

ПОБУДОВА МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРОПУСКУ ПОЇЗДІВ НА ПІДХОДАХ ДО СОРТУВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ

Сформовано математичну модель оптимізації пропуску поїздів на підходах до сортувальної станції на основі математичного апарату теорії розкладів в умовах паралельно-последовного з'єднання пристроїв обслуговування. Реалізація даної моделі дозволяє визначити оптимальний розклад слідування поїздів з мінімальними затримками при кожному їх неузгодженому підведенні до залізничного вузла

Ключові слова: залізничний вузол, сортувальна станція, підведення поїздів, теорія розкладів, скорочення простоїв

Сформирована математическая модель оптимизации пропуска поездов на подходах к сортировочной станции на основе математического аппарата теории расписаний в условиях параллельно-последовательного соединения устройств обслуживания. Реализация данной модели позволяет определить оптимальное расписание следования поездов с минимальными задержками при каждом их несогласованном подходе к железнодорожному узлу

Ключевые слова: железнодорожный узел, сортировочная станция, подвод поездов, теория расписаний, сокращение простоев

О. В. Лаврухін

Доктор технічних наук, доцент*

E-mail: creattel@mail.ru

П. В. Долгополов

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: pit2013@mail.ru

*Кафедра управління експлуатаційною роботою

Українська державна академія залізничного транспорту

майд. Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050

Ю. В. Доценко

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра організації перевезень і управління

на залізничному транспорті

Донецька філія Української державної академії

залізничного транспорту

вул. Горна, 6, м. Донецьк, Україна, 83018

E-mail: dozentko@mail.ru

1. Вступ

Однією з актуальних задач реформування залізничного транспорту є оптимізація використання перевізних засобів при підвищенні якості надання транспортних послуг замовникам.

Проте, у даний час залишається чимало факторів, що негативно впливають на обіг рухомого складу та швидкість перевезень.

Дані обставини істотно підвищують потребу у вагонах та локомотивах, а це в умовах високого ступеня їх зношеності порушує якість обслуговування вантажовласників [1].

2. Постановка задачі дослідження

Серед основних факторів, що погіршують використання рухомого складу, доцільно виділити наступні:

- відсутність державної політики з оновлення рухомого складу вагонами вітчизняного виробництва;
- недосконалість існуючих систем планування та аналізу місцевої роботи залізничних підрозділів;
- неузгоджене підведення поїздів до сортувальних станцій (СС), особливо у періоди згущення нерівномірних поїздопотоків тощо.

Останній з перелічених негативних факторів викликає непродуктивні простої поїздів на передвз-

лових станціях та на перегонах з причини зайнятості перегонів та станцій іншими поїздами або ремонтними роботами.

Дослідження показали, що причинами затримок поїздів у залізничних вузлах виступають: невідповідність колійного розвитку підходів до СС сучасним напрямкам та розмірам поїздопотоків, недосконалість графіків руху поїздів (ГРП), нераціональність організації руху на підходах у ситуаціях, що не передбачені ГРП (додаткові поїзди, ремонтні роботи на коліях тощо) [2].

Таким чином, метою даної наукової статті є удосконалення експлуатаційної роботи залізничного вузла на основі оптимізації та інформатизації процесу підведення поїздів до СС.

Реалізація даної мети потребує вирішення наступних задач:

- аналіз існуючого процесу прийняття рішень оперативним персоналом щодо черговості підведення поїздів до сортувальних станцій в залежності від їх составу та призначення;
- побудова математичної моделі слідування поїздів на залізничних підходах із застосуванням відповідного математичного апарату;
- розширення функціонального складу Автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці (АСК ВП УЗ Є) шляхом інтеграції до неї оптимізаційної моделі підведення поїздів до СС.

На основі аналізу цілого ряду існуючих математичних апаратів виявлено, що для побудови моделі підведення поїздів до СС, що мають декілька підходів, доцільно використовувати математичний апарат теорії розкладів.

3. Формування моделі оптимізації пропуску поїздів на підходах до сортувальної станції

Згідно теорії розкладів в якості робіт прийнято ланцюг технологічних операцій з обробки поїздів на підходах до СС та на самій СС. Елементи залізничного вузла – перегони, блок-ділянки, станції та станційні колії у моделі являють собою пристрої обслуговування робіт [3 – 10].

Відповідно конфігурації залізничної мережі елементи залізничних вузлів доцільно розділити на три типи, які різко відрізняються способом прослідкування поїздів:

- тип «блок-ділянка» – відповідає одній блок-ділянці на перегонах, що обладнані автоматичним блокуванням. На кожному з елементів типу «блок-ділянка» може знаходитися не більше одного поїзда – це вимога безпеки руху поїздів за Правилами технічної експлуатації залізниць;

- тип «станція» – відповідає одній станції (для представлення крупних станцій, кожний парк колій доцільно представити як окремий елемент типу «станція»). На елементах типу «станції» може знаходитися r_A поїздів, причому $r_A = r_A$, де r_A – кількість приймально-відправних колій на станції А. Проте, у випадку ворожості маршрутів слідування поїздів у горловинах $r_A = 1$;

- тип «горловина» – відповідає одному конструкційному елементу станційної горловини (стрілочна ділянка, група стрілочних переводів тощо).

Деталізація станції до елементів типу «горловина» доцільна тільки при наявності ворожих попутних маршрутів з паралельних підходів.

На графі, що наведено на рис. 1, початковими елементами є станції Н, Х, Ш, Ч та Б.

Кінцевими елементами є Ю та С, які представляють парки приймання виключно вантажних поїздів відповідно південної та північної сортувальних систем, а також П – пасажирський парк (для приймання пасажирських поїздів та поодиноких локомотивів, що прямують у депо).

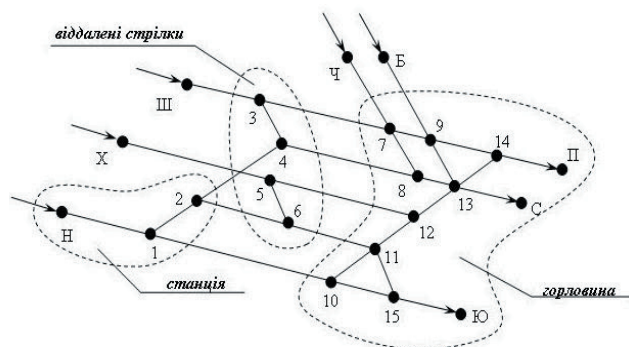


Рис. 1. Граф залізничних підходів до непарної горловини сортувальної станції

Вихідними даними поставленої задачі виступають прогнозовані моменти часу надходження множини поїздів до початкових елементів графу.

Метою задачі є визначення оптимального розкладу слідування множини поїздів по елементам графу з мінімальними затримками.

Як видно з рис. 1, розташування елементів графу дозволяє альтернативне обслуговування робіт (слідування поїздів), тобто якщо, наприклад, елемент 10 зайнято поїздом або ремонтними роботами, то наступний поїзд слідує в обхід через елементи 2, 6, 11.

Це вказує на те, що в системі «залізничний вузол», будь-яка робота може виконуватися будь-яким пристроєм обслуговування у відповідному технологічному ланцюгу (маршруті слідування поїзда), тобто всі пристрої доцільно вважати ідентичними. Особливості технології слідування поїздів по елементам вузла вимагають паралельно-последовного з'єднання пристроїв. Оскільки роботи (поїзди) надходять у систему в невизначені заздалегідь моменти часу, то поставлена задача є динамічною.

Нехай t_{xA} та t_{xB} – це час перебування поїзда $x = 1, n$ на елементах відповідно А та В заданого залізничного вузла. Якщо поїзд x надходить на елемент А у момент часу t_{xA} , то момент часу його надходження на елемент В приймає значення

$$t_B \geq t_{xA} + \xi_x, \text{ де } \xi_x \geq 0. \tag{1}$$

Також необхідно задати мінімально можливі проміжки часу $\delta_{xi}^A \geq 0$ та $\delta_{xi}^B \geq 0$ між моментами часу початку надходження поїздів x та y на елементи відповідно А та В при умові, що поїзд x надходить раніше, ніж y [3, 4, 7].

Позначимо через $\tau_{xA} \geq 0$ та $\tau_{xB} \geq 0$ моменти часу, раніше яких не може бути розпочато надходження поїзда k на елементи відповідно А та В.

Однак, у випадку якщо $\xi_x = \delta_{xi}^A = t_{xA}$, $\delta_{xi}^B = t_{xB}$ та $\tau_{xA} = \tau_{xB} = 0$, $x, y = 1, n$, то задачу побудови оптимального розкладу пропуску поїздів у залізничному вузлі у напрямку СС доцільно представити як знаходження такої перестановки π , якій відповідає найменше значення

$$d_b(\pi) = \max_{1 \leq k \leq n} \left(\sum_{x=1}^k t_{xA_i} - \sum_{x=1}^{k-1} t_{xB_i} \right), \tag{2}$$

де π – початкова послідовність надходження поїздів на елемент А залізничного вузла, $\pi = (i_1, i_2, \dots, i_n)$. Послідовність надходження поїздів на елемент В задано як $\pi' = (j_1, j_2, \dots, j_n)$.

Оскільки на одній блок-ділянці, так саме як і на одній колії станції, може знаходитися не більше одного поїзда, то стає дійсною наступна важлива умова: на будь-який елемент залізничного вузла (А, В та інші) поїзд 1 (операція i_1) може надійти у момент часу $d=0$, а поїзд x (операція i_x) – лише тільки після звільнення поїздом $x-1$ (операція i_{x-1}), $x = 2, n$ даного елемента.

Тоді величина загальної тривалості знаходження всіх поїздів на елементах залізничного вузла, що розглядаються, $T(\pi, \pi')$ приймає мінімальне значення, якщо

$$\bar{t}_{jB_i} = \bar{t}_{jA_i} = \max(\bar{t}_{jB_{x-1}}, \bar{t}_{jA_i}) \text{ при } x = \bar{2}, n \tag{3}$$

Знайдемо найменше значення $T(\pi, \pi')$ при умові, що порядок слідування поїздів через елемент A має послідовність $\pi = (i_1, i_2, \dots, i_n)$, а через елемент $B - \pi' = (j_1, j_2, \dots, j_n)$.

Операцію i_1 на елементі A може бути розпочато у момент часу $t_{iA_1} = \tau_{iA_1}$, операцію $i_2 -$ у момент часу $t_{iA_2} = \max(\tau_{iA_2}, t_{iA_1} + \delta_{i_1 i_2}^A)$ і так далі [3,4]. Як видно, операцію i_n може бути розпочато у момент часу, який доцільно визначити як

$$t_{iA_n} = \max(\tau_{iA_n}, t_{iA_1} + \delta_{i_1 i_n}^A, \dots, t_{i_{n-1}} + \delta_{i_{n-1} i_n}^A). \quad (4)$$

Таким чином, загальну тривалість знаходження всіх поїздів на елементах вузла, що розглядаються, доцільно визначити як

$$T(\pi, \pi') \max_{1 \leq k \leq n} (\bar{t}_{jB_{k-1}}, \bar{t}_{jA_1}),$$

$$\text{де } \bar{t}_{iA_x} = \underline{t}_{iA_x} + t_{iA_x} \text{ та } \bar{t}_{iB_x} = \underline{t}_{iB_x} + t_{iB_x}. \quad (5)$$

Отримані послідовності π та π' , яким відповідає мінімальне значення $T(\pi, \pi')$, є різними. Це вимагає для визначення оптимального порядку надходження поїздів на відповідні елементи залізничного вузла

розглядання $k!^2$ можливих варіантів з метою вибору кращого.

Варто зазначити, що при вирішенні задачі оптимізації підведення поїздів до СС необхідно розробити механізм врахування поїздопотоків зустрічного напрямку (для якого обслуговування на елементах моделі здійснюється у зворотному порядку).

4. Висновки

Реалізація сформованої моделі як додаткової функціональної задачі у рамках АСК ВП УЗ Є дозволяє оптимізувати порядок слідування поїздів на підходах до сортувальної станції у режимі реального часу. Оскільки остаточне рішення приймає диспетчерський персонал, то для цього необхідно реалізувати видачу оптимізаційних рішень на АРМ оперативних працівників залізниці у зручному для них технологічно-експлуатаційному вигляді.

Таким чином, запропонована технологія дозволяє визначати оптимальний розклад слідування поїздів при кожному неузгодженому їх підході до залізничного вузла. Це суттєво скорочує непродуктивні простой рухомого складу – особливо у періоди згущення поїздопотоків, при запізненні поїздів та закритті перегонів для проведення ремонтних робіт.

Література

1. Долгополов, П.В. Удосконалення місцевої роботи залізничного вузла на основі теорії розкладів [Текст] / П.В. Долгополов, О.О. Бовкун // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. – Т. 2, № 11(56). – С. 30-32.
2. Грунтов, П.С. Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте [Текст] : учебник для вузов ж.д. транспорта / П.С. Грунтов, Ю.В.Дьяков, А.М. Макаровичкин. – М.: Транспорт, 1994. – 543 с.
3. Танаев, В.С. Введение в теорию расписаний [Текст] / В.С. Танаев, В.В. Шкурба; под ред. Д.Б. Юдина. – М.: Наука, 1975. – 256с.
4. Танаев, В.С. Теория расписаний. Многостадийные системы [Текст] / В.С. Танаев, Ю.Н. Сотсков, В.А. Струевич. – М.: Наука, 1989. – 328 с.
5. Du, J. Minimizing total tardiness on one processor is NP-hard [Text] / J. Du and J. Y.-T. Leung // Math. Oper. Res. – 1990. – № 15. – pp. 483–495.
6. Merkle, D. An Ant Algorithm with a New Pheromone Evaluation Rule for Total Tardiness Problem [Text] / D. Merkle, M. Middendorf // EvoWorkShops 2000, LNCS 1803, Springer-Verlag. – 2000. – pp. 287–296.
7. Pinedo, M. Scheduling. Theory, Algorithms, and Systems [Text] / M. Pinedo // Springer Science+Buisness Media LLC. – 2008. – 667p.
8. Martel, C. Preemptive scheduling with release times, deadlines, and due times [Text] / C. Martel. – J. ACM, 1982. – 29, №3. – pp. 812–829.
9. Della Croce, F. Lower bounds on the approximation ratios of leading heuristics for the single-machine total tardiness problem [Text] / F. Della Croce, A. Grosso, V. Paschos // Journal of Scheduling. – 2004. – № 7. – pp. 85–91.
10. Nakajima, K. Complexity results for scheduling tasks with fixing intervals on two types of machines [Text] / K. Nakajima, S.L. Hakimi, J.K. Lenstra. – SIAM J. Comput., 1982. – 11, №3. – pp. 512–520.