

УДК 629.46

ШАНДЕР О.Е., аспірант (УкрДАЗТ)

Формування процедури розподілу порожнього парку вантажних вагонів на залізничній мережі

Робота присвячена питанню розподілу і управління парком вантажних вагонів різних форм власності на залізничній мережі. Сформовано математичну модель, яка формалізує технологічний процес розподілу та управління парком вантажних вагонів операторських компаній та залізниці у вигляді оптимізаційної задачі з цільовою функцією, яка відображає сумарні експлуатаційні витрати за період планування і враховує різні тарифні складові при перевезенні.

Ключові слова: управління парком вантажних вагонів, залізнична мережа, план формування вантажних поїздів, математична модель.

Вступ та актуальність теми

Сучасний етап реформування залізничного транспорту проходить при глибоких змінах, що торкнулися як самої залізничної галузі, так і вантажоутворюючого середовища [1]. При цьому істотним чином змінюються вимоги до процесів інформатизації та автоматизації. Оперативний аналіз ситуації на великому полігоні за наявності величезних оперативних баз даних вимагає створення автоматизованих аналітичних систем, що є платформою для формування автоматизованих технологій управління залізничними перевезеннями.

Високоєфективне використання вантажного вагонного парку та модернізація управління вагонопотоками обумовлюють якісну та продуктивну роботу залізничного транспорту. В умовах реформування одним із основних завдань є вирішення питань управління парком вантажних вагонів і розподілу відповідальності між операторами вантажних вагонів та адміністрацією залізниці. Модель, яка представлена в [2], базується на мінімізації експлуатаційних витрати, які пов'язані з організацією маршрутів і розподілу вагонів за маршрутами операторських компаній за умови єдиного тарифу на перевезення завантажених і порожніх вагонів на залізничному полігоні. Світовий досвід довів, що якщо розглядати технологію управління вагонним парком за умови різних тарифних складових на перевезення завантажених та порожніх вагонів, то основною задачею є вирішення завдання розподілу порожнього вагонопотоку по місцях завантаження з урахуванням мінімізації експлуатаційних витрат при організації системи управління інвентарним парком і парком операторських компаній [7, 8, 9, 10].

Постановка задачі

В останній час питанням розподілу порожніх вагонопотоків займаються значна кількість вчених та практиків. На основі проведеного аналізу визначено, що з технологічної точки зору не всім аспектам, які мають вплив при виконанні процесу розподілу порожнього вагонопотоку, було приділено достатньо уваги. У більшості робіт розглядаються варіанти розподілу порожнього вагонопотоку у вигляді відповідного оперативного плану. Якщо врахувати, що на залізничних мережах України функціонують операторські компанії, які надають вагони, то потрібно розробити комплексну модель з урахуванням топології мережі, яка повинна бути спрямована на підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту за рахунок надання залізничній підсистемі властивостей інваріантності і яка б раціонально враховувала та розподіляла парк вантажних вагонів різних форм власності, за умови задоволення потреб як залізниці так і власників вантажних вагонів. Наслідком цього є те, що на основі відповідного плану розподілу вагонів з урахуванням топології мережі вирішується завдання оперативного корегування плану формування вантажних поїздів і виконання графіку руху поїздів [3, 4, 5, 6].

Вирішення задачі

Вирішення поставленого завдання можна представити наступним чином на основі базової моделі [2], яка враховує інерційність системи. Представимо залізничну мережу як зважений граф $G(I, J)$, вершинами якого є залізничні станції, а ребрами – колії, що їх з'єднують. Таким чином, множина $I(i=1, n)$ - це множина вершин, тобто залізничних станцій, а множина $J(j=1, m)$ - це множина ребер, тобто колій, що їх з'єднують. Надамо вагу вершинам і

ребрам графу $G(I,J)$. У якості функцій на вершинах оберемо інтенсивність порожнього вагонопотоку $\lambda_i = \lambda(i,t)$, де t – час в межах інтервалу планування.

При цьому, якщо величина $\lambda(i,t) > 0$, то станція i в момент t виконує операції пов'язані з відправленням вагонів і потік надходить в систему, якщо $\lambda(i,t) < 0$, то станція i в момент t виконує операції пов'язані з

очікуванням відповідних вагонів, якщо $\lambda(i,t) = 0$, то станція i або закрита для операцій, або її не виконує на момент часу t . У якості ваги ребер оберемо довжину колій $S(j)$ і відповідно пропускну спроможність $r(j)$.

На рис. 1 подано в загальному вигляді фрагмент залізничної мережі.

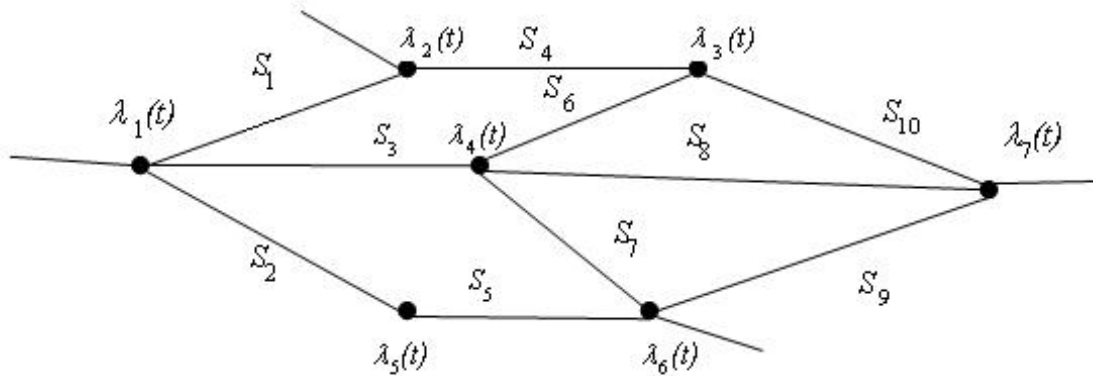


Рис. 1. Загальний вигляд залізничної мережі

Спираючись на вищенаведені передумови, цільову функцію моделі можна надати у неявному вигляді наступним чином:

$$C = f(G(I,J), \lambda(i,t), R) \Rightarrow \min, \quad (1)$$

де R – кількість поїздів, які можуть бути задіяні для розподілу порожніх вагонів за маршрутами залізничної мережі.

У якості обмежень необхідно врахувати наступні чинники, які вказані в базовій моделі [2].

Для формалізації процедури планування розподілу порожніх вагонів за маршрутами поїздів визначимо вихідні дані.

Нехай A – матриця кортежей, яка містить повну інформацію про надходження порожніх вагонів, на плановий прогнозний період, де $a[t,c,w,m]$ – елементарний кортеж, у який входять: час початку доступності порожнього вагона; номер станції дислокації порожнього вагона; тип вагона; номер вагона.

R – матриця кортежей, яка містить інформацію про вантажні поїзди, до яких можуть бути причеплені порожні вагони для переміщення їх до станції навантаження, також до матриці входять додаткові

поїзди, які можуть бути сформовані у разі потреби, де $k[tk, mr]$ – елементарний кортеж, у який входять: часи прибуття поїзда на станції полігону; номер поїзда.

B – матриця кортежей, яка містить повну інформацію про порожні вагони, що їх потребують станції, де $b[c,tn,p,w]$ – елементарний кортеж, у який входять: номер станції, яка потребує вагон; час початку подачі вагону; штраф або витрати за одиницю часу, які понесе залізниця, якщо вагон буде подано невчасно; тип вагона.

H – матриця кортежей, яка містить інформацію про порожні вагони, які будуть відправлятися за розпорядженням операторської компанії за місцем призначення, і які не будуть розподілятися залізницею, де $h[sn,wn,mn]$ – номер станції призначення порожнього вагона, тип вагону, номер вагона.

D – квадратна матриця відстаней у залізничному сполученні між станціями полігону (матриця суміжності зваженого графу $G(I,J)$, де вагою ребер є відповідні відстані $S(j)$).

T – квадратна матриця відстаней у часі у залізничному сполученні між станціями полігону, яку можна знайти аналогічно матриці D , використовуючи замість довжин перегонів перегонні часи ходу.

X – матриця кортежей, яка містить інформацію про майбутні дії з порожніми вагонами, що спрямовані на

вчасну доставку цих вагонів до місць навантаження, де $x[e,m,c,z]$ - елементарний кортеж, до якого входять: e – варіант можливої дії з вагонами з матриці A , який може приймати наступні значення: -1 – протягом планового періоду з цим порожнім вагоном ніякі дії не виконуються, 1 – вагон залишається на станції теперішнього місцезнаходження для задоволення потреби станції у порожніх вагонах протягом планового періоду, 0 – вагон буде включено до складу

відповідного поїзда для переміщення його до місця навантаження; m – номер поїзда, до складу якого буде включено вагон; c – номер станції на яку буде здійснено переміщення вагона; z – порядковий номер вагона в матриці B або H , для задоволення потреби в якому направлений вагон.

Враховуючи вихідні дані, цільова функція прийме наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
 C(X) = & c_{ПК} \sum_{i=1}^N D_{A_{X_i, 2+X_{i,3}} \cdot A_{X_{i+1}, 2+X_{i+1,3}}} \left| (R_{X_i, 2X_{i,3}} - A_{X_i, 1}) \cdot H_{X_i} \right| \cdot \left(\left| Sgn(j - X_{i,2}) \right| + 1 \right) + \\
 & (c_{ПГ} + c_{БГ}) \sum_{i=1}^N T_{A_{X_i, 2+X_{i,3}} \cdot A_{X_{i+1}, 2+X_{i+1,3}}} \left| (R_{X_i, 2X_{i,3}} - A_{X_i, 1}) \cdot (B_{X_i, 4} - R_{X_i, 1}) \right| \cdot \left| (R_{X_i, 1} - H_{X_i, 4}) \right| \cdot \left(\left| Sgn(j - X_{i,2}) \right| + 1 \right) + \\
 & c_{БГ} \sum_{i=1}^N \left(B_{X_{i,4}, 3} \cdot \left| (R_{X_i, 2X_{i,3}} - B_{X_{i,4}, 2}) \right| \cdot \left(\left| Sgn(Sgn(R_{X_i, 2X_{i,3}} - B_{X_{i,4}, 2})) \right| + 1 \right) \right) + \\
 & \sum_{i=1}^N \left(B_{X_{i,4}, 3} \cdot \left| (R_{X_i, 2X_{i,3}} - B_{X_{i,4}, 2}) \right| \cdot \left(\left| Sgn(Sgn(R_{X_i, 2X_{i,3}} - B_{X_{i,4}, 2})) \right| + 1 \right) \right) + \\
 & \sum_{i=1}^N \left((t_k - A_{i,1}) \cdot \left| (B_{X_{i,4}, 2} - A_{i,1}) \right| \cdot \left(\left| Sgn(X_{i,1} - 1) \right| + 1 \right) \right) \cdot c_{БГ} \rightarrow \min
 \end{aligned} \tag{2}$$

$c_{ПК}$ - витратна ставка за поїздо-кілометр, грн/км;

$c_{ПГ}$ - вартість поїздо-години, грн/год;

$c_{БГ}$ - вартість вагоно-години, грн/год;

t_k - горизонт планування (час закінчення планового періоду);

N - кількість порожніх вагонів на полігоні, які беруть участь у розрахунку.

При наступному додатковому обмеженні: потреба вантажних станцій у порожніх вагонах потрібна задовольняється тільки вагонами відповідних типів

$$\forall A_{i,3} = B_{X_{i,4}, 4}; \tag{3}$$

Перший доданок функції представляє частину собівартості перевезень, що пов'язана з кожним формуванням поїздів за маршрутом слідування поїзда по відповідній дільниці. Другий доданок представляє частину собівартості перевезень, яка включає витрати пов'язані з простоем порожніх вагонів на станціях в очікуванні поїздів та включення їх до складу поїзда (вагони інвентарного парку та операторів). Третій доданок включає статті витрат, які пов'язані зі збитками залізниці від непродуктивного простою порожніх вагонів під час початку очікування початку вантажних операцій на станції навантаження. Четвертий доданок включає збитки залізниці від несвочасної подачі вагонів під навантаження. І останній доданок включає збитки залізниці від непродуктивного простою порожніх вагонів, які не

будуть переміщені на інші станції залізничної мережі протягом планового періоду [6].

На основі відповідного плану з використанням запропонованої моделі на залізниці диспетчер – вагонорозпорядник (ДНЦВ) може раціонально виконувати розподілення порожніх вагонопотоків по дільницях, що в свою чергу підвищить ефективності керування перевізним процесом, зменшить час знаходження вагонів під вантажними операціями, зменшить пробіг порожніх вагонів, збільшить пропускну спроможність залізничної мережі, забезпечить доставку вантажів «точно в строк».

Висновки

При дослідженні та розробці оптимізаційної моделі управління парком вантажних вагонів доведено, що формування процедури розподілу порожніх вагонів різних форм власності повинні виконуватися на різних умовах з урахуванням взаємовідносин залізниці та власників вагонів. На основі цього було сформовано комплексну оптимізаційну модель, яка адекватно відтворює технологію управління парком вантажних вагонів як операторської компанії так і залізниці та враховує різні тарифні складові при організації залізничних перевезень. Вирішення поставленого завдання являє собою основу формування автоматизованої системи управління і розподілу порожніх вагонів в умовах функціонування конкурентних операторських компаній. .

Література

1. Транспортна стратегія України на період до 2020 року [Електронний ресурс] /Схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 р. №1555-р. – Режим доступу: <http://www.mintrans.gov.ua/uk/discussion/15621.html/> 10.12.2009. – Загол. з екрана.
2. Бутько, Т.В. Формалізація процесу управління парком вантажних вагонів операторських компаній [Текст] / Т.В. Бутько, О.Е. Шандер // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. - № 2/3(68). - С. 55-58.
3. Бутько, Т.В. Основні напрямки адаптації перевізного процесу на залізничному транспорті в умовах функціонування конкурентних транспортних компаній [Текст] / Т.В. Бутько, О.Е. Шандер // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2012.- вип. 131.- С. 26-30.
4. Бутько, Т.В. Наукові підходи щодо удосконалення технології вантажних перевезень з урахуванням конкурентного середовища [Текст] / Т.В. Бутько, О.Е. Шандер // Збірник наукових праць Донецького інституту заліз. трансп.-2013.- вип. 33. – С. 57-60.
5. Данько, М.І. Оптимізація використання порожнього парку вагонів за допомогою генетичних алгоритмів [Текст] / М.І. Данько, О.В. Лаврухін, Л.І. Рибальченко// Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2011.- вип. 122.- С. 7-12.
6. Каньовська, Д.В. Оперативне планування місцевої роботи на залізничному полігоні [Текст] / Д.В. Каньовська // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. - № 1/4(49). - С. 20-21.
7. Рибальченко, Л.І. Визначення цільової функції оптимізації використання порожнього парку вагонів [Текст] / Л.І. Рибальченко // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2012. - № 6/3(60). - С. 25-27.
8. Кулешов, В.В. Удосконалення інформаційної технології роботи з вагонами різних форм власності з метою оптимізації пропускної спроможності залізничних транспортних систем [Текст] / В.В. Кулешов // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2011. – Вип. 124. – С. 83-89.
9. Ломотько, Д.В. Совершенствование технологии распределения вагонов в условиях применения методов стимулирования линейных подразделений [Текст] / Д.В. Ломотько, Д.В. Каневская // Инновационный транспорт. – 2012. – Вып. № 2 (3). – С. 5-9.
10. Бутько, Т. В. Формування автоматизованої технології місцевої роботи на основі використання автономного збірного поїзда [Текст] / Т. В. Бутько, Д. В. Каньовська // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.- Луганськ, 2013. – Вип. № 4. – С.39-45.

Шандер О.Э. Формирование процедуры распределения пустого парка грузовых вагонов на железнодорожной сети. Работа посвящена вопросу распределения и управления парком грузовых вагонов различных форм собственности на железнодорожной сети. Сформирована математическая модель, которая формализует технологический процесс распределения и управления парком грузовых вагонов операторских компаний и железной дороги в виде оптимизационной задачи с целевой функцией, которая отражает суммарные эксплуатационные расходы за период планирования и учитывает различные тарифные составляющие при перевозке.

Ключевые слова: управление парком грузовых вагонов, железнодорожная сеть, план формирования грузовых поездов, математическая модель.

Shander O. The formation of the procedures of empty freight car fleet allocation on railway network. The work is devoted to the issue of distribution and management of freight car fleet of various forms of ownership on railway network. Mathematical model which formalizes the workflow of distribution and management of freight car fleet belonging to carrier companies and railroads in the form of optimization problem with objective function has been formed. The above mentioned problem reflects total operating costs for the planning period and takes into account different tariff components during transportation.

Key words: freight car fleet management, railway network, freight train make up plan, mathematical model.

Рецензент д.т.н., професор Огар О.М. (УкрДАЗТ)

Поступила 22.07.2014г.