

УДК 656.223.2

КОЗАЧЕНКО Д.М., к.т.н., доцент, начальник НДЧ (ДНУЗТ);
ГЕРМАНЮК Ю.М., аспірант (ДНУЗТ).

Методи дослідження вагонопотоків у міжнародному залізничному сполученні

Вступ

Транспортна система України, являє собою складний комплекс взаємопов'язаних елементів, які розташовані на значній території. Основним елементом транспортної системи, що забезпечує перевезення вантажів у міжнародному сполученні є вагонний парк різної форми власності: інвентарні вагони залізничних адміністрацій та власні вагони промислових підприємств.

Залізнична інфраструктура держав-учасниць Співдружності формувалась і розвивалась в умовах експлуатації знеособленого парку вантажних вагонів. Наведена технологія має ряд суттєвих переваг. Так вантажонапруженість залізниць ЄСРП перевищувала вантажонапруженість залізниць США, Канади та західноєвропейських країн більш ніж у три рази. У той же час, розділення інвентарного парку МПС ЄСРП між залізничними адміністраціями держав-учасниць Співдружності, суттєве збільшення долі парку приватних вагонів викликає розрізнення умов експлуатації вагонних парків різної форми власності. Наслідком цього є погіршення використання інфраструктури, тягового рухомого складу і навантажувальних ресурсів. Зміна умов виконання перевезень у міждержавному сполученні вимагає постійного удосконалення нормативно-правової бази щодо їх забезпечення. При цьому актуальною є задача розробки методів та інструментальних програмних засобів для оцінки впливу змін у нормативній базі на експлуатаційні та економічні показники діяльності залізниць України.

Вирішення цієї проблеми дозволить зменшити вплив суб'єктивних факторів та підвищити якість управлінських рішень.

Вихідні дані для аналізу експлуатації вагонів у міждержавному сполученні

У зв'язку з тим, що зміна нормативно-правової бази викликає зміну умов виконання лише окремих елементів перевізного процесу, то отримати адекватну техніко-експлуатаційну і економічну оцінку наслідків таких рішень на підставі аналізу даних державної та галузевої статистики у більшості випадків є неможливим. Тому вихідними даними для аналізу змін умов виконання вантажних перевезень у міждержавному сполученні можуть слугувати дані архіву вагонної та поїзної моделі автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці (АСК ВП УЗ). При цьому задача полягає у отриманні тих чи інших показників на їх основі з достатньою точністю та за прийнятний час. Враховуючи, що аналіз умов пропуску вагонопотоків пов'язаний з обробкою інформації з баз даних, то в якості основних методів дослідження обрані реляційна алгебра [1] і математична статистика [2].

Для аналізу вагонопотоків з архіву АСК ВП УЗ отримуються наступні дані: таблиця даних про приналежність вагонів T_c ; таблиця даних про вагони, які прослідували міждержавні пункти передачі T_v ; таблиця даних про поїзди, які прослідували міждержавні пункти передачі T_p . Таблиця даних про приналежність вагонів T_c містить наступні поля: інвентарний номер вагона S_1 ; код адміністрації приписки S_2 ;

код приналежності вагона до інвентарного або приватного парку S_3 . Таблиця даних про вагони, які прослідували міждержавні пункти передачі T_v містить наступні поля: - інвентарний номер вагона V_1 ; ідентифікатор поїзда V_2 ; маса вантажу V_3 ; код вантажу V_4 ; станція призначення вагона V_5 . Таблиця даних про поїзди T_p містить наступні поля: ідентифікатор поїзда A_1 ; код ЕСР станції виконання операції з поїздом A_2 ; код операції з поїздом A_3 ; дата та час виконання операції A_4 ; код залізниці здавання поїзда A_5 ; код залізниці прийому поїзда A_6 ; номер поїзда A_7 ; код ЕСР станції формування поїзда A_8 ; порядковий номер формування поїзда A_9 ; код ЕСР станції призначення поїзда A_{10} .

Наведені таблиці доповнюються даними довідково-нормативного характеру: таблиця залізничних станцій T_{ct} ; таблиця залізниць країн-учасниць Співдружності T_d ; таблиця типів вагонів T_t . Таблиця залізничних станцій T_{ct} містить наступні поля: код ЕСР станції B_1 ; назва станції B_2 ; код залізниці станції B_3 . Таблиця залізниць T_d містить наступні поля: код залізниці C_1 ; код залізничної адміністрації C_2 ; назва залізниці C_3 . таблиця типів вагонів T_t містить наступні поля: код типу вагона T_1 ; мінімальне значення інвентарного номера T_2 ; максимальне значення інвентарного номера T_3 .

Аналіз наведених таблиць методами реляційної алгебри дозволяє отримати інформацію щодо обсягів передачі вагонів між Укрзалізницею та суміжними адміністраціями по типам вагонів, власності та іншим характеристикам, а також виділити вагонопотоки, що прослідували Україну транзитом на інші адміністрації.

Аналіз обсягів передачі вагонів. З метою аналізу обсягів прийому і здачі вагонів різної форми власності, були встановлені станції і моменти прийому та здачі на територію України. Така інформація отримується на підставі з'єднання таблиць T_c , T_p і T_v по еквівалентності:

$$(\pi_{S_2, S_3}(T_c)) \triangleright \triangleleft_{T_{c.S_1}=T_{v.V_1}}^* * (\pi_{V_1, V_3, V_4, V_5}(T_v)) \triangleright \triangleleft_{T_{v.V_2}=T_{p.A_1}} (\pi_{A_2, A_4, A_5, V_6}(T_p)), (1)$$

У результаті отримана таблиця $T_{пер}$, що дозволяє ідентифікувати час і місце передачі вагонів між адміністраціями, їх приналежність і стан - завантажений або порожній. На основі даних таблиць $T_{пер}$ і T_p сформовані таблиці здачі $T_{зд}$ і прийому вагонів $T_{пр}$.

Основними напрямками слідування вагонопотоків є: ввіз, вивіз і транзит завантажених та порожніх вагонів. Для аналізу напрямків переміщення вагонопотоків проведено їх угруповання за типами та пунктами передачі вагонів:

- прийом вантажних вагонів:

$$A_2, T_1, S_3 F_{count}(V_1) (\sigma_{V_3 > 0} (\pi_{S_3, V_1, V_3, A_2}(T_{пр})) \triangleright \triangleleft_{T_{пр.V_1} \geq T_1.T_2 \wedge T_{пр.V_1} \leq T_1.T_3} (\pi_{T_1}(T_t))));$$

- прийом порожніх вагонів:

$$A_2, T_1, S_3 F_{count}(V_1) (\sigma_{V_3 = 0} (\pi_{S_3, V_1, V_3, A_2}(T_{пр})) \triangleright \triangleleft_{T_{пр.V_1} \geq T_1.T_2 \wedge T_{пр.V_1} \leq T_1.T_3} (\pi_{T_1}(T_t))));$$

- здача завантажених вагонів:

$$A_2, T_1, S_3 F_{count}(V_1) (\sigma_{V_3 > 0} (\pi_{S_3, V_1, V_3, A_2}(T_{зд})) \triangleright \triangleleft_{T_{зд.V_1} \geq T_1.T_2 \wedge T_{зд.V_1} \leq T_1.T_3} (\pi_{T_1}(T_t))));$$

- задача порожніх вагонів:

$$A_2, T_1, S_3 F_{\text{count}}(V_1) (\sigma_{V_3=0} (\pi_{S_3, V_1, V_3, A_2} (T_{\text{сд}}) \triangleright \triangleleft T_{\text{пр}, V_1 \geq T_{\text{т}}, T_2 \wedge T_{\text{пр}, V_1 \leq T_{\text{т}}, T_3} (\pi_{T_1} (T_{\text{т}}))))$$

Суттєвою проблемою при організації міждержавних перевезень є значні обсяги порожніх пробігів. У зв'язку з цим за допомогою розроблених методів виконано аналіз використання іновагонів для навантаження у зворотному напрямку. Причинами утворення потоків порожніх вагонів є відсутність вантажів для зворотного завантаження, зацікавленість залізничних адміністрацій в подачі під навантаження власних інвентарних вагонів (при їх надлишку), необхідність узгодження навантаження з власником приватних вагонів тощо. В результаті проведених досліджень виявлено, що найбільші зустрічні потоки порожніх вагонопотоків спостерігаються по станціях Зернове, Тополі і Успенська. При цьому частка зустрічного потоку може досягати значної величини. Так по станції Зерново у 2009 році у зустрічних напрямках прослідувала 21 тис. порожніх піввагонів.

З метою визначення ефективності використання рухомого складу різної форми власності для завантаження порожніх вагонів, що прямують у зворотному напрямку по суміжних адміністраціях, розраховані коефіцієнти:

$$k_{\text{оп}} = \frac{2 \sum_{i=1}^m (N_{\text{пр}, i}^{\text{зав}} + N_{\text{зд}, i}^{\text{зав}})}{\sum_{i=1}^m (N_{\text{пр}, i} + N_{\text{зд}, i})} \quad (2)$$

де $N_{\text{пр}, i}^{\text{зав}}, N_{\text{зд}, i}^{\text{зав}}$ - відповідно, кількість вагонів прийнятих з i -ої суміжної адміністрації і зданих на неї в завантаженому стані;

$N_{\text{пр}, i}, N_{\text{зд}, i}$ - відповідно, загальна кількість вагонів прийнятих з i -ої суміжної адміністрації і зданих на неї;

m - кількість суміжних адміністрацій.

Значення коефіцієнта $k_{\text{оп}}$ рівне 2 означає, що передача вагонів даного типу між залізничними адміністраціями відбувається лише у завантаженому стані. Значення $k_{\text{оп}}$ рівне 1 означає, що передача вагонів даного в одному із напрямків здійснюється в порожньому стані.

Аналіз отриманих результатів показав, що потреба у вагонах різних типів істотно відрізняється. Найбільшим попитом користуються піввагони та криті вагони з інвентарною нумерацією. Так у 2009 році з значення $k_{\text{оп}}$ для інвентарних піввагонів досягало 1,49, а для критих - 1,36. У той же час завантаження цистерн, спеціального рухомого складу та приватних вагонів з нумерацією на 5 у зворотному напрямку практично не проводиться і відповідний коефіцієнт (2) приймає значення близьке до 1.

Аналіз часу знаходження іновагонів на території залізничної адміністрації. Важливим показником для аналізу, що дозволяє оцінити ефективність використання вагонних парків на території інших держав, є час знаходження іновагонів на території залізничної адміністрації. Для забезпечення такого аналізу було розроблено спеціальне програмне забезпечення, яке дозволяє хронологічно ідентифікувати вхід та вихід конкретного вагона на територію (з території) залізничної адміністрації. У результаті її дії на підставі даних таблиці $T_{\text{пер}}$ отримані таблиці прийому і здачі іновагонів на Укрзалізницю $T_{\text{дн}}$, і здачі та прийому інвентарних вагонів Укрзалізниці і власних вагонів підприємств України на суміжні адміністрації $T_{\text{ду}}$.

Приклад аналізу руху окремого вагона у міждержавному сполученні представлено у таблиці 1.

Таблиця 1. – Аналіз руху вагона 61406310 у міждержавному сполученні

Прийом		Здача		Час русі	Знаходження	
Час	Станція	Станція	Час		У третій країні	В СНД
13.04.09 16:58	Зерново	Батєво	16.04.09 11:40	2,78	2,09	
18.04.09 13:55	Батєво	Горинь	24.04.09 15:09	6,05		21,54
16.05.09 04:11	Тополі	Тополі	22.05.09 00:00	5,83		3,21
25.05.09 04:59	Тополі	Зерново	01.06.09 16:52	7,50		82,73
23.08.09 10:25	Тополі	Козача Лопань	28.08.09 16:03	5,23		6,32
03.09.09 23:42	Зерново	Батєво	06.09.09 06:50	2,30	2,30	
08.09.09 14:05	Батєво	Зерново	11.09.09 16:30	3,10		3,65
15.09.09 08:05	Зерново	Батєво	18.09.09 04:00	2,83	4,14	
22.09.09 07:20	Батєво	Зерново	27.09.09 15:23	5,34		6,04
03.10.09 16:23	Козача Лопань	Ужго-род	06.10.09 22:40	3,26	1,63	
08.10.09 13:50	Ужгород	Зерново	11.10.09 16:03	3,09		73,43
24.12.09 02:26	Зерново	Батєво	27.12.09 04:55	3,10		

Для аналізу впливу зворотного навантаження на затримку вагонів на території Укрзалізниці методом реляційної алгебри

отримана таблиця $T_{ук}$ часу знаходження інвентарних і новагонів на залізничній мережі залізниць України:

$$\pi_{D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6}(\sigma_{T_1=6}(\sigma_{C_3=22}(T_d) \triangleright \triangleleft_{T_d, C_2=T_{ст}, B_3} T_{ст} \triangleright \triangleleft_{T_{ст}, B_1=T_{дн}, D_3} \pi_{D_1, D_2, D_3, D_4, D_5, D_6}(T_{дн}) \triangleright \triangleleft_{T_{дн}, D_1 \geq T_1, T_2 \wedge T_{дн}, D_1 \leq T_1, T_3} \pi_{T_1}(T_1)))$$

Середній час затримки вагона, пов'язаний із завантаженням у зворотному напрямку визначено за формулою:

$$\bar{t}_{гр} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k n_{ij} (\bar{t}_{ij}^{зав} - \bar{t}_{ij}^{пор})}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^k n_{ij}}$$

де n_{ij} - вагонопоток між i -ою станцією передачі та j -ою станцією призначення;

$\bar{t}_{ij}^{зав}$, $\bar{t}_{ij}^{пор}$ - середній час знаходження на території України вагона, що здається, відповідно в завантаженому і в порожньому стані.

Вихідні дані для розрахунків отримані з таблиці $T_{дн}$:

- для вагонів завантажених у зворотному напрямку:

$$D_4, D_5, F_{count}(D_1, avg(D_3))(\pi_{D_1, D_3, D_4, D_5}(\sigma_{D_9 > 0, D_2 = "ИИ"}(T_{ди})))$$

- для вагонів відправлених у зворотному напрямку в порожньому стані:

$$D_4, D_5, F_{avg}(D_3)(\pi_{D_3, D_4, D_5}(\sigma_{D_9 > 0, D_2 = "ИИ"}(T_{ди})))$$

Розрахунки показали, що середня величина затримки інвентарних піввагонів власності іноземних держав при виконанні роботи з їх завантаження у зворотному напрямку складає $\bar{t}_{и,і}^3 = 2,73$ доби.

Середній час перебування інвентарних вагонів Укрзалізниці на території інших держав, які були завантажені у зворотному напрямку, відповідно до типу вагону і станцією здачі визначені в результаті обчислення запиту:

$$D_4, F_{avg}(D_3)(\pi_{D_3, D_4}(\sigma_{D_9 > 0, D_2 = "УИ"}(T_{ди})))$$

Виконані дослідження показали, що середня величина затримки інвентарних піввагонів при виконанні їхнього завантаження у зворотному напрямку становить $\bar{t}_{у,і}^3 = 2,40$ доби, що достатньо близькі з часом знаходження інвентарних іновагонів на залізничній мережі залізниць України.

Висновки

У ході виконання роботи розроблені методи та інструментальні програмні засоби для оцінки впливу змін у нормативній базі на експлуатаційні показники дія-

льності залізниць України. Розроблені методи дозволяють ідентифікувати час і місце передачі вагонів між адміністраціями, їх приналежність і стан. Розвиток методів аналізу даних архіву АСК ВП УЗ, розробка на їх підставі програмних комплексів дозволить суттєво підвищити якість аналізу впливу зміни нормативної бази на умови роботи Укрзалізниці в системі забезпечення міжнародних залізничних перевезень.

Список літератури

1. Конноли Т. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика, 2-е изд.: Пер с англ.: уч. пос./ Конноли Т., Бегг К., Страчан А. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2000 – 1120 с.
2. Штурм Р. Теория вероятностей, математическая статистика, статистический контроль качества. – М.: Мир, 1970. – 368 с.

Анотації:

В статті представлено методи техніко-експлуатаційного аналізу роботи вагонів різної власності в міжнародному сполученні.

В статье представлены методы технико-эксплуатационного анализа работы вагонов различной собственности в международном сообщении.

Methods of technical and operational analysis of various property cars operation in international communication