

Ю. В. ЧИБІСОВ (Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна)

ЕКОНОМІЧНИЙ КРИТЕРІЙ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ ПРОПУСКУ ПОЇЗДОПОТОКУ ПО ПАРАЛЕЛЬНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЛІНІЯХ

В даній роботі розглянуто динаміку зміни величини експлуатаційних витрат на пропуск поїздів на залізничній лінії в залежності від інтенсивності вхідного потоку. Запропоновано виконувати розподіл поїздопотоків за економічним критерієм, тобто серед множини варіантів розподілу поїздопотоків по паралельних залізничних лініях обирати такі варіанти, які забезпечують мінімум сумарної вартості на пропуск усього поїздопотоків. Наведено приклад такого розподілу для Дніпропетровського залізничного вузла, в якому існують дві паралельні залізничні лінії.

Ключові слова: вантажні поїздопотоків, розподіл поїздопотоків, залізнична мережа, економічний критерій.

В данной работе рассмотрена динамика изменения величины эксплуатационных расходов на пропуск поездов на железнодорожной линии в зависимости от интенсивности входящего потока. Предложено выполнять распределение поездопотока по экономическому критерию, то есть из множества вариантов распределения поездопотока по параллельным линиям выбирать такие варианты, которые обеспечивают минимум суммарной стоимости на пропуск всего поездопотока. Приведен пример такого распределения для Днепропетровского железнодорожного узла, в котором существуют две параллельные железнодорожные линии.

Ключевые слова: грузовые поездопотоки, распределение поездопотоков, железнодорожная сеть, экономический критерий.

In this article there was researched the dynamics of the change in the maintenance cost value concerning the trainflow running by the railway line depending on the arrival density. There was suggested to make the trainflow distribution basing on the economic criteria. That means it is reasonable among the multitude of the variants of the trainflow distribution to choose the variants that provide minimum of the total cost of the whole trainflow running. There was given the example of this kind of distribution for the terms of Dnepropetrovsk railway junction which consists of two parallel railway lines.

Key words: freight trainflows, trainflow distribution, railway network, economic criteria.

Вступ

В сучасних умовах питання дослідження закономірностей зміни експлуатаційних витрат та собівартості вантажних перевезень на мережі залізниць в залежності від обсягів роботи та розмірів руху залишається актуальним. В літературних джерелах авторами запропоновано різні критерії оптимальності, за допомогою яких пропонується вирішити задачу визначення раціональних маршрутів руху поїздів для заданої мережі залізниць [0–0]. В тому числі запропоновано вирішувати дане завдання з використанням векторного критерію [0, 0], який містить в собі декілька компонентів.

Постановка задачі

В даній роботі поставлена задача визначення раціональних варіантів розподілу вантажно-го поїздопотоків по паралельних лініях залізни-

чної мережі з використанням економічного критерію. Дану задачу вирішено на прикладі Дніпропетровського залізничного вузла.

У роботі [0] виконано дослідження впливу завантаженості ділянок Дніпропетровського залізничного вузла на основні показники руху поїздів. З'ясувалося, що при зростанні інтенсивності вхідного потоку поїздів, тобто при збільшенні рівня використання пропускної спроможності ліній, збільшується тривалість руху поїздів по ділянках, а відповідно і зростає кількість розгонів та уповільнень поїздів, витрат механічної роботи на їх пропуск. Це, в свою чергу, призводить до зростання експлуатаційних витрат, що пов'язані з пропуском поїздів на лініях. Аналіз динаміки зміни величини експлуатаційних витрат на пропуск вантажних поїздів показав, що різниця у витратах при пропуску поїздів масою 4000 т на 1 км може складати до 100 грн/поїзд (рис. 1).

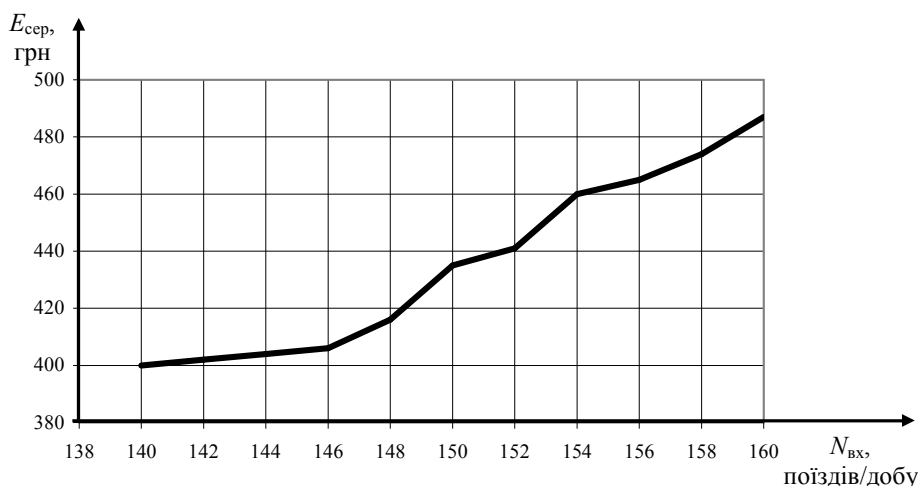


Рис. 1. Динаміка зміни експлуатаційних витрат на пропуск вантажних поїздів масою 4000 т на 1 км в залежності від інтенсивності вхідного потоку з урахуванням кількості розгонів та уповільнень

Як показав аналіз розподілу випадкової величини маси бруто поїздопотуку Дніпропетровського залізничного вузла [0], математичне очікування маси бруто поїздів складає 4052,4 т, а середнє квадратичне відхилення 1132,5 т. Тому динаміка зміни величини експлуатаційних витрат на пропуск вантажних поїздів наведена для поїздів масою 4000 т. Але, якщо виконати аналіз гістограми розподілу випадкової величини маси бруто поїздів, які проходять через залізничний вузол (рис. 2), то необхідно зазначити, що кількість поїздів, маса бруто яких перевищує 4000 т, є значною. Тому різниця вартості пропуску поїздів більшої маси бруто при зростанні інтенсивності вхідного потоку поїздів буде відрізнятися ще більш суттєво.

За допомогою імітаційної моделі пропуску поїздів по залізничним лініям [0] було виконано аналіз зміни різниці вартості пропуску поїз-

дів різної маси бруто головним ходом залізничного вузла в непарному напрямку в залежності від інтенсивності вхідного потоку.

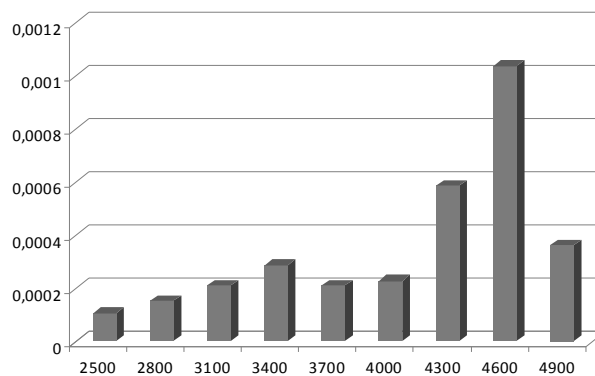


Рис. 2. Гістограма розподілу випадкової величини маси бруто поїздів

Такий аналіз наведено у табл. 1 та на рис. 3.

Таблиця 1

Аналіз зміни різниці вартості пропуску поїздів різної маси бруто головним ходом залізничного вузла в непарному напрямку в залежності від інтенсивності вхідного потоку

$\sum N$, поїздів/добу	Різниця вартості пропуску поїздів, порівняно з їх пропуском при резерві пропускної спроможності, при відповідній масі бруто, ΔC , грн		
	4000	4500	5000
140	0	0	0
142	7,32	9,52	14,55
144	29,30	38,06	52,51
146	43,95	57,09	79,58
148	73,24	95,15	135,42
150	102,54	133,22	193,66
152	135,50	176,03	254,47
154	241,71	314,01	454,05
156	281,99	366,34	526,99
158	322,27	418,68	603,54
160	366,22	475,77	683,95

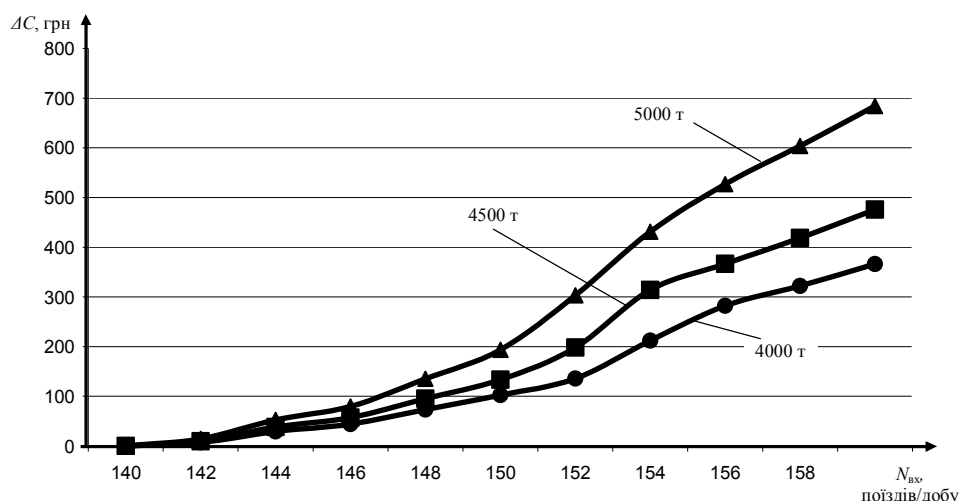


Рис. 3. Аналіз зміни різниці вартості пропуску поїздів різної маси бруто головним ходом залізничного вузла в непарному напрямку в залежності від інтенсивності вхідного потоку

Таким чином, для Дніпропетровського залізничного вузла різниця у вартості пропуску вантажних поїздів в непарному напрямку головним ходом може відрізнятись майже до 700 грн.

Отже, можна висунути гіпотезу про те, що існує така раціональна кількість поїздів на даному напрямку, при перебільшенні якої сумарна величина експлуатаційних витрат на пропуск поїздів буде постійно збільшуватися. Якщо існує така «критична» величина вхідного потоку, при перевищенні якої буде доцільно пропускати поїздопотік паралельним ходом, то «раціональним» варіантом розподілу поїздопотоку

будемо вважати такий варіант, який забезпечує мінімум сумарних експлуатаційних витрат на пропуск усього поїздопотоку по обох паралельних лініях залізничного вузла.

Враховуючи те, що при різному рівні завантаження ділянки, експлуатаційні показники, пов'язані з пропуском поїздів, різні [0], необхідно виконати аналіз зміни цих показників. Такий аналіз виконано з використанням імітаційної моделі пропуску поїздів на залізничних лініях [0]. В ході експериментів через залізничний вузол було пропущено 188 поїздів у непарному напрямку. Всього було розглянуто 11 варіантів пропуску цих поїздів (див. табл. 2).

Таблиця 2

Експлуатаційні витрати на пропуск поїздів та час їх руху в межах залізничного вузла

№	$N_{осн}$, поїздів/добу	$N_{одн}$, поїздів/добу	$\sum T$, хв	$\sum C$, грн
1	140	48	6817,6	368273,9
2	142	46	6694,8	373200,0
3	144	44	6660,0	380981,2
4	146	42	6616,0	390183,9
5	148	40	6619,6	403753,8
6	150	38	6618,0	417907,3
7	152	36	6641,0	432683,0
8	154	34	6935,5	469073,8
9	156	32	7028,2	486506,5
10	158	30	7100,2	504800,1
11	160	28	7182,4	524020,0

Так, у першому варіанті через основний хід залізничного вузла було направлено 140 поїздів, а решта 48 – через паралельний хід; у подальших варіантах кількість поїздів, що прямують головним ходом, збільшувалася з кроком 2 поїзди, а тих, що прямують паралельним хо-

дом, – зменшувалася з тим же кроком. Таким чином сумарний поїздопотік вузла залишався незмінним. В кожному такому варіанті фіксувалася загальна тривалість руху всіх поїздів через залізничний вузол та загальна вартість їх пропуску. Як виявилось в процесі аналізу, ці

величини є суперечними, тобто при зменшенні однієї величини відбувається зростання іншої. Тому доцільно показати залежність цих двох величин у векторній площині і отримати рішення задачі векторної оптимізації [0], критерієм якої буде наступний вектор $\begin{pmatrix} T(E_*) \\ C(E_*) \end{pmatrix} \rightarrow \min$.

Тобто тривалість руху та вартість пропуску всіх поїздів на графі E_* (у залізничному вузлі) не-

обхідно звести до мінімуму при відповідних обмеженнях з пропускної спроможності $N(e) \leq \bar{N}(e)$, $e \in E$.

Порівняння множини різних варіантів пропуску поїздопотоку у залізничному вузлі, та вибір серед них раціональних реалізовано у моделі [0]. Для наочності вибір раціональних варіантів пропуску поїздопотоку наведено на рис. 4.

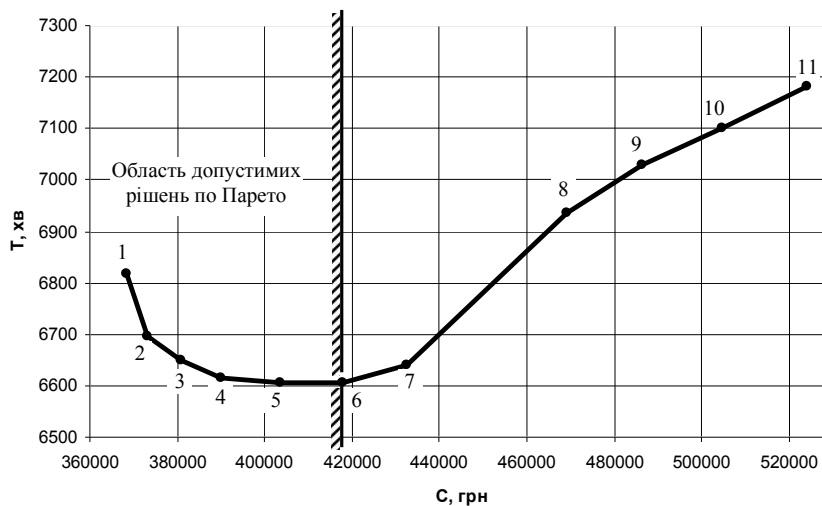


Рис. 4. Функціональна залежність між експлуатаційними витратами на пропуск поїздів та часом їх руху в межах залізничного вузла

З рисунку видно, що серед запропонованих 11 варіантів пропуску поїздопотоку у вузлі, тільки 6 незрівняних між собою за Парето (варіанти 1–6), решта варіантів не є раціональними, тому що погіршення рішення з одним критерієм призводить до погіршення рішення з іншим критерієм. Тому варіанти 7–11 виключаються з множини допустимих рішень.

Після аналізу отриманих результатів, можна стверджувати наступне: при одному і тому самому значенні поїздопотоку у залізничному вузлі, існує декілька варіантів його розподілу, які розрізняються за показниками і є суперечними між собою; поліпшення якості рішення з одним локальним критерієм призводить до погіршення якості рішення з іншим; кожен з отриманих варіантів може бути конкурентоспроможним в залежності від рівня використання пропускної спроможності.

Отримана функціональна залежність між експлуатаційними витратами на пропуск поїздів та часом їх руху в межах залізничного вузла може бути використана для надання послуг клієнтам залізниці. Клієнт може обирати тривалість доставки відповідного вантажу, яка його

влаштує, при різній вартості транспортування. І, навпаки, обравши відповідну вартість, можна з великою точністю встановити тривалість руху поїзда.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

- Музикіна, Г. І. Оптимізація распределения поездопотоков на участках железнодорожного узла [Текст] / Г. І. Музикіна, Ю. В. Чибісов // Сборник трудов конференции Автоматика – 2007, г. Одесса. – С. 202–204.
- Босов, А. А. Визначення раціональних маршрутів руху поїздів на мережі доріг [Текст] / А. А. Босов, Ю. В. Чибісов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 34 – Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2010. – С. 180-188.
- Чибісов, Ю. В. Імітаційна модель розподілу поїздопотоку по оптимальним маршрутам [Текст] / Ю. В. Чибісов // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 36 – Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2011. – с. 212-217.
- Чибісов, Ю. В. Вибір оптимальних маршрутів руху вантажних поїздопотоків у залізничному вузлі з урахуванням насиченості пропускної спроможності ділянок [Текст] / Ю. В. Чибісов // 36. наук. праць

Дніпропетр. нац. ун-ту зал. трансп. ім. ак. В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень» – 2011. – Вип. 2. – С.88–95.

5. Чибісов, Ю. В. Вибір маршрутів руху поїздів в умовах багатофакторності прийняття рішень [Текст] / Ю. В. Чибісов // Тези III Міжнар. наук.-практ. конф. «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему». – Д.: ДІТ, 2011. – С. 78–79.

6. Nesterenko, G. I. Optimal route selection when distributing the freight trainflow in the railway junction with the consideration of the level of the traffic capacity saturation / G. I. Nesterenko, Yu. V. Chibisov. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2012. – №3 [174]. – С. 138–143.

7. Чибісов, Ю. В. Підвищення ефективності пропуску поїздів на залізничній мережі [Текст] / Ю. В. Чибісов, І. О. Кулик // Тези 72-ї наук.-техн. студ. конф. «Науково-технічний прогрес на залізничному транспорті». – Д.: ДІТ, 2012. – С.16–17.

8. Несторенко, Г. І. Вирішення задачі раціонального розподілу поїздопотоків у залізничному вузлі на основі векторної оптимізації [Текст] / Г. І. Несторенко, Ю. В. Чибісов // Тези 72-ї Міжнар. наук.-практ. Конф. «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту». – Д.: ДІТ, 2012. – С. 140–141.

9. Мозолевич, Г. Я. Удосконалення технології пропуску поїздопотоків на паралельних напрямках та у залізничних вузлах [Текст] / Г. Я. Мозолевич, Ю. В. Чибісов // I Міждунар. науч.-практ. конф. «Перспективы взаимодействия железных дорог и промышленных предприятий». – Д.: ДІТ, 2012. – С. 66–67.

10. Мозолевич, Г. Я. Повышение эффективности пропуска поездопотоков на направлении Донбасс – Приднепровье – Кривбасс [Текст] / Г. Я. Мозолевич, Ю. В. Чибисов // Международный форум молодых ученых стран СНГ «Молодежь в науке – 2012» Сборник статей (Часть III). – Алматы: «Санат», 2012. – С. 259–264.

11. Чибісов, Ю. В. Математична модель вибору раціональних варіантів пропуску поїздопотоків по залізничній мережі [Текст] / Ю. В. Чибісов, Г. Я. Мозолевич // Восточно-Европейский журнал передовых технологий – 2012. – № 3/11 (57). – С. 37–41.

12. Бобровский, В. И. Имитационная модель развязки линий в железнодорожном узле [Текст] / В. И. Бобровский // Концепція підвищення ефективності вантажних перевезень на залізничному транспорті // Міжвуз. зб. наук. пр. – Вип. 38. – Х.: ХарДАЗТ, 1999. – С. 35–42.

13. Bosov, A. A. Vector Optimization by Two Objective Junctions / A. A. Bosov, G. N. Kodola, L. N. Savchenko. [Електрон. ресурс]: опис. – Режим доступа: <http://arxiv.org/pdf/0708.4307v1>.

14. Чибісов, Ю. В. Підвищення ефективності вантажних перевезень у залізничному вузлі за рахунок вибору раціонального розподілу поїздопотоків по ділянкам вузла [Текст]: дис. канд. техн. наук : 05.22.01 / Чибісов Юрій Віталійович; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. В. Лазаряна. – Д.: 2012. – 194 с.

Надійшла до редколегії 24.06.2012.
Прийнята до друку 26.06.2012.