

Ю. В. ЧИБІСОВ, Кандидат технічних наук, доцент кафедри «Залізничні станції та вузли», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, Україна, 49010

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ ПРОПУСКУ ПОЇЗДОПОТОКУ ПО ПАРАЛЕЛЬНИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ЛІНІЯХ ЗА ЕКОНОМІЧНИМ КРИТЕРІЄМ

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. Іл.: 4. Бібліогр.: 14 назв.

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

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 [1–11]. В тому числі за-

пропоновано вирішувати дане завдання з використанням векторного критерію [8, 11], який містить в собі декілька компонентів.

Мета роботи

В даній роботі поставлена задача визначення раціональних варіантів розподілу вантажного поїздопотоків по паралельних лініях залізничної мережі з використанням економічного критерію. Дану задачу вирішено на прикладі Дніпропетровського залізничного вузла.

Результати досліджень

У роботі [4] 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).

Як показав аналіз розподілу випадкової величини маси бруто поїздопотоків Дніпропетровського залізничного вузла [14], 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.

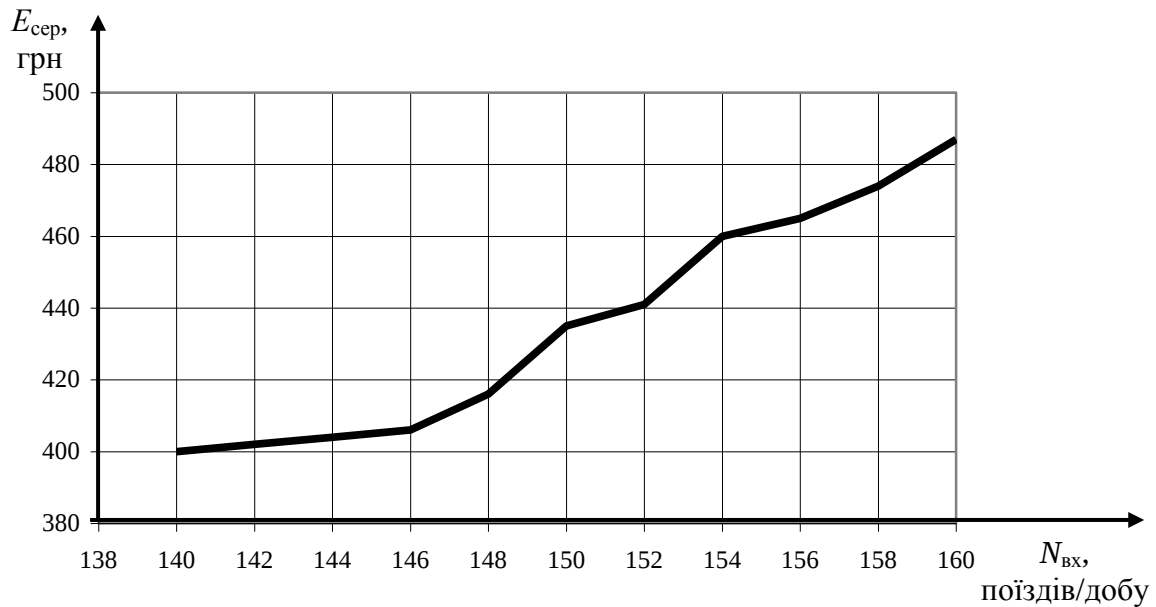


Рис. 1 – Динаміка зміни експлуатаційних витрат на пропуск вантажних поїздів масою 4000 т на 1 км в залежності від інтенсивності вхідного потоку з урахуванням кількості розгонів та уповільнень

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.

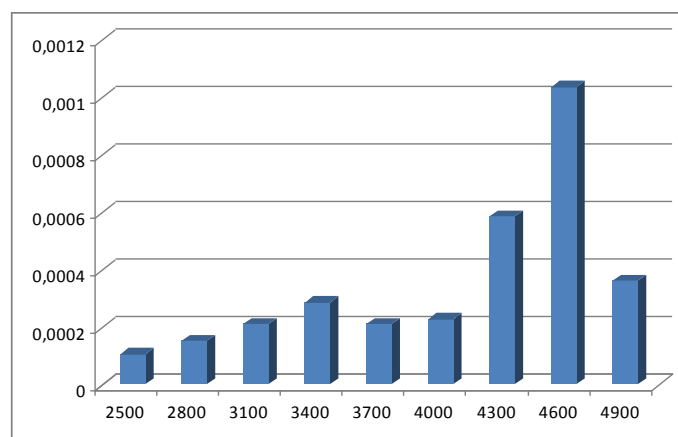


Рис. 2 Гістограма розподілу випадкової величини маси бруто поїздів

За допомогою імітаційної моделі пропуску поїздів по залізничним лініям [12] було виконано аналіз зміни різниці вартості пропуску поїздів різної маси

брутто головним ходом залізничного вузла в непарному напрямку в залежності від інтенсивності вхідного потоку. Такий аналіз наведено у табл. 1 та на рис. 3.

Таблиця 1 – Аналіз зміни різниці вартості пропуску поїздів різної маси брутто головним ходом залізничного вузла в непарному напрямку в залежності від інтенсивності вхідного потоку

	Різниця вартості пропуску поїздів, порівняно з їх пропуском при резерві пропускної спроможності, при відповідній масі брутто, ΔC , грн		
ΣN , поїздів/добу	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

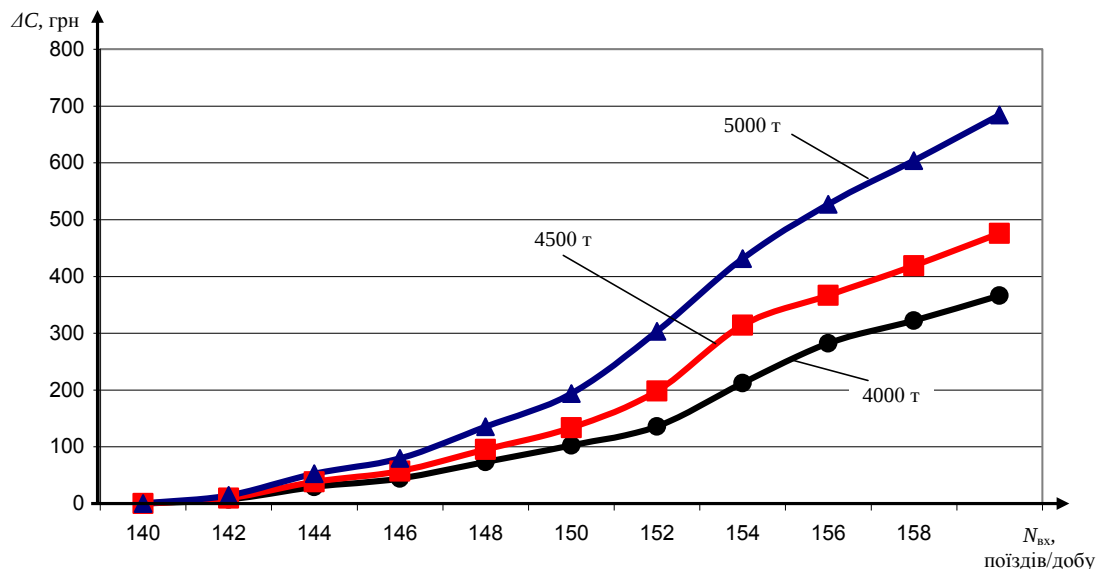


Рис. 3 – Аналіз зміни різниці вартості пропуску поїздів різної маси брутто головним ходом залізничного вузла в непарному напрямку в залежності від інтенсивності вхідного потоку

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 [4], необхідно виконати аналіз зміни цих показників. Такий аналіз виконано з використанням імітаційної моделі пропуску поїздів на залізничних лініях [12]. 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

№	$N_{\text{осн}}, \text{ поїздів/добу}$	$N_{\text{одн}}, \text{ поїздів/добу}$	$\sum T, \text{ хв}$	$\sum C, \text{ грн}$
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 варіа-

нтах кількість поїздів, що прямують головним ходом, збільшувалася з кроком 2 поїзди, а тих, що прямують паралельним ходом, – 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 [13], 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) необхідно звести до мінімуму при відповідних обмеженнях з пропускної спроможності $N(e) \leq \bar{N}(e)$, $e \in E$.

Порівняння множини різних варіантів пропуску поїздопотіку у залізничному вузлі, та вибір серед них раціональних реалізовано у моделі [3]. Для наочності вибір раціональних варіантів пропуску поїздопотіку наведено на рис. 4.

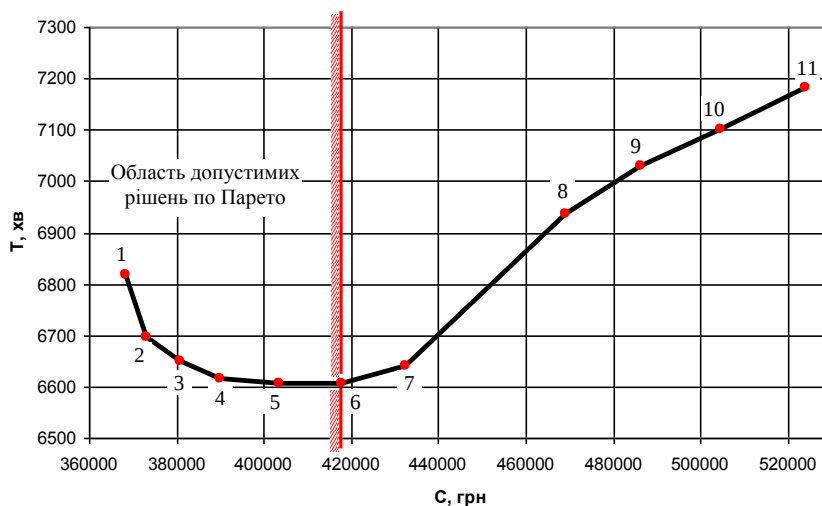


Рис. 4 – Функціональна залежність між експлуатаційними витратами на пропуск поїздів та часом їх руху в межах залізничного вузла

З рисунку видно, що серед запропонованих 11 варіантів пропуску поїздо- потоку 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 виключається з множини допустимих рішень.

Висновки

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

1. *Музикіна Г. І.* Оптимизация распределения поездопотоков на участках железнодорожного узла [Текст] / *Г. І. Музикіна, Ю. В. Чибісов* // Сборник трудов конференции Автоматика – 2007, г. Одесса – с. 202–204.

2. *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.

3. *Чибісов Ю. В.* Імітаційна модель розподілу поїздопотоків 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.

4. *Чибісов Ю. В.* Вибір оптимальних маршрутів руху вантажних поїздів у залізничному вузлі з урахуванням насиченості пропускної спроможності ділянок [Текст] / *Ю. В. Чибісов* // Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Транспортні системи та технології перевезень» Випуск 2 – 2011, с.88–95.

5. *Чибісов Ю. В.* Вибір маршрутів руху поїздів в умовах багатофакторності прийняття рішень [Текст] / *Ю. В. Чибісов* // Тези III Міжнародної науково-практичної конференції «Інтеграція України в міжнародну транспортну систему» – Д.: ДІІТ, 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 №3 [174] – 2012, с. 138–143.

7. *Чибісов Ю. В.* Підвищення ефективності пропуску поїздів на залізничній мережі [Текст] / *Ю. В. Чибісов, І. О. Кулик* // Тези 72-ї науково-технічної студентської конференції «Науково-технічний прогрес на залізничному транспорті» – Д.: ДІІТ, 2012 – с.16–17.

8. *Нестеренко Г. І.* Вирішення задачі раціонального розподілу поїздопотоків у залізничному вузлі на основі векторної оптимізації [Текст] / *Г. І. Нестеренко, Ю. В. Чибісов* // Тези 72-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» – Д.: ДІІТ, 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 Международная научно-практическая конференция «Перспективы взаимодействия железных дорог и промышленных предприятий» – Д.: ДПТ, 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» № 3/11 (57) – 2012, с. 37–41.

12. Бобровский В. И. Имитационная модель развязки линий в железнодорожном узле / 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.

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ ВАРИАНТОВ ПРОПУСКА ПОЕЗДОПОТОКА ПО ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫМ ЛИНИЯМ ПО ЭКОНОМИЧЕСКОМУ КРИТЕРИЮ

Ю. В. Чибисов

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. Из.: 4. Библиогр.: 14 назв.

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

UDC 656.222.3

CHOOSING THE RATIONAL VARIANTS OF THE TRAINFLOW RUNNING BY THE PARALLEL RAILWAY LINES WITH THE USE OF ECONOMIC CRITERIA

Yu. V. Chibisov

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. Im.:4 : Bibliogr.: 14.

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