

Скалозуб В.В., д.т.н., професор, Фокша К.С.

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна*

Удосконалення планів регулювання порожніх вагонів на основі нечітких балансних моделей

Анотація

Запропонована модернізована постановка математичної моделі завдання щодо регулювання вагонними парками різних власників за умови забезпечення паритету в нечіткій постановці. Це дасть можливість формалізувати процеси планування і оперативного керування вагонними парками.

Предложена модернизированная постановка математической модели задачи относительно регулирования вагонными парками разных владельцев при условии обеспечения паритета в нечеткой постановке. Это дает возможность формализовать процесс планирования и оперативного управления вагонными парками.

A modernized staging of the mathematical model of the problem on the car fleet regulation of different owners, while ensuring parity in the fuzzy setting. This makes it possible to formalize the process of planning and operational management of rolling stock.

Завдання регулювання порожніх вагонів на основі балансних моделей

Однією із важливих проблем організації перевезень на залізницях України являється комплексне завдання щодо визначення стратегії управління і здійснення регулювання вантажними вагонними парками в умовах невизначеності (рис. 1), яке забезпечує виконання умов паритету плати залізнич-

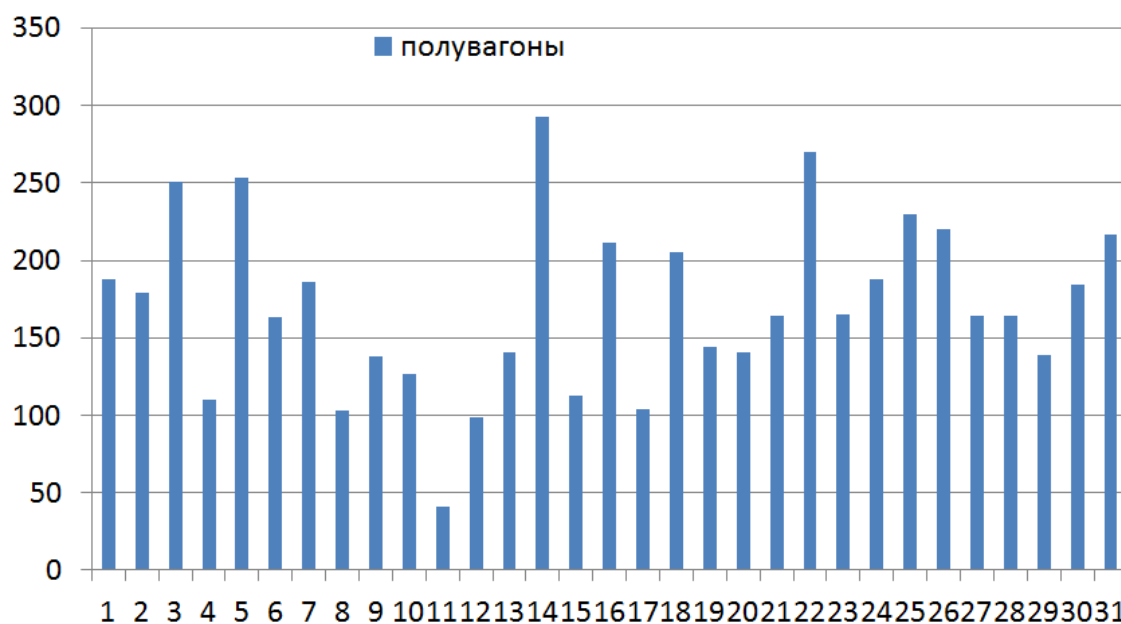


Рис.1 Добова нерівномірність навантаження станція Червона, липень 2010 р.

чних адміністрацій (ЗА) за використання вагонів інших власників, нарахованої за встановлений період [1]. На рис. 1 наведено деякий приклад щодо дійсних обсягів навантаження вагонів на станції, зауважимо що при цьому планування передбачало забезпечення рівномірного навантаження. Нерівномірність, виникнення умов невизначеності, суттєво впливає на ефективність процесу перевезень. Одне із завдань організації перевезення вагонними парками різних власників – скоротити грошові виплати за рахунок сплати за перевезення вантажів. Така форма доцільна при перевезеннях іновагонами [1, 2]. Регулювання вагонними парками за умови дотримання паритету виплат поділяється на два етапи рішення: - постановка задачі регулювання і визначення відповідних параметрів; - розв'язання завдання щодо реалізації оптимального регулювання.

В роботі [2] запропоновано модель регулятора в чіткій постановці завдання і побудовано спеціалізовану модель транспортної задачі, призначену для планування перевезення вантажів на полігоні декількох залізниць інвентарним вагонним парком та вагонами інших держав. Модель транспортної задачі модифікована за рахунок уведення додаткових обмежень, які забезпечують побудову плану з встановленим діапазоном плати країні власнику за використання її вагонів. В нашій досліджено завдання із регулювання вагонних парків [2] в нечіткій постановці. При розрахунках регулювальних завдань використовуються щомісячні плани експортно-імпортних вантажних перевезень, узгоджених між різними залізничними адміністраціями. Для спрощення викладення розглядається випадок взаємодії двох залізничних адміністрацій. Оцінки розміру плати розраховуються на основі відомостей про стикові станції надходження вагонів за кордон, відстань до станції призначення, нормативні відстані руху вагонів у навантаженому і порожньому стані, терміни розвантажувальних операцій та інших операцій у залежності від роду вагонів, тощо. Вважається, що залізничні адміністрації застосовують стратегію негайного повернення іноземних вагонів, що відповідає роботі власними вагонними парками.

Постановка задачі регулювання вагонними парками в нечіткій формі

На початку планового періоду вважаються визначеними погоджені щодобові завдання з експорту ($Ex(t)$) та імпорту ($Imp(t)$) вантажів, t – етап планування, доба в нечіткій постановці U завданнях-планах перевезень для періодів t також встановлено кількість і категорія вантажів, відповідно і вагонів, станція надходження вагонів за кордон - на полігон залізничної адміністрації, станція призначення вантажів. Умови експлуатації вагонів іноземних власників і вимоги щодо розрахунків за їх використання, які відповідають [1]. На основі графіків функцій завдань на перевезення при нормативних середньодобових переміщеннях навантажених і порожніх вантажних вагонів на залізницях, а також відомих термінах операцій вивантаження, однозначно визначених стикових станціях повернення вагонів до країни-власника, для кожного вагону, можливо розрахувати очікуваний термін перебування на полігоні кожної

залізничної адміністрації. На підставі цих розрахунків, застосовуючи нечітку арифметику [3], визначаються очікувані для завдань $(Ex(t\tilde{)}, Im p(t\tilde{)})$ показники плати за використання вагонів іноземних власників, а також сальдо $S_D(t\tilde{)} = V(Ex(t\tilde{)}) - V(Im p(t\tilde{)})$. Регулювання за умов забезпечення нечіткого паритету повинно бути таким:

$$\sum_t S_D(t\tilde{)} = \sum_t (V(Ex(t\tilde{)}) - V(Im p(t\tilde{)})) = \sum_t V(Ex(t\tilde{)}) - \sum_t V(Im p(t\tilde{)}) \approx 0$$

Через $V(*)$ позначено функцію плати за використання вагонів іноземних власників, яка відповідає правилам [4]. Моделі нечітких характеристик системи балансних рівнянь визначаються в відповідно до параметрів рис.2.

Розрахунки виконані на основі аналізу статистичної бази та її експертної обробки, алгоритми якої представлені в роботі [3].

Для більш повної характеристики параметрів регулювання також необхідно визначати період дії того чи іншого керування, впродовж якого значення показників (кількість вагонів різного роду, середній термін, квота, їх утримання на різних залізницях) залишаються незмінними. Слід урахувувати можливість існування таких завдань на перевезення $(Ex(t\tilde{)}, Im p(t\tilde{)})$, а також внутрішніх потреб щодо перевезень у період планування, які не дозволяють забезпечити бажану умову ефективності регулювання – $\sum_t S_D(t\tilde{)} \approx 0$. Тому

більш коректною є постановка завдання по регулюванню вагонними парками відповідно до якого необхідно встановити послідовність керувань (визначити кількість вагонів різних родів, термін їх утримання, період дії керування) за період t , що забезпечує мінімальне значення абсолютної нечіткої величини сальдо $\sum_t abs(S_D(t\tilde{)}) \rightarrow \min$.

Математична модель задачі регулювання вагонними парками за умов паритету виплат в нечіткій формі

Вважаються заданими щодобові завдання на вантажні перевезення на кожний етап (доба) планового періоду $t_j, j=1,2,\dots,n_t$, які визначені у вагонах. Для етапів t_j , встановлено кількість і категорія вагонів, станція надходження вагонів на полігон залізничної адміністрації, станція призначення вантажів. Завдання на перевезення визначається за допомогою окремих вагонів V_k :

$$v_k(t_{k(j)}^1, p_k, g_k, s_k^c, s_k^n, t_{k(j)}^2, t_k^*), k=1,2,\dots,n_v(j), \quad (1)$$

де

$n_v(j)$ – нечітка кількість вагонів завдання етапу (добы) t_j , - $t_{k(j)}^1$ – дата (етап плану) надходження вагону v_k на полігон залізничної адміністрації, - $t_{k(j)}^2$ – прогнозована дата (етап плану) повернення вагону v_k до країни-власника, або очікуваний термін перебування вагону за кордоном, - t_k^* – фактична дата

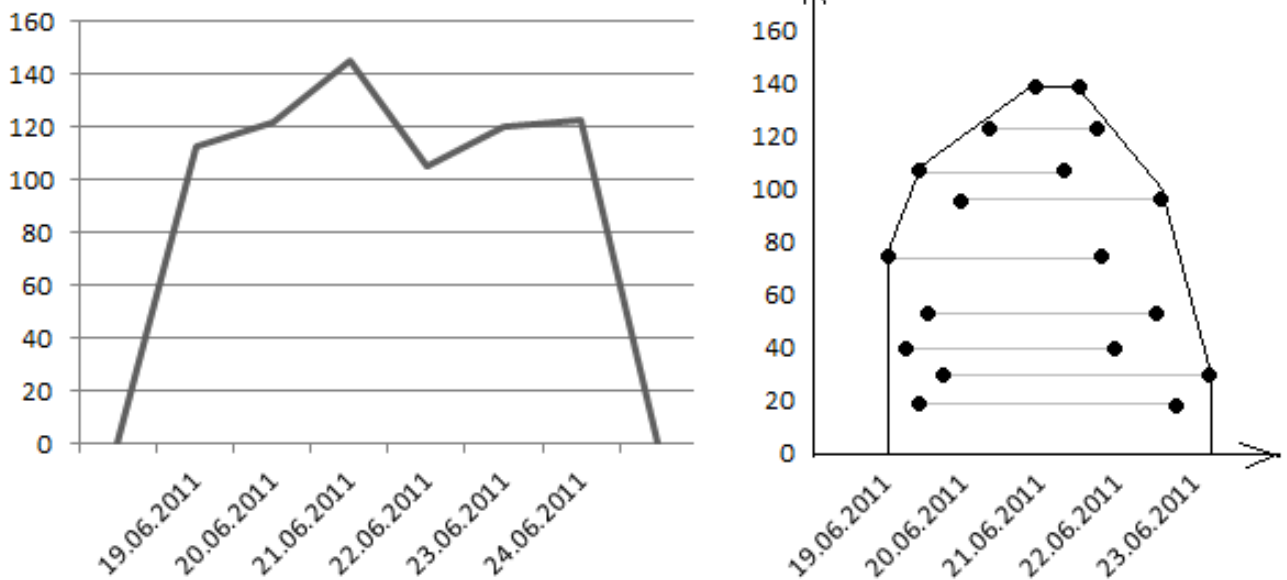


Рис.2. Статистичні дані щодо перевезень напіввагонами по станції Червона.

повернення вагону v_k до країни-власника, - p_k - рід вагону v_k , - g_k - рід вантажу v_k , - s_k^c - стикова станція переходу вагону на полігон іншої залізничної адміністрації, s_k^n - станція призначення. З урахуванням (1) шляхом узагальнення (визначення суми) по $k=1,2,\dots,n_v(j)$ розраховуються функції завдання на перевезення з експорту ($Ex(t_j, \tilde{\cdot})$) та імпорту ($Im p(t_j, \tilde{\cdot})$) для кожного періоду t_j , $j=1,2,\dots,n_t$. При плануванні ураховуються відстані і нормативні терміни руху між станціями s_k^c , s_k^n , а також час виконання операцій розвантаження, тощо. Показники термінів руху також можуть бути представлені як нечіткі величини. Для завдань на перевезення ($Ex(t_j, \tilde{\cdot})$, $Im p(t_j, \tilde{\cdot})$), що сформовані на основі даних, які відповідають (1), за рахунок групування і підсумовування, визначаються очікувані показники плати за використання вагонів іноземних власників, а також для кожного етапу планування розраховується різниця, сальдо $S_D(t) = V(Ex(t_j, \tilde{\cdot})) - V(Im p(t_j, \tilde{\cdot}))$, згідно [3].

Сукупність вагонних парків залізничних адміністрацій, що використовуються для перевезень, являють систему, стан якої $Q(t_j) = \{Q_q(t_j), \bar{U}(t_j)\}_{n_q}$ визначається як кількість іноввагонів різного роду (p) у період t_j , що знаходяться на полігонах різних залізничних адміністрацій (n_q - кількість адміністрацій у задачі планування), $\bar{U}(t_j)$ - вектор параметрів керування. Зміна станів відповідає послідовності планових періодів організації перевезень t_j , $j=1,2,\dots,n_t$. Параметри керування визначаються відповідно [1].

Математична постановка задачі із регулювання вагонними парками за умови забезпечення нечіткого паритету виплат залізничних адміністрацій полягає у наступному. Необхідно розрахувати послідовність керувань (визначати кількість вагонів різних родів, термін їх утримання на залізничному полігоні, період дії цих керувань) за період t , що забезпечує мінімальне значення абсолютної величини нечіткого сальдо \tilde{S}_D

$$abs(\tilde{S}_D) = abs\left(\sum_j \tilde{S}_D(t_j)\right) \rightarrow \min_{U \in D_U}, \quad (2)$$

$$\tilde{S}_D = \sum_j \tilde{S}_D(t_j) \geq [0;0],$$

де

$$\sum_j \tilde{S}_D(t_j) = \sum_j (V(\tilde{E}x(t_j)) - V(\tilde{I}m p(t_j))) = \sum_j V(\tilde{E}x(t_j)) - \sum_j V(\tilde{I}m p(t_j)) \quad (3)$$

Реалізація нечіткої постановки задачі із регулювання вагонними парками

У найпростішому вигляді пропонується наступну процедуру розрахунку головної компоненти вектору $u_p^r = \tau_p(t_j)$. На основі планів $(\tilde{E}x(t_j))$ $(\tilde{I}m p(t_j))$ перевезень вагонів для кожного періоду t_j , $j=1,2,\dots,n_i$, відомих відстаней між станціями надходження вагонів із за кордону, станцій призначення та нормативних термінів щодобового пересування завантажених і порожніх вагонів, а також термінів операцій переробки вантажів, визначаються прогнозовані терміни експлуатації вагонів, нарешті - відповідні суми виплат за їх використання. Щодобове визначення (за рахунок автоматизованих систем) і накопичення різниць між відповідними виплатами дозволяє розрахувати графік поточного порушення балансу виплат. Відомі виплати за добове використання вагонів різного роду (криті, цистерни ін.), а також відомі терміни знаходження вагонів на полігоні іншої держави, дають змогу для заданої необхідної кількості вагонів розрахувати значення додаткового терміну використання іновагонів на полігоні залізниць, щоб зменшити різниці $\Delta_s(t_j)$. У нашому випадку вона подається як нечітка величина, має функцію приналежності [3]. Таким чином, головними результатами першого етапу організації управління парками іновагонів являється розрахунок $\Delta_s(t_j)$ і відповідних значень додаткового терміну використання цих вагонів. Для реалізації наступного етапу оптимального регулювання будемо використовувати постановку завдань із планування перевезень, подібних до роботи [4], яку для забезпечення паритету виплат між адміністраціями модифікуємо за рахунок уведення додаткових обмежень.

Щоб сформулювати необхідні додаткові обмеження для задачі оптимального планування представимо різницю виплат $\Delta_s(t_j)$ етапу t_j наступним чином. Нехай нормативний сумарний час перебування кожного вагону з характеристиками (1) на маршруті у іноземній країні визначається рівняннями як сума термінів руху, розвантаження, формування поїзду [4], або подібними більш детальними рівняннями. При цьому вартість вагонодоби з урахуванням прогресуючої шкали виплати за використання вагону роду ("р_к") становить $b(p_k)$, тоді сумарна вартість використання іновагонів $k=1,2,\dots,n_v(j)$, які надійшли на етапі t_j буде складати згідно [2].

Рівняння балансу, яке встановлює паритет виплат ЗА, має вид

$$\sum_{i=1}^{j-1} \Delta_s(t_i) + \sum_{k=1}^{n_{\text{вп}}(j)} (T_k^{(p)} + \Delta_p) b(p_k) - \sum_{k=1}^{n_{\text{уз}}(j)} (T_k^{(p)}) b(p_k) = 0. \quad (4)$$

Рівняння (4) показує, що за рахунок вибору додаткового терміну Δ_p утримання іновагонів роду (" p_k ") власності Залізничних адміністрацій компенсується, як накопичене сальдо (перший член) попередніх етапів планування, так і вартість перебування вагонів УЗ на полігоні іноземних залізниць (останній член). З рівняння (4) можливо розрахувати необхідну додаткову кількість діб Δ_p , що його забезпечує. Наприклад, для виконання (4) шляхом експлуатації вагонів лише одного роду (піввагони) необхідно забезпечити додаткове використання $n_v^{\text{п}}$ іновагонів терміном (діб)

$$\Delta_k^{\text{п}} = \sum_{i=1}^j \Delta_s(t_i) / (b^{\text{п}}(p_k) n_v^{\text{п}}). \quad (5)$$

Для вибору управлінь щодо додаткового Δ_p утримання вагонів різного роду (p_k), кількість кожного з яких складає n_v^p , необхідно використовувати наступне рівняння

$$\sum_{i=1}^j \Delta_s(t_i) = \sum_{(p)} (\Delta_p b(p) n_v^p) \quad (6)$$

Відповідно до (6) різну кількість вагонів різних родів додатково можна використовувати різну нечітко визначену кількість діб, щоб виконати цю умову.

Таким чином, на підставі даних про експлуатацію іновагонів і потреби у вантажних перевезеннях на основі (4) – (6) можна визначити параметри керування (2) на поточному етапі t_j , необхідні для виконання умов паритету взаємних виплат. Саме ці величини використовуються при постановках завдань оптимального планування з урахуванням нечіткого паритету виплат між залізничними адміністраціями.

Висновки

У роботі запропонована модернізована постановка математичної моделі завдання із регулювання вагонними парками різних власників за умови забезпечення паритету в нечіткій постановці дає змогу формалізувати процеси планування і оперативного керування вагонними парками на полігоні залізниць України, а також підвищити економічну ефективність використання вагонів інвентарного парку та вагонів іноземних власників. Удосконалена нечітка форма балансних рівнянь регулювання парками вагонів у більшому ступені відповідає можливостям практики щодо отримання вихідної інформації для розрахунків. Таким же чином формується інтервальна модель регулювання. Ці моделі в більшій мірі відповідають умовам планування на практиці.

Література

1. Правила эксплуатации, пономерного учета и расчетов за использование грузовых вагонов собственности других государств. – Киев. 1996. - 82 с.
2. Жуковицький І.В., Скалзуб В.В., Великодний В.В., Фокша К.С., Автоматизація процесів регулювання вагонними парками за умови паритету при розрахунках, 2006. Харьков.
3. А. Пегат «Нечеткое моделирование и управление»:М. БИНОМ.Лаборатория знаний, 2009 с.798.
4. Тишкин Е.М. «Информационно-управляющие технологии эксплуатации вагонного парка»./Труды ВНИИАС, вып. 4, 2005, с.186.
5. Томашевський В.М. Моделювання систем. – К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 352 с.

Відомості про авторів

Скалзуб Владислав Васильович, д.т.н., професор, завідувач кафедри комп'ютерних інформаційних технологій, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,

Фокша Костянтин Сергійович, асистент кафедри „Комп'ютерні інформаційні технології” ДНУЗТ.

24.07. 2011