

УДК 656.22

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЕКОНОМІЧНОГО ОБГРУНТУВАННЯ МІНІМІЗАЦІЇ ВИТРАТ НА МАЛОДІЯЛЬНИХ ДІЛЬНИЦЯХ

М.І. Музикін¹, В.Л. Горобець²

¹асистент, аспірант кафедри безпека життєдіяльності, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпро, Україна, e-mail: grafmim@rambler.ru

²доктор технічних наук, професор кафедри безпека життєдіяльності, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, м. Дніпро, Україна, e-mail: vgor5650@gmail.com

Анотація. В дослідженні розглянуті методи, що дозволяють оцінити ефективність використання обхідних шляхів. Для ефективного використання ділянок пропонується для кожного призначення вагонопотоків плану формування поїздів визначати прямий шлях (він може бути і не таким вже найкоротшим) для пропуску основного навантаження і обхідні шляхи для пропуску надлишкового навантаження.

Ключові слова: малодіяльні ділянки; поїздопотоки; обхідний шлях; оперативне управління; система показників; мінімізація витрат; пропускна спроможність.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF ECONOMIC JUSTIFICATION FOR MINIMIZING EXPENSES ON THE PLOTS WITH UNDERUTILIZED

M.I. Muzykin¹, V.L. Horobets²

¹assistant, postgraduate student of Life Safety Department, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnepro, Ukraine, e-mail: grafmim@rambler.ru

²Ph.D., professor of Life Safety Department, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnepro, Ukraine, e-mail: vgor5650@gmail.com

Abstract. The study examined methods that allow to assess the effectiveness of using detours. For efficient use of plots are proposed for each car traffic flow destination of train formation plan determined the direct path (it may be not the shortest) to skip the main load and workarounds for the passage of excessive load.

Keywords: plots with underutilized; train flow; detours; operational management; scorecard; minimizing expenses; bandwidth.

Вступ. При плануванні розмірів руху поїздів на розгалужених полігонах найважливішими є не тільки тимчасові чинники, а й наявність ресурсів, необхідних для виконання перевізної роботи. Оптимізація планування поїзної

роботи за часом і ресурсами дозволяє забезпечити пропуск необхідного потоку поїздів в планований період при мінімальних ресурсах або за мінімально можливими термінами при заданих ресурсах [1]. Подібний підхід до проблеми планування особливо важливий при складанні технічного і змінно-добового планів. Він дозволяє правильно оцінити можливості конфігурації мережі залізниць, технічних засобів (локомотивне і вагонне господарства) і пристроїв (господарства шляху, енергетики, СЦБ і зв'язку) і вибрати найбільш ефективне їх використання.

Мета роботи. Надати обґрунтування ефективності використання обхідних шляхів для поліпшення пропускної та провізної спроможностей залізничних ділянок.

Матеріали та результати досліджень. У тому випадку, коли на розгалуженому полігоні нараховується m стикових пунктів і кожному відповідає A шляхів проходження потоків поїздів, число можливих варіантом наступне:

$$A = \sum_{k=1}^m \frac{m!}{(m-k)!k!} \Delta^k \quad (1)$$

Значення A дуже швидко збільшується зі зростанням m і Δ . Так, якщо при $m=5$ і $\Delta=2$ $A=242$, а при $m=10$ і $\Delta=2$ $A=46\,952$, а при $m=10$ і $\Delta=3$ $A > 1 \cdot 10^6$. Все це ясно показує, що для вирішення задач оптимізації шляхів пропуску потоком поїздів по вартості необхідне залучення обчислювальної техніки.

Завдання мінімізації вартості пропуску потоків поїздом в математичній формі може бути сформульована так: кожному ребру b_{ij} поставлена у відповідність вартість C_{ij} , тобто вартість пропуску одного поїзда з вершини a_i до вершини a_j по ребру b_{ij} . Необхідно знайти потік поїздів з джерела в стік, який має задану величину і володіє мінімальною вартістю. Джерелами і стоками в цьому завданні є переважно стикові пункти полігону. А так як місцевий потік поїздів має конкретні пункти призначення в межах полігону, то в даному випадку визначається потік мінімальної вартості для транзитних поїздів.

Формально задача ставиться таким чином: мінімізувати $Z = \sum_{i,j} C_{ij} b_{ij}$ за умов:

$$\sum_i b_{ij} - \sum_k b_{jk} = \begin{cases} -N', & \text{якщо } j = S; \\ 0, & \text{якщо } j \neq S, t; \\ N', & \text{якщо } j = t; \end{cases} \quad (2)$$

При цьому мається на увазі, що величина N не перевищує максимальний потік з a_s до a_t , інакше задача не має рішення. Якби не було обмежень

на пропускні спроможності ребер, то досить було б знайти найбільш економічний шлях з a_s до a_t і пропустити по ньому весь потік поїздів.

Ефективність використання обхідних шляхів

У зв'язку з сезонною і добовою нерівномірністю завантаження ліній в «пікові» періоди частина поїздопотоків не може бути пропущена по найкоротших шляхах. У той же час на розгалужених полігонах мережі навіть при пропуску максимального потоку поїздів на деяких ділянках не реалізується наявна пропускна спроможність. Просування потоків поїздів по основним шляхам збільшує завантаження мережі і може погіршити умови пропуску поїздів, для яких ці шляхи є найкоротшими. У деяких випадках може виникнути ланцюгова реакція – направляти потоки поїздів обхідними шляхами. У свою чергу, збільшення завантаження ділянки уповільнює рух потоку поїздів і погіршує використання пропускної спроможності. Пов'язані з цим витрати і визначають ефективність застосування обхідних шляхів. Для кожного розгалуженого полігону залізниць доцільно визначити таке завантаження, перевищення якого зробить неефективним використання обхідних шляхів, зокрема, можна заборонити використання ділянок для пропуску кружних поїздопотоків, коли інтенсивність руху на цих ділянках перевищить пропускну спроможність [2]. Такий підхід бажано використовувати при динамічному управлінні потоками поїздів на мережі залізниць.

Для ефективного використання ділянок доцільно для кожного призначення вагонопотоків плану формування поїздів визначати прямий шлях (він може бути і не таким вже найкоротшим) для пропуску основного навантаження і обхідні шляхи для пропуску надлишкового навантаження. У загальному випадку розподілення всього потоку поїздів кожного призначення є найпростішим (Пуасонівським). Однак поїзди, що становлять надлишок, вже не будуть найпростішим потоком. Цей потік поїздів з'являється тільки в моменти, коли інтенсивність руху по найкоротших шляхах перевищує їх пропускну спроможність, тобто виникнення надлишкового потоку через зосередження тільки на частині розглядаємого інтервалу часу. Це означає, що надмірний потік поїздів більш концентрований, тобто має більшу нерівномірність. При одній і тій же середній інтенсивності руху такий потік поїздів для пропуску вимагає більшої пропускної спроможності ділянки, ніж найпростіший потік.

Потік поїздів є стохастичним і може здаватися функціями розподілу інтервалів між поїздами [3]. У найпростішому потоці інтервали між поїздами незалежні і розподілені по показниковому закону.

Для характеристики статистичних (випадкових) коливань надлишкового потоку, крім розмірів руху (першого моменту розподілу ймовірностей числа поїздів), доцільно використовувати також другий момент (дисперсію

σ^2). Нерівномірність надлишкового потоку визначається коефіцієнтом нерівномірності, в якості якого можна використовувати відношення дисперсії до середнього значення $\delta = \sigma^2/R$ чи коефіцієнт розсіювання $D = \sigma^2 - R$, який представляє різницю між дисперсією і середнім значенням надлишкового потоку поїздів.

Потік поїздів, який передбачається найпростішим, описується одним параметром – інтенсивністю руху (так як $D = 0$), а надлишковий потік – двома параметрами: R і $D > 0$ (або $\sigma^2 > R$).

Надлишкова інтенсивність руху поїздів по формулі Ерланга

$$R = np = \frac{nl+1/l!}{\sum_{i=0}^l n^i/i!} = f(n, l), \quad (3)$$

де n – вхідний потік поїздів;

l – кількість паралельних шляхів (маршрутів) проходження потоку поїздів.

Якщо на ділянку надходить кілька потоків поїздів, незалежно один від одного, з інтенсивностями $R_1, R_2, \dots, R_k$ і коефіцієнтами розсіювання $D_1, D_2, \dots, D_k$ або дисперсіями $\sigma^2_1, \sigma^2_2, \dots, \sigma^2_k$, то інтенсивність і коефіцієнт розсіювання (або дисперсія) об'єднаного потоку поїздів дорівнюють сумі відповідних інтенсивностей руху та коефіцієнтів розсіювання:

$$\begin{aligned} R &= R_1 + R_2 + \dots + R_k; \\ D &= D_1 + D_2 + \dots + D_k; \\ \sigma^2 &= \sigma^2_1 + \sigma^2_2 + \dots + \sigma^2_k = D + R. \end{aligned} \quad (4)$$

В даний час немає загальної методики, що дозволяє оцінити ефективність використання обхідних шляхів. В якості одного з можливих варіантів оцінки такої ефективності можна навести такі міркування. Будемо вважати (див. рисунок 1), що по найкоротшому шляху довжиною L_1 проходить потік поїздів з інтенсивністю $(1-p)n$, де n - загальна інтенсивність руху поїздів між станціями, а надмірну інтенсивність pn слідує по обхідному шляху довжиною $L_2 > L_1$. При цьому розміри руху поїздів по найкоротшому шляху будуть більше, ніж по обхідному.

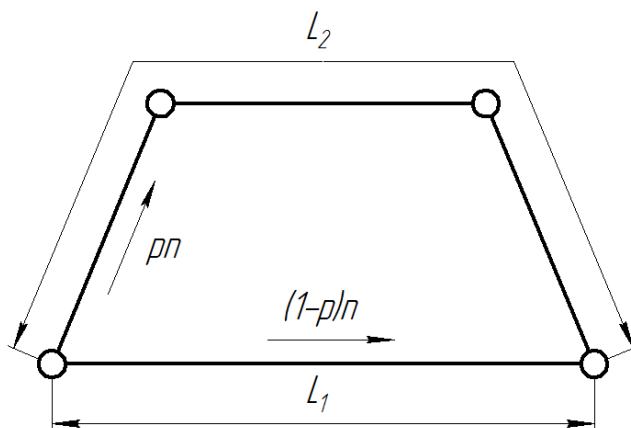


Рисунок 1 – Розподілення потоку поїздів між найкоротшим (L_1) та обхідним шляхами (L_2)

Якщо вважати, що коефіцієнт використання пропускної здатності найкоротших шляхів η_1 , а обхідних η_2 , то для пропуску загальних розмірів руху поїздів n потрібно пропускна здатність $(1 - p)n/\eta_1$ найкоротшого шляху і $p n/\eta_2$ -обходних шляхів, а отже, загальна довжина цих шляхів:

$$L = n \left[\frac{(1-p)L_1}{\eta_1} + \frac{pL_2}{\eta_2} \right] = \frac{nL_1}{\eta_2 \left[\frac{(1-p)\eta_2}{\eta_1} + \frac{pL_2}{L_1} \right]}, \quad (5)$$

де nL_1/η_2 – пропускна спроможність, яка потрібна була б для пропуску всього потоку поїздів n по найкоротшому шляху L , при коефіцієнті використання η_2 .

Звідси випливає, що з точки зору довжини обхідний шлях ефективний при $(1 - p) \frac{\eta_2}{\eta_1} + pL_2/L_1 < 1$.

Висновки. Перерозподіл потоку поїздів відноситься до задачі аналізу, в якій відомі структура мережі, пропускна спроможність ділянок, потоки поїздів і потрібно встановити розміри руху поїздів на ділянках. Це завдання виникає при розробці плану перевезень вантажів (якщо враховується пропускна спроможність ділянок), змінно-добовому плануванні поїзної роботи і оперативному управлінні нею. З точки зору довжини обхідний шлях ефективний при $(1 - p) \frac{\eta_2}{\eta_1} + pL_2/L_1 < 1$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бех П. В. Шляхи підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту в сучасних умовах / П. В. Бех, Г. І. Нестеренко, С. І. Музикіна, О. В. Лашков, М. І. Музикін // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – Дніпропетровськ, 2015. – № 5 (59). – С.25-39.

2. Музикін М. І. Методи розрахунку уніфікованої маси вантажних поїздів на напрямках / М. І. Музикін, Г. І. Нестеренко, В. Л. Горобець // Вісник інженерної академії України. – Київ, 2015. – №4. – С. 187-193.
3. Нестеренко Г. І. Визначення параметрів вагонопотоків з навальними вантажами на залізницях України / Г. І. Нестеренко // Вісник Академії Митної служби України. Серія: «Технічні науки». – Дніпропетровськ, 2014. – № 1 (51). – С. 80-85.