

УДК 656.225

**АНАЛІЗ ЗАДАЧІ ОПЕРАТИВНОГО РОЗПОДІЛУ ПОРОЖНІМИ
ВАГОНОПОТОКАМИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ****Марченко Д.М., Черніков В.Д., Полякова Т.Ю., Мірошніченко Н.В.****ANALYSIS THE OPERATIONAL TASK OF DISTRIBUTION'S EMPTY
TRAFFIC VOLUMES IN MODERN CONDITIONS****Marchenko D., Chernikov V., Polyakova T., Miroshnichenko N.**

У статті здійснено теоретичний аналіз задачі оперативного розподілу порожніми вагонопотоками в сучасних умовах для раціонального використання вантажного вагонного парку. Відзначено, що виконання оперативних завдань з розподілу вагонів на деякі станції передбачає введення суворих переваг при вирішенні задачі планування, які не пов'язані з її основною структурою, системою економічних та технологічних характеристик. Авторами відзначено використання підходу, що складається в побудові моделі детермінованого еквівалента для подальшого дослідження.

Ключові слова: аналіз, вагон, інформація, організація, перевезення, транспорт.

Постановка проблеми. Технічний прогрес на залізничному транспорті України нерозривно пов'язаний з вирішенням проблем раціональної організації і підвищення ефективності використання вантажного вагонного парку. На жаль, питання вдосконалення управління вагонопотоками, не дивлячись на розвиток програмно-інформаційних комплексів, так і є невирішеними.

Завдання оперативного розподілу порожніх вагонів (ОРПВ) в сучасних умовах є одним з основних як на рівні полігону дирекції перевезень, так і на рівні станцій, при забезпеченні фронту вантаження. Разом з тим воно є достатньо складним для формалізації внаслідок системи суперечливих вимог, які необхідно враховувати при плануванні роботи підприємств залізничного транспорту [1], а також в силу невизначеностей, обумовлених стохастичними властивостями вагонопотоків, ситуацією, що склалася, можливостями отримати і оперативно обробити необхідну інформацію. На рівні станції суперечливими вимогами до завдання ОРПВ є: підвищення статичного навантаження, зниження витрат на підготовку і ремонт вагонів, зменшення непродуктивних простоїв [1, 2]. На рівні полігону дирекції перевезень до названих традиційних чинників додаються нові, що виражають вимоги оперативності і умови

протяжності, основним з яких є своєчасне виконання заявок на вантаження вагонів для всієї групи станцій, якщо кількість вагонів, що поступають по стиках, для цього не достатньо. Окрім перерахованих вимог повинні також враховуватися тип вагонів, категорія придатності вагонів, розташування фронтів вантаження та ін. Залежно від інформаційних можливостей системи розподілу вагонів можливий ряд постановок завдань ОРПВ, які відрізняються рядом ознак.

Слід зазначити, що представляє значний теоретичний і прикладний інтерес постановка завдання ОРПВ в сучасних умовах, в якому враховується накопичення відхилень від потреб у вагонах, що мають місце для деяких станцій. В цьому випадку має бути змінене уявлення про те, що розуміється під потребою станції на даний момент залежно від ступеня реалізації її заявок на вагони під навантаження за деякий встановлений період планування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У дослідженнях, що присвячені розподілу порожніх вагонів значна увага приділяється критерію оптимальності, при виборі варіантів регулювання вагонного парку, окрім витрат вагоно-годин зазначається і експлуатаційний стан вагонів [3]. Раціональна система організації порожніх вагонопотоків забезпечує найбільш швидко доставку необхідних вагонів з місць розвантаження до місць навантаження, розподіл вантажної роботи поміж станціями з найбільш оптимальним завантаженням їх потужностей, вибір варіанту шляху прямування порожнього вагону на певному полігоні. Відомо, що регулювання вагонопотоків на рівні залізниці виконує диспетчер-вагонорозпорядник, який для прийняття найбільш ефективних рішень повинен обробляти значний потік інформації про стан транспортної системи та процес перевезень, розв'язувати багаторівневу завдання управління рухомими одиницями в умовах жорстких часових обмежень [4, 5]. Для отримання

достовірного результату необхідно здійснити чітке формулювання задачі оперативного регулювання вагонами з урахуванням основних факторів, що мають вплив на цей процес.

Матеріали і результати дослідження. Визначення завдання ОРПВ в сучасних умовах пов'язане з інформаційним базисом і об'ємом моделювання (рис.1).



Рис. 1. Схема визначення завдань оперативного розподілу порожніх вагонів

Розглянемо перераховані властивості визначення завдань ОРПВ в сучасних умовах. У сучасних умовах потреби вантажовідправників є головним чинником, який в значній мірі визначає роботу залізниці. Різні аспекти цих потреб відбиті в пунктах а), в), г) інформаційного базису моделі завдання. Потреби у вагонах, заявки станцій на деякий період, є основою планування, проте в умовах дефіциту вагонів деяких категорій може бути необхідним змінити потребу на етапі T_k залежно від того, як були виконані заявки на попередніх етапах. Пункти а) і г) припускають різні можливості введення в модель завдання інформації такого роду (невизначеність потреби пункту призначення). Облік вимог вантажовідправників може бути непрямим, на основі розгляду коефіцієнтів варіацій, що характеризують фактичну реалізацію потреби станцій у вагонах (пункт – а), або ж безпосереднім за рахунок обчислень “нев'язки” в реалізації потреб і їх використання при визначенні “накопиченого завдання” для станції на даний момент (пункт – г).

Цільова функція, яка загалом представленою в роботі випадку є векторною [6], і критерій оптимальності формалізують модель завдання ОРПВ (пункт – в). У більшості досліджень і систем планування розподілу вагонопотоків на полігоні критерієм є мінімум вагоно-кілометрів порожнього пробігу $F_m(X)$ [7, 8], що відображає вимоги залізниці, а не вантажовідправників. Цей критерій не суперечить вимогам вантажовідправників тільки в тих випадках, коли відсутній дефіцит у вагонах. У разі дефіциту вагонів мають бути розглянуті і інші показники ефективності планування, що дозволяють вирішити компроміс між вимогами різних станцій полігону

дирекції перевезень. Ці показники названі “компромісом станцій” [9] $F_{cm}(X)$. Визначення завдання ОРПВ, що враховують обидві складові ($F_m(X)$ $F_{cm}(X)$)

$$F_m(X) < F_{cm}(X) \quad (1)$$

де $<$ – знак строгого порядку, переваги показників [10].

Компроміс між показниками ($F_m(X)$ $F_{cm}(X)$) може бути сформульовано та вирішено і на основі методу обмежень [6, 11]. Обґрунтування того чи іншого підходів пов'язано з доступною інформацією, яка використовується при плануванні.

Ефективний облік стохастичних властивостей процесів надходження вагонів на полігон припускає включення в модель завдання ОРПВ процедур прогнозування вагонопотоків. З погляду найбільш поширеної постановки завдання оптимального розподілу у формі транспортного завдання стохастичні властивості вагонопотоків означають невизначеність ресурсів станцій відправлення. У цих умовах адекватнішим є стохастичне формулювання транспортного завдання (пункт – б), яке додатково може враховувати вимоги корегування плану розподілу (пункт – г). Відмітимо, що двохетапна постановка завдання ОРПВ в термінах моделі стохастичного програмування [12, 13] більш точно виражає можливість станцій в реалізації планів переробки порожніх вагонів, що фактично реалізуються. Тому використання цього формулювання більш повно і змістовно з погляду відображення цілей функціонування дирекції перевезень в цілому.

Виконання оперативних завдань по розподілу вагонів на деякі станції (пункт – д) припускає введення строгих переваг при рішенні задачі планування, які не пов'язані з її основною структурою, системою економічних і технологічних характеристик. Така пріоритетність може бути врахована за рахунок поетапного рішення – спочатку планування реалізації оперативних завдань, на наступному етапі формування рішень задачі ОРПВ при нових початкових даних, відповідних завданню після реалізації оперативних завдань. Умови оперативних завдань можуть діяти в деякий часовий період, що повинне враховуватися при реалізації послідовності планів розподілу вагонопотоку. Зокрема, тут може бути доцільним перехід до моделі накопичення “нев'язки” в реалізації потреб станцій.

Питання постановки задачі співвідноситься з основною моделлю транспортного завдання, яке найчастіше використовується при плануванні процесів розподілу вагонопотоків, і раніше було основним в інформаційних системах дирекції перевезень.

Різноманіття постановок ОРПВ можна охарактеризувати моделлю наступної структури [9]

$$T_3 = \{N, \Psi(F_N)T_X, P, G, C_P\} \quad (2)$$

де N – число цільових функцій;

$\Psi(F_N)$ – модель компромісу векторної цільової функції $F_N(F_k(X))$ для скалярного, одно критеріального завдання $\Psi(F_N) = F_\Sigma(X)$;

T_X – тип рішення (детермінований вектор, випадковий вектор рішень і відповідні оцінки достовірності);

P – використання процедур прогнозування вагонопотоку;

G – характеристика сторони, що оперує завданням (переважний облік інтересів залізниці або вантажовідправників);

C_P – параметр, що регулює коректування плану розподілу на основі завдання імовірнісних характеристик зовнішніх умов.

Формулювання (2) показують, що залежно від прийнятих допущень про властивості завдання, а також про використовувану інформацію отримують різні класи завдання ОРПВ, які вимагають адекватних методів реалізації.

Розглянемо детальніше нову постановку завдання ОРПВ – планування і розподіл вагонопотоку з накопиченням “нев'язки”. Основний зміст розподілу вагонопотоку з накопиченням “нев'язки” полягає в допущенні про можливість виконання сумарних заявок станцій на подачу порожніх вагонів заданого вигляду за деякий період, встановлений за договором з вантажовідправниками. В даний час на практиці рішення задачі ОРПВ ведеться щодоби, причому не встановлюються зв'язки між послідовними планами: кожен план розглядається незалежно від реалізації попередніх розподілів порожніх вагонів між станціями, від повноти виконання заявок. Новий період планування починається без урахування накопиченої “нев'язки” в подачі порожніх вагонів – різниці між вимогами і фактичної реалізації. Відношення між підприємствами залізниць і вантажовідправниками регулюються на основі систем штрафних санкцій. Слід зазначити, що фактично (на неформальному і ненормативному рівні) при рішенні задачі ОРПВ вимога подачі вагонів враховується.

Така практика розподілу вагонопотоку не виключає можливості багатодобових зривів подачі вагонів на деякі станції, які невідгідні ні вантажовідправникам, ні підприємствам залізниці. Разом з тим заявки на подачу вагонів є прогнозована характеристика, зазначені в них кількості вагонів лише наближено виражають потребу в перевезеннях на період $t, t+1, t+2, \dots$. В цих умовах може бути більш доцільним, з точки станцій навантаження, і з точки зору підприємств залізниць, встановити сумарні кількості вагонів, які повинні передаватися під завантаження за розрахунковий період T_P , і поставити, поряд з прийнятими в даний час добовими вимогами на подачу порожніх вагонів, також і нижні межі по-

дачі по станціях $\{b_{j\min}^{(t)}\}_n$, вихід за які штрафується.

Параметри $\{b_j^{(t)}\}_n$ встановлюють потреби n станцій на плановий період t . Тобто, завдання оперативного розподілу порожніх вагонів з накопиченням невідгідок може бути сформульована наступним чином. Для заданих періоду T_P , оцінок добових потреб $\{b_j^{(t)}\}_n$, $\{b_{j\min}^{(t)}\}_n$ та сумарних оцінках $\{b_{j\sum T}^{(t)}\}_n$

за період T_P необхідно розробити таку послідовність планів розподілу вагонопотоку, при якій виконані вимоги подачі вагонів $\{b_{j\sum T}^{(t)}\}_n$, обмеження

$\{b_{j\min}^{(t)}\}_n$, а значення показника сумарного пробігу порожніх вагонів приймає мінімальне значення. Завдання оперативного розподілу порожніх вагонів з накопиченням невідгідок стає окремою самостійною проблемою управління вагонопотоками, а виявлення технологічних, організаційних і математичних аспектів цього завдання виходить за рамки статті.

Основна модель задачі ОРПВ на поточний період планування t (добу), як стохастичної транспортної задачі з векторним показником ефективності, може бути побудована наступним чином. Припустимо, що є m стикових пунктів (пунктів відправлення) $A_{(m)} = \{A_1, \dots, A_m\}$ та n станцій, пунктів споживання порожніх вагонів: $B_{(n)} = \{B_1, \dots, B_n\}$. Відомі оцінки очікуваної кількості $A_{(m)} - \{\tilde{a}_i(t, \theta_A)\}_m$ порожніх вагонів у пунктах-джерелах, які залежать від певної сукупності випадкових факторів $A_{(m)}$, позначених через θ_A . Потреби вантажовідправників на плановий період t , які залежать від сукупності випадкових факторів θ_B , що оцінюються $B_{(n)} - \{\tilde{b}_j(t, \theta_B)\}_n$. Вважаються відомими питомі витрати $C_{m \times n} = (c_{ij})_{m \times n}$ на перевезення з A_i в B_j . Приймаємо, що рішення задачі планування є детермінованим вектором x_{ij} (тобто встановлює планові обсяги надходження порожніх вагонів з пунктів A_i до B_j отримання значень $\{\tilde{a}_i(t, \theta_A)\}_m$).

Завдання ОРПВ полягає в наступному. Потрібно знайти X^* та скласти цілочисельний план $X^* = \{x_{ij}^{*ij}\}_{(m,n)}$ розподілу порожніх вагонів на станції навантаження таким чином, щоб задовольнити заявки всіх станцій і мінімізувати сумарні витрати на доставку вагонів $F_\Sigma(X^*)$, а також компромісно-оптимально задовольнити потреби всіх станцій, якщо буде дефіцит порожніх вагонів. У розглянутій постановці додатково до близькою до стандартної формулювання транспортної задачі [12], яка в нашому випадку все ж є стохастичною і відрізняється

врахуванням випадкових станів θ_A і θ_B , представлений також і вектор цільових функцій $\bar{F}_n(X) = (F_k(X))_n$. Зміст компонентів вектора $\bar{F}_n(X)$ визначається як невиконання заявки станції B_k на період $t: F_k(X, t) = \tilde{a}_k(t, \theta_A) - S_k(X, t)$. Під $S_k(X, t)$ розуміється сумарна кількість порожніх вагонів, які повинні бути спрямовані на станцію B_k . У разі виконання заявки станції B_k компонента векторної функції $F_k(X, t)$ дорівнює нулю.

Очевидно, що в нашому випадку, як правило, не виконується умова для закритій моделі транспортного завдання [13, 14, 15]

$$\Delta_{A,B} = \sum_k \tilde{a}_k(t, \theta_A) - \sum_j \tilde{b}_j(t, \theta_B) \neq 0, \quad (3)$$

і це приводить до необхідності введення фіктивного пункту відправки, вартість перевезення з якого дорівнює нулю, якщо $\Delta_{A,B} < 0$. За умови $\Delta_{A,B} > 0$ потрібне введення в модель завдання фіктивної станції призначення порожніх вагонів, вартість перевезення в яку дорівнює нулю.

Формалізуємо модель поставленого завдання ОРПВ таким чином:

$$F_\Sigma(X^*) \Rightarrow \min_{X \in D_X} F_\Sigma(X) = \sum_{i=1}^{m+1} \sum_{j=1}^{n+1} c_{ij} x_{ij}, \quad (4)$$

$$\bar{F}_n(X) = (F_k(X))_n \Rightarrow \text{opt}_{X \in D_X}, \quad (5)$$

$$D_X = \{g_i(X) = \sum_{j=1}^n x_{ij} = \tilde{a}_i(t, \theta_A); \quad (6)$$

$$i = 1, 2, \dots, m+1;$$

У разі однокритеріальних постановок модель компромісу $\Psi(F_N)$ (5) відсутня. Зважаючи на входження в (6) випадкових складових ці нерівності при розрахунку фактичних параметрів вагонопотоку в період t як правило, не будуть виконані. Таким чином, ОРПВ представляє багатокритерійне транспортне завдання стохастичного програмування з цілочисельними змінними $X = \{x_{ij}\}_{(m,n)}$ і обмеженнями $\{\tilde{a}_i(t, \theta_A)\}_m$ $\{\tilde{b}_j(t, \theta_B)\}_n$.

В більшості випадків для вирішення стохастичних завдань оптимізації вагонопотоків використовують підхід, що полягає в побудові детермінованого еквівалента моделі початкового завдання [12]. При цьому невизначені або випадкові параметри моделі завдання замінюють на деякі усереднені або ж прогнозовані в тій або іншій ситуації значення. Вважається, що вирішення таких еквівалентних детермінованих завдань з певною надійністю представляють вирішення початкових завдань, заданих у формі стохастичного програмування. Не дивлячись

на різноманітність можливих постановок завдань стохастичного програмування можна сформулювати деяку достатньо загальну постановку, до якої зводяться останні. Як така постановка може розглядатися завдання вигляду [13].

$$\hat{F}_0(X) = M[F_0(X, \theta)] = \int F_0(X, \theta) P(d\theta) \quad (7)$$

$$k = 1, \dots, m_g, X \in D$$

$$\hat{g}_k(X) = M[g_k(X, \theta)] = \int g_k(X, \theta) P(d\theta) \leq 0, \quad (8)$$

де $M[*]$ – знак математичного очікування

$P(*)$ – деякі задані закони розподілу випадкових величин;

$g_k(X) \leq 0$ – система обмежень стохастичної моделі завдання.

Далі розглядаються наступні підходи до рішення задачі (4) – (7). Значення $\{\tilde{a}_i(t, \theta_A)\}_m$ замінюються результатами прогнозів параметрів вагонопотока, а величини потреб станцій в порожніх вагонах $\{\tilde{b}_j(t, \theta_B)\}_n$ вважаються заздалегідь за відомих, фіксованих, або ж отриманими за процедурою накопичення “нев’язки” при реалізації заявок за деякий період. Отримані детерміновані еквіваленти транспортного завдання вирішуються стандартно методом потенціалів [13]. Дані моделі завдання ОРПВ в сучасних умовах і відповідні методи пошуку їх рішень, які враховують необхідність коректування плану, двохетапність завдань планування і реалізації та ін.

Висновки. Для подальшого пошуку рішень задачі оперативного розподілу порожніх вагонів в сучасних умовах необхідна розробка сукупності математико-технологічних моделей з урахуванням аналізу матеріалів, направлених на вдосконалення теоретичної бази по даному напрямку дослідження, і відповідних методів їх реалізації, що забезпечують оптимальне оперативне управління для підвищення ефективності управління вагонопотоками в цілому.

Л і т е р а т у р а

1. Тулупов Л.П., Жуковский Е.М., Гусятинер А.М.. Автоматизированные системы управления перевозочными процессами на железных дорогах. –М.: Транспорт, 1991. – 208 с.
2. Тулупов Л.П., Смирнова М.Е. Нормативы для суточного планирования погрузки по критерию наименьших затрат на подготовку вагонов // “Вестник ВНИИЖТ”, Транспорт, 1986. – №6.
3. Запара В. М. Удосконалення технології регулювання рухомого складу для перевезення сезонних вантажів / В. М. Запара, Д. І. Мкртичян, А. О. Ковальов, О. М. Костенніков, М. В. Кузьменко // Зб. наук. праць.— Харків: УкрДАЗТ, 2010.— Вип. 112.— С. 123 – 128.
4. Каньовська Д. В. Оперативне планування місцевої роботи на залізничному полігоні // Восточно-Европейский журнал передовых технологий.— 2011 — Вип. 1 / 4 (49) — С. 20 – 21.

5. Чеклов В. Ф. Автоматизована система розподілу порожніх вагонів / В. Ф. Чеклов, В. М. Чеклова, О. І. Шеховцов // Вісник ДІАТ.— 2008.— № 2.— С. 13 – 18.
6. Михалеви́ч В.С., Волкови́ч В.Л. Вычислительные методы исследования и проектирования сложных систем. – М.: Наука, 1983. - 286 с.
7. Акулиничев В.М. Организация вагонопотоков. – М.: Транспорт, 1979. – 222с.
8. Регулирование грузовых перевозок на железных дорогах. / Балч В.И., Казовский И.Г., Кудрявцев В.А., Гречанюк В.Ф./ Под ред. В.А.Кудрявцева – М.; Транспорт, 1984.-248с.
9. Кириченко А.И. оперативное распределение потоков порожних вагонів на полігоні дирекції перевозок: дис. к. тех. наук.: 08.00.03 – економіка і управління національним господарством / Кириченко А.И. – Днепропетровск, 2002.
10. Подиновский В. В., Гаврилов В. Н. Оптимизация по последовательно применяемым критериям. – М.: Сов. радио, 1975. - 120 с.
11. Подиновский В. В., Ногин В. Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М. Наука, 1982. –258 с.
12. Ермо́льев Ю.М. Методы стохастического программирования. – М.: Наука, 1976. – 238 с.
13. Ермо́льев Ю.М., Ляшко И.И., Михалеви́ч В.С., Тюптя В.И. Математические методы исследования операций. – Киев: Вища школа, 1979. – 312 с.
14. Многокритериальная оптимизация / В кн. Методы оптимизации в экономико - математическом моделировании / Ред. Гольдштейн Е.Г. - М.: Наука, 1991. С. 283 – 349.
9. Kirichenko A.I. Operativnoe raspredelenie potokov porozhnih vagonov na poligone direkcii perevozok: dis. k. teh. nauk.: 08.00.03 – Ekonomika i upravlenie nacional'nom hazjajstvom / Kirichenko A.I. – Dnepropetrovsk, 2002.
10. Podinovskij V. V., Gavrilov V. N. Optimizacija po posledovatel'no primenjaemym kriterijam. – M.: Sov. padio, 1975. - 120 s.
11. Podinovskij V.V., Nogin V.D. Paretooptimal'nye reshenija mnogokriterial'nyh zadach. – M. Nauka, 1982. –258 s.
12. Ermol'ev Ju.M. Metody stohasticheskogo programmirovaniya. – M.: Nauka, 1976. – 238 s.
13. Ermol'ev Ju.M., Ljashko I.I., Mihalevich V.S., Tjuptja V.I. Matematicheskie metody issledovanija operacij. – Kiev: Vishha shkola, 1979. – 312 s.
14. Mnogokriterial'naja optimizacija / V kn. Metody optimizacii v ekonomiko - matematicheskom modelirovanii / Red. Gol'dshtejn E.G. - M.: Nauka, 1991. S. 283 – 349.

Марченко Д.Н., Черников В.Д., Полякова Т.Ю., Мирошниченко Н.В. Анализ задач оперативного распределения порожними вагонопотоками в современных условиях.

Статья содержит теоретический анализ задачи оперативного распределения порожними вагонопотоками в современных условиях для рационального использования грузового вагонного парка. Учитывая сложность постановки и влияние системы противоречивых требований, которые необходимо учитывать при планировании работы предприятий железнодорожного транспорта, поставленная задача отделена как самостоятельная проблема управления вагонопотоками. Формулировка задачи должна учитывать ряд факторов, краткое описание которых приведено в работе. Отмечено, что выполнение оперативных заданий по распределению вагонов на некоторые станции предполагает введение строгих предпочтений при решении задачи планирования, которые не связаны с ее основной структурой, системой экономических и технологических характеристик. Авторами отмечено использование подхода, состоящем в построении детерминированного эквивалента модели для дальнейшего исследования.

Ключевые слова: анализ, вагон, информация, организация, перевозка, транспорт.

Marchenko D., Chernikov V., Polyakova T., Miroshnichenko N. Analysis the operational task of distribution's empty traffic volumes in modern conditions.

The article contain the theoretical analysis operational objectives a distribution of empty traffic volumes in modern conditions for the rational use the freight car fleet. Given the complexity settings and the impact conflicting requirements that must be considered when planning the work of the railway companies, the task is separated as an independent problem of managing the traffic. Formulation problems must take into account a number of factors, a brief description, which is given in the work. It is noted that execution an operational tasks for the distribution of cars on some stations involves the introduction of strict preferences when solving the planning problem that are not related to its main structure, the system of economic and technological characteristics. Authors noted that the approach consisting in the construction of the deterministic equivalent model for future research.

Keywords: analysis, cargo, carriage, information, organization, transport.

References

1. Tulupov L.P., Zhukovskij E.M., Gusjatiner A.M. Avtomatizirovannye sistemy upravlenija perevozochnymi proces-sami na zheleznyh dorogah. –M.: Transport, 1991. – 208 s.
2. Tulupov L.P., Smirnova M.E. Normativy dlja sutochnogo planirovanija pogruzki po kriteriju naimen'shijh zatrat na podgotovku vagonov // "Vestnik VNIIZhT", Transport, 1986. – №6.
3. Zapara V. M. Udoskonalennja tehnologij reguljuvannja ruhomogo skladu dlja perevezennja sezonnih vantazhiv / V. M. Zapara, D. I. Mkrtych'jan, A. O. Koval'ov, O. M. Kostennikov, M. V. Kuz'menko // Zb. nauk. prac'.— Harkiv: UkrDAZT, 2010.— Vip. 112.— S. 123 – 128.
4. Kan'ov'skaD. V. Operativne planuvannja miscevoj ro-boti na zalizničnomu poligoni // Vostochno- Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij.— 2011 — Vip. 1 / 4 (49) — S. 20 – 21.
5. Cheklov V. F. Avtomatizovana sistema rozpodilu porozhnih vagoniv / V. F. Cheklov, V. M. Cheklova, O. I. She-hovcov // Visnik DIAT.— 2008.— № 2.— S. 13 – 18.
6. Mihalevich V.S., Volkovich V.L. Vychislitel'nye metody issledovanija i proektirovanija slozhnyh sistem. – M.: Nauka, 1983. - 286 s.
7. Akulnichev V.M. Organizacija vagonopotokov. – M.: Transport, 1979. – 222s.
8. Regulirovanie gruzovyh perevozok na zheleznyh dorogah. / Balch V.I., Kazovskij I.G., Kudrjavcev V.A., Grechanjuk V.F./ Pod red. V.A.Kudrjavceva – M.; Transport, 1984.-248s.

Марченко Д.М. – д.т.н., професор, завідувач кафедри кібернетики та комп'ютерних систем, перший проректор СНУ ім.В.Даля

Черніков В.Д. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.

Полякова Т.Ю. – старший викладач кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.

Мірошніченко Н.В. – студент групи ТЛз-241м кафедри «Логістичне управління та безпека руху на транспорті» СНУ ім. В. Даля.

Рецензент: **Чернецька-Білецька Н.Б.**, д.т.н., професор

Стаття подана 28.03.2015