

Ю. М. GERMANIUK, O. B. NESTERENKO (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОСУВАННЯ ІНОВАГОНІВ МЕРЕЖЕЮ ЛЬВІВСЬКОЇ ЗАЛІЗНИЦІ

У даній роботі розглянутий процес слідування транзитних іновагонів мережею Львівської залізниці з метою розробки пропозицій по зменшенню тривалості перебування іновагонів на даній мережі.

*Ключові слова:* іновагони, транзит, модель мережі, вагонопотоки.

В данной работе рассмотрен процесс следования транзитных иновагонов сетью Львовской железной дороги с целью разработки предложений по уменьшению длительности пребывания иновагонов на данной сети.

*Ключевые слова:* иновагоны, транзит, модель, вагонопотоки.

In this paper we consider the process of following the transit of foreign owners cars Lviv railway network to develop proposals to reduce the length of stay of foreign owners cars on the network.

*Key words:* foreign owners cars, transit network model, car traffic.

### 1. Постановка проблеми, актуальність та аналіз останніх досліджень

Україна – транзитна держава. Тому ефектively функціонування шляхів сполучень є основною умовою для інтеграції України у світове господарство.

Над питанням підвищення розвитку транзитного потенціалу та організації міжнародних перевезень працювали ряд провідних науковців як у нашій державі, так і за кордоном [1-3]. Нові дослідження у сфері міжнародних перевезень розпочались після введення в дію і затверджених у 1994 році системи міжнародних транспортних коридорів, хоча слід відзначити, що в більшості досліджень не надавалась достатня увага пошуку шляхів зменшення простою вагонів. Актуальними залишаються питання скорочення термінів перевезень вантажів, скорочення часу обігу вагонів [2]. На сьогодні кардинально постала задача удосконалення процедур проходження різного роду операцій на прикордонних та інших технічних станцій, а також підвищення рівня транзитності транспортних шляхів України.

Разом з тим, незважаючи на наявність широкого кола досліджень, для зменшення терміну перебування іновагонів, що слідуєть мережею залізниць України у треті країни, задачі у повній мірі ще не вирішені. Основною проблемою при роботі з парками вагонів країн СНД та Балтії є зменшення тривалості часу знаходження вагонів на мережі Укрзалізниці і, зокрема у межах Львівської залізниці (ЛЗ) при передачі іновагонів у треті країни.

Актуальність проблеми полягає у збільшен-

ні фінансових надходжень до бюджету від здійснення перевезень.

### 2. Мета статті

Вихідними даними для аналізу просування іновагонів є дані архіву вагонної та поїзної моделі АСК ВП УЗ. При цьому задача полягає у отриманні тих чи інших показників на її основі з достатньою точністю. Оскільки аналіз умов пропуску вагонопотоків пов'язаний з обробкою інформації з баз даних, то в якості основних методів дослідження обрані математична статистика і програмування за допомогою запитів у середовищі Visual FoxPro, Microsoft Excel.

### 3. Матеріали і результати досліджень

База даних містить дані пономерного обліку вагонів країн СНД та Балтії на Львівській залізниці за 2007 розрахунковий рік, дані про 95450 вагонів в загальній кількості 3324556 записів. Початком відліку часу є момент прийому вагона на Львівську залізницю, а закінченням відліку - момент здачі. Час знаходження іновагонів залежить від наступних параметрів:

- час слідування між технічними станціями;
- час простою на сортувальних станціях під очікуванням накопичення;
- час простою на прикордонних станціях під очікуванням здачі на залізницю третьої країни.

Для визначення цих параметрів за статистичними даними з використанням методів програмування побудована модель просування транзитних вагонопотоків по мережі Львівської залізниці (рис. 1). Модель створена у вигляді таблиці та містить наступні дані:

- номер вагона;
- код вантажу, його найменування та код станції призначення;
- код адміністрації власника вагона;
- код, час та найменування операції, що виконується з вагоном чи поїздом в якому він

- слідує;
- код та найменування станції виконання операції;
- код та найменування станції формування та призначення поїзда;
- номер состава.

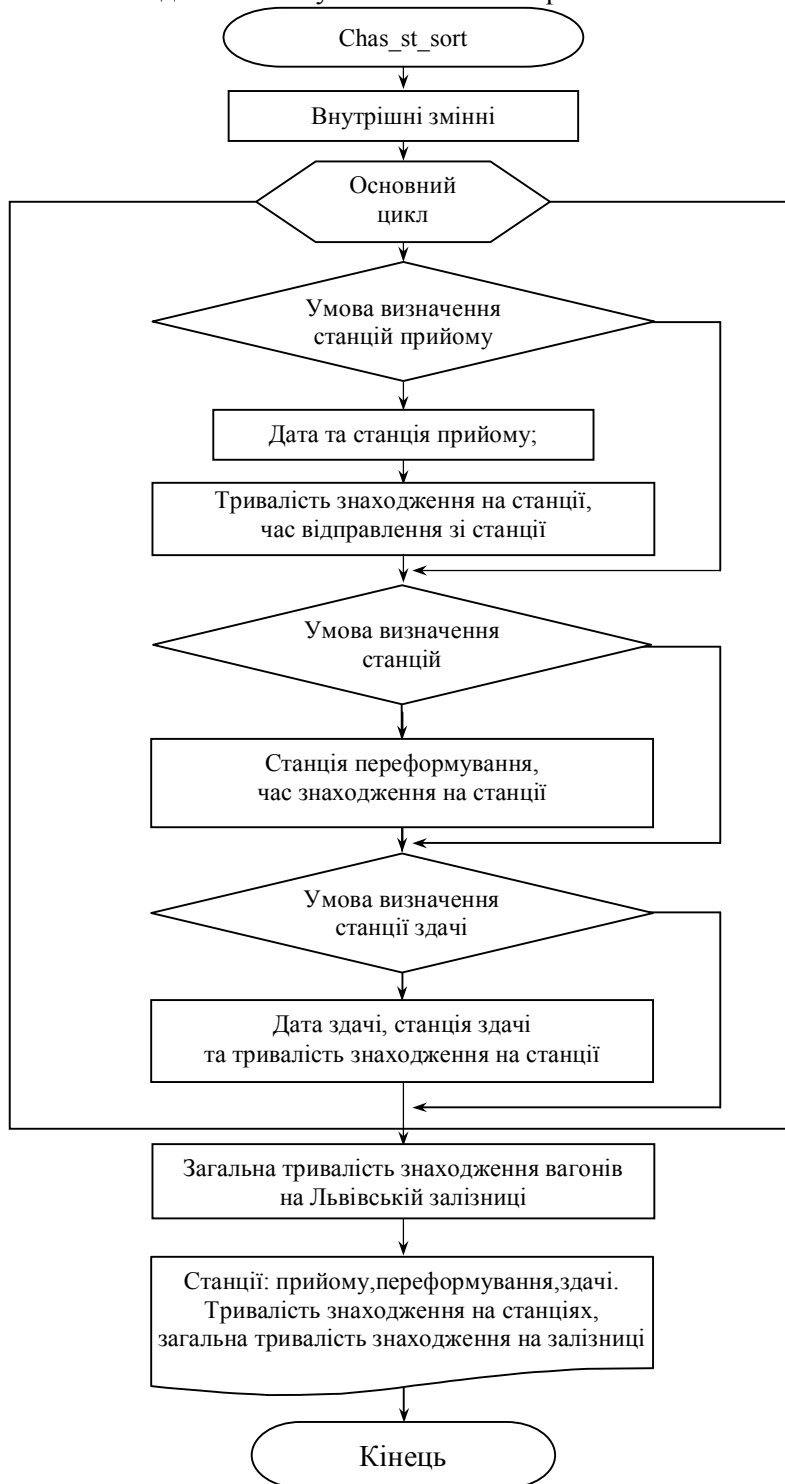


Рис. 1. Блок-схема програми визначення часу знаходження іновагонів на станціях переформування

В результаті запитів знайдені станції переформування іновагонів, час слідування між пунктами мережі, кількість вагонів, що прохо-

дить по мережі у складі маршрутних та інших поїздів, побудована модель розподілу слідування транзитних вагонопотоків по мережі

Львівської залізниці (рис. 2).

За виконаними розрахунками середній час перебування вагона в русі складає 21,3 %, а час простою на станціях переформування 49,9 %

від загального часу знаходження на Львівській залізниці. Решта 28,8 % складає час простою на прикордонних станціях під очікуванням здачі.

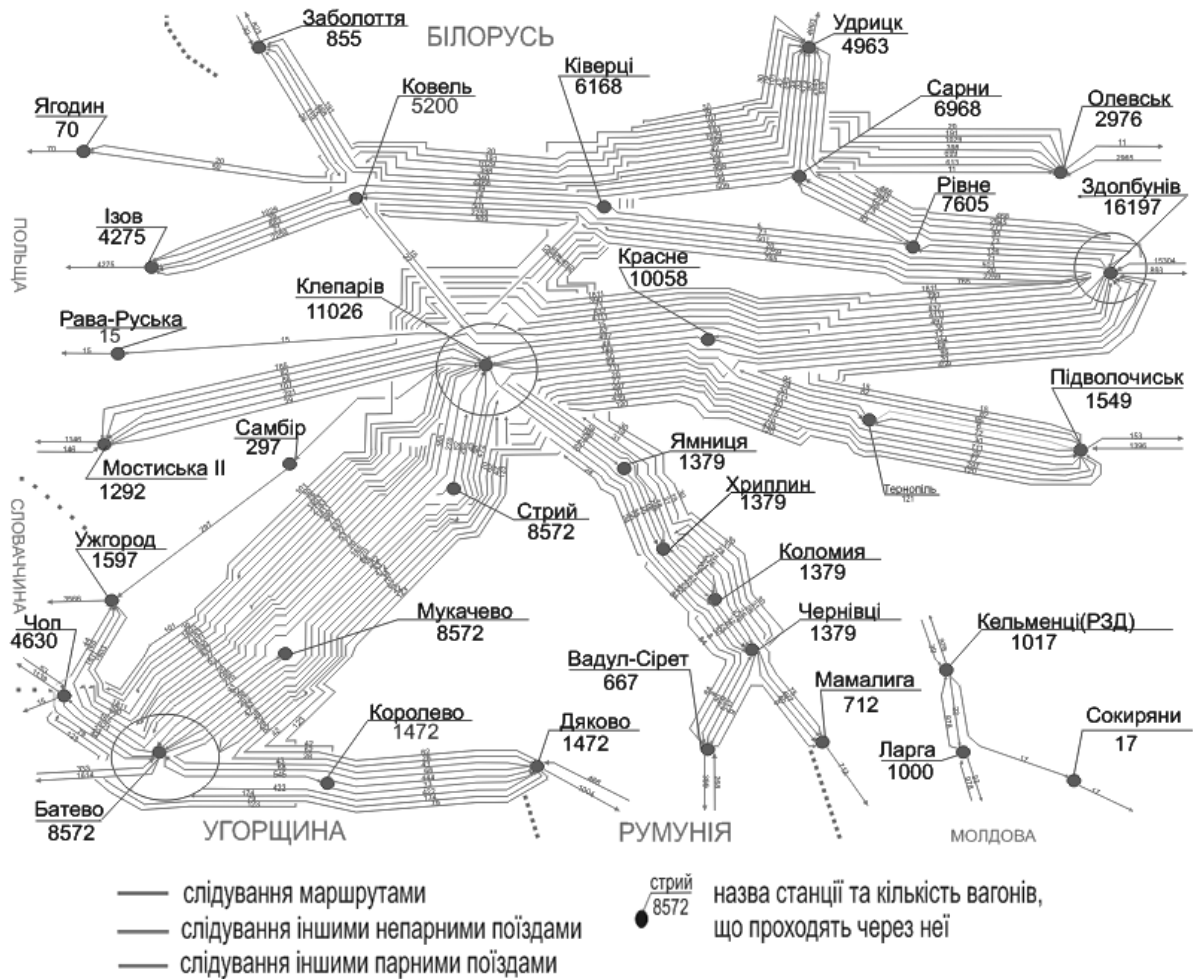


Рис. 2. Модель слідування транзитних вагонопотоків мережею Львівської залізниці

Оскільки через Здолбунів проходить найбільша кількість інованонів, то дана станція буде використовуватись як початковий пункт моделі. Модель розподілу слідування транзитних вагонопотоків по мережі Львівської залізниці дає можливість перевірити раціональність розподілу вагонопотоків за маршрутами по мережі Львівської залізниці. Складовими маршруту слідування є час ходу та пропускна спроможність на кожній ділянці маршруту.

Проаналізувавши дану схему, найбільш завантаженим є маршрут Здолбунів – Красне – Клепарів – Стрий – Мукачево – Батєво, який буде перевірятись у наступних дослідженнях. Перевірка раціональності розподілу виконується в два етапи:

1. Перевірка раціональності розподілу за часом ходу.
2. Перевірка раціональності розподілу за пропускною спроможністю.

Перевірку раціональності розподілу за часом ходу виконуємо на основі алгоритму Дейкстри. У процесі виконання цього алгоритму при переході від вузла  $i$  до наступного вузла  $j$  використовується спеціальна процедура позначення ребер. Позначимо через  $u_i$  найкоротшу відстань від вихідного вузла 1 до вузла  $i$ , через  $d_{ij}$  – довжину ребра  $(i,j)$ . Тоді для вузла  $j$  визначимо мітку  $(u_j, i)$  в наступний спосіб:

$$[u_j, i] = [u_i + d_{ij}, i], d_{ij} \geq 0 \quad (1)$$

Для побудови мережі моделювання використовуємо пункти Здолбунів, Рівне, Ківерці, Клепарів, Самбір, Ужгород, Чоп, Батєво, Мукачево, Стрий, Красне. За отриманими за допомогою запитів даними знайдений середній час ходу між зв'язаними пунктами та побудована мережа з довільною нумерацією пунктів (рис. 3, а).

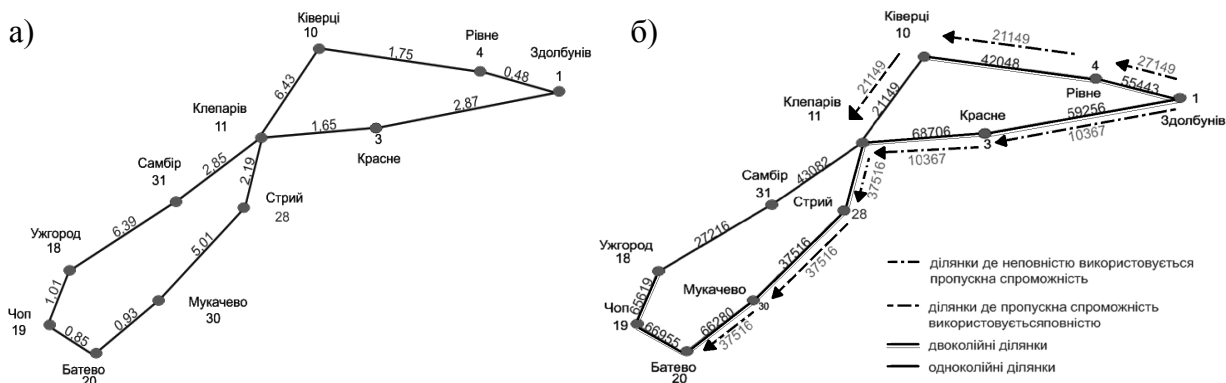


Рис. 3. Мережі визначення найкоротшого шляху слідування

Таблиця 1

Результати виконання алгоритму Дейкстри

| Пункт | Мітка       | Статус   |
|-------|-------------|----------|
| 1     | [0. -]      | Постійна |
| 3     | [1. 2,87]   | Постійна |
| 4     | [1. 0,48]   | Постійна |
| 8     | [4. 3,09]   | Постійна |
| 10    | [4. 2,23 ]  | Постійна |
| 11    | [3. 4,52]   | Постійна |
| 28    | [11. 6,71]  | Постійна |
| 31    | [11. 7,37]  | Постійна |
| 19    | [20. 13,5]  | Постійна |
| 30    | [28. 11,72] | Постійна |
| 18    | [31. 13,76] | Постійна |
| 20    | [30. 12,65] | Постійна |

Отже, маршрут з найменшим часом є Здолбунів – Красне – Клепарів – Стрий – Мукачево – Батево, який складає 12,65 годин.

Перевірку раціональності розподілу за пропускною спроможністю виконувалась на основі моделювання за алгоритмом Форда – Фалкерсона. Результатами моделювання є максимальна величина потоку, яку може пропустити вся мережа, вагонопотоки по окремим ділянкам мережі, а також вузькі місця мережі. Пропускна

спроможність на одноколіїному напрямку визначається за формулою:

$$N = \frac{1440}{t' + t'' + \tau_A + \tau_B} \quad (2)$$

де 1440 – кількість хвилин у добі;  
 $t', t''$  – час ходу у парному і непарному напрямку;  
 $\tau_A, \tau_B$  – станційні інтервали, приймається 4 хв та 2,5 хв відповідно.

Пропускна спроможність на двоколіїному напрямку визначається за формулою:

$$N = \frac{1440}{t'' + t_{пс}} \quad (3)$$

де  $t''$  час ходу в одному напрямку;  
 $t_{пс}$  – інтервал попутнього слідування 9 хв.  
 Моделювання виконується за допомогою додатку «Пошук рішення», використовуючи наступні обмеження:  
 – Величина потоку  $\leq$  Пропускна спроможність;  
 – Потік з початкового пункта = Потіку до кінцевого пункта;  
 – Для проміжних вузлів Вхід = Вихід;  
 – Потік  $\geq$  0.

Таблиця 2

Результати виконання моделювання

| Вузли     | Вхід  | Вихід | Різниця | Тіньова ціна | Початок   | Кінець             | ПС    | Потік  | Нормована вартість | Резерв |
|-----------|-------|-------|---------|--------------|-----------|--------------------|-------|--------|--------------------|--------|
| Здолбунів | 0     | 37516 | 37516   | 0            | Здолбунів | Рівне              | 55433 | 27149  | 0                  | 28284  |
| Красне    | 10367 | 10367 | 0       | 1            | Здолбунів | Красне             | 44280 | 10367  | 0                  | 33913  |
| Рівне     | 27149 | 27149 | 0       | 1            | Рівне     | Ківерці            | 42048 | 27149  | 0                  | 14899  |
| Ківерці   | 27149 | 27149 | 0       | 2            | Красне    | Клепарів           | 49352 | 10367  | 0                  | 38985  |
| Клепарів  | 37516 | 37516 | 0       | 2            | Ківерці   | Клепарів           | 27149 | 27149  | 1                  | 0      |
| Стрий     | 37516 | 37516 | 0       | 3            | Клепарів  | Самбір             | 43082 | 0      | 0                  | 43082  |
| Самбір    | 0     | 0     | 0       | 3            | Самбір    | Ужгород            | 27216 | 0      | 0                  | 27216  |
| Ужгород   | 0     | 0     | 0       | 4            | Ужгород   | Чоп                | 52507 | 0      | 0                  | 52507  |
| Чоп       | 0     | 0     | 0       | 5,00001      | Клепарів  | Стрий              | 46971 | 37516  | 0                  | 9455   |
| Мукачево  | 37516 | 37516 | 0       | -1           | Стрий     | Мукачево           | 37516 | 37516  | 5                  | 0      |
| Батево    | 37516 | 0     | -37516  | 0            | Мукачево  | Батево             | 52931 | 37516  | 0                  | 15415  |
|           |       |       |         |              |           | максимальний потік |       | 214729 | загальний резерв   | 263756 |

Нормована вартість вказує на скільки збільшиться максимальний потік, якщо збільшити пропускну спроможність на одну одиницю. Тіньові ціни вузлів вказують на зміну максимального потоку при збільшенні потенціалу вузла. Резерв вказує на повноту використання ділянки. Проаналізувавши результати, приходимо до висновку, що ділянки Ківерці – Клепарів та Стрий – Мукачево є найвужчими місцями і дозволяють пропустити потік в 214729 одиниць, а загальний резерв пропускну спроможності складає 263756 одиниць. Згідно з результатами вагонопотік по мережі розподіляється таким чином (рис. 3, б):

Оскільки час проходження вагонів від станції Здолбунів до станції Клепарів через станцію Красне є менший, ніж через станцію Ківерці, то доцільним є перерозподіл вагонопотоків із маршруту Здолбунів – Рівне -Ківерці - Клепарів по маршруту Здолбунів – Красне – Клепарів. По маршруту Здолбунів – Рівне - Ківерці – Клепарів проходить вагонопотік величиною 27149 одиниць, а резерв пропускну спроможності ділянок Здолбунів – Красне та Красне – Клепарів складає 33913 та 38985 одиниць відповідно. Отже, резерви пропускну спроможності дозволяють пропустити додатковий вагонопотік.

Економічний ефект можна проаналізувати, порівнявши вагоно години, що витрачаються на проходження маршрута Здолбунів – Рівне - Ківерці – Клепарів (а) та Здолбунів – Красне – Клепарів (б). Вагоно години визначаються за формулою:

$$Q = n \cdot t \quad (3)$$

де  $n$  – кількість вагонів, яка дорівнює 765.

$t$  – час проходження маршрута, через Ківерці дорівнює 8,66 годин, через Красне – 4,52 годин.

Вагоно години слідування (а) маршрутом – 3457,8, (б) маршрутом – 6624,9.

Застосування даного рішення на практиці вимагає подальших досліджень, наявності бі-

льшого об'єму інформації про вагонопотоки з врахуванням плану формування поїздів. До наявних даних необхідно включити дані про пасажирські поїзди та вантажні у прямому та місцевому сполученні.

У зв'язку з необхідністю проведення складних експериментів для дослідження впливу характеристик вагонопотоків, умов їх пропуску і розрахунків за використання вагонів власності іноземних держав на простой вагонів може бути використаний метод імітаційного моделювання. Комплексне вирішення вказаних проблем дозволить істотно скоротити простой вагонів та терміни доставки вантажів, збільшити фінансові надходження у бюджет України від транзитних перевезень і за рахунок цього підвищити конкурентоспроможність залізничного транспорту.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Козаченко, Д. Н., Исследование влияния различных факторов на простои вагонов в ожидании передачи в третьи страны [Текст] / Д. Н. Козаченко, С. И. Музыкина // Проблемы та перспективи розвитку залізничного транспорту. Тези доп. 69-ї міжнар. наук.-практ. конф. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, – 2009. – С. 79.
2. Кірпа, Г. М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему [Текст]: Монографія / Г. М. Кірпа. – 2-ге вид., переробл. і допов. – Д.: Дніпропетр. нац. ун-т залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, 2004. – 248 с.
3. Левин, Д. Ю. Оптимизация потоков поездов [Текст]: / Д. Ю. Левин. – М.: Транспорт, 1988. – 175 с.
4. Нестеров, Е. П. Транспортные задачи линейного программирования [Текст]: / Е. П. Нестеров. – М.: Транспорт, 1971. – 216 с.

Надійшла до редколегії 12.11.2012.

Прийнята до друку 16.11.2012.