу SUW-2000 під час експериментальної експлуатації по маршруту Київ – Краків – Київ [Текст] : Додаток № 2а до Угоди АТ ПКП і УЗ від 18 червня 2003 р.
7. Алексеев В. М. Сборник задач по оптимизации. Теория, примеры, задачи [Текст] / В. М. Алексеев, Э. М. Галлеев, В. М. Тихомиров. – М. : Наука, 1984. – 288 с.