



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **94340** (13) **U**  
(51) МПК (2014.01)  
**B61L 25/00**  
**B61L 27/00**  
**G06F 7/00**  
**G06N 7/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

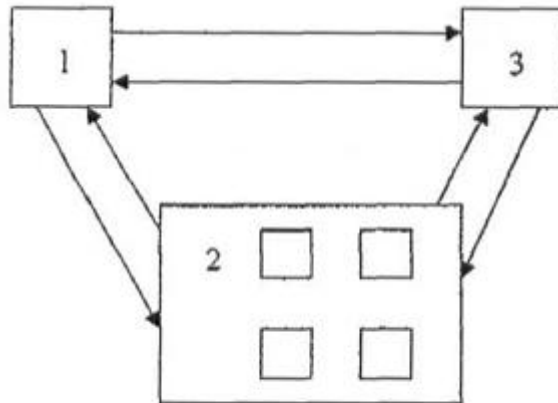
## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2014 05755</b>	(72) Винахідник(и): <b>Бутько Тетяна Василівна (UA), Шандер Олег Едуардович (UA), Проخورченко Андрій Володимирович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>28.05.2014</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.11.2014</b>	(73) Власник(и): <b>УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ, пл. Фейербаха, 7, м. Харків-50, 61050 (UA)</b>
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.11.2014, Бюл.№ 21</b>	

## (54) АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПАРКОМ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

### (57) Реферат:

Автоматизована система управління парком вантажних вагонів містить автоматизовані робочі місця поїзного диспетчера (ДНЦ) та диспетчера-вагонорозпорядника (ДНЦВ), з'єднаного із автоматизованими робочими місцями працівників на лінійних підрозділах, а також з власниками операторських компаній, що подають вагони на станції, за допомогою каналів зв'язку мережі залізниць. Містить комп'ютер та пристрій візуального відображення інформації, блок нормативно-довідкових баз даних, до яких надходить інформація про вагони, які подані на станцію. При цьому в комп'ютері встановлена модель із програмою, що сформована із можливістю автоматичного визначення достатньо оптимального плану розподілу вагонів за маршрутами. При цьому блок визначення достатньо оптимального розподілу вагонів за маршрутами слідування відповідних поїздів виконаний з можливістю послідовності прикріплення вагонів та розраховує ефективність відправлення відправницьких маршрутів операторських компаній з відповідним складом вагонів.



Фіг. 1

UA 94340 U



Корисна модель належить до залізничної галузі, а саме до управління перевізним процесом (управління парком вантажних вагонів), за допомогою автоматизованих систем та може бути застосована на підрозділах магістрального залізничного транспорту.

Відома система переміщення та розподілення вагонів на залізничному полігоні (Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте // Под ред. Грунтова П.С. - М.: Транспорт, 1994. - 543 с.). Під управлінням парком вантажних вагонів розуміють систему розподілу вагонопотоків, яка є багатогранною і повинна враховувати технічні можливості станцій відправлення, станцій призначення, технічних станцій по маршруту прямування та неоднорідність складу поїзда на маршруті прямування.

На даний момент розподіл вагонопотоків та призначення їх по відповідних поїздах здійснюється на основі нормативного документу «План формування поїздів», який складається на термін одного року. Регулювання вагонопотоками на залізниці здебільше займається диспетчер-вагонорозпорядник (ДНЦВ), який для прийняття найбільш ефективних рішень повинен обробляти значний потік інформації про стан залізничної транспортної підсистеми та процес перевезень, розв'язувати багатовимірну задачу управління рухомими одиницями в умовах жорстких часових обмежень. Тому в залежності від інформації ДНЦВ, поїзний диспетчер (ДНЦ) на основі раніше зазначеного документа з урахуванням особистого досвіду приймає рішення про необхідність формування та відправлення вантажних поїздів тієї чи іншої категорії за відповідними нитками графіка при телефонному або автоматизованому зборі наступних даних із залізничних станцій: кількість навантажених та вивантажених вагонів на диспетчерській дільниці; потрібну кількість порожніх вагонів під навантаження та ін.

Недоліком цієї системи є те, що вона не надає можливості як ДНЦВ так і ДНЦ вибору достатньо оптимального плану розподілу вагонів за маршрутами відповідних ниток графіку за рахунок великої розмірності задачі, при цьому не враховуються раціональні маршрути слідування вантажних поїздів з відповідними вагонами з урахуванням топології залізничної мережі і тому всі рішення оперативних працівників приймаються на рівні їх кваліфікації, що тягне за собою значний вплив людського фактора і втрату об'єктивності. Це пов'язано з тим, що на мережі залізниць України фактично відсутня автоматизована система, яка б надавала обґрунтовані рішення щодо виконання плану перевезень на полігоні залізничної мережі.

Враховуючи на даних час складність в управлінні парками вантажних вагонів за умови функціонування конкурентних транспортних компаній, то від відповідних працівників потребує вирішення завдання, яке дозволить їм забезпечити найбільш раціональне виконання плану перевезень на основі достатньо оптимального розподілу вагонопотоків.

Найближчим аналогом є патент 63644 України МПК В61L 25/00, В61L 27/00, G06F 7/00, G06N, 7/00 (Автоматизована система розподілу порожніх вагонів із системою підтримки рішення / В.Ф. Чеклов, В.М. Чеклова, О.І. Шеховцов). Недоліком цього прототипу є те, що в нього відсутній блок визначення достатньо оптимального розподілу вагонів взагалі на мережі і внаслідок цього, результатом від впровадження прототипу є вирішення завдання на розподіл вагонів тільки при взаємодії морського і залізничного транспорту на залізничній дільниці і не враховує наявність незалежних операторських компаній - власників вагонів.

Найближчим аналогом вибрано автоматизовану систему управління вагонним парком ДИСПАРК (Інформаційні системи та технології при управлінні залізничними перевезеннями: навч. посібник // О.В. Лаврухін, П.В. Долгополов, В.В. Петрушов, О.М. Ходаківський. - Харків: ТОВ «Компанія СМТТ», 2011. - 118 с.), яка включає комп'ютери, пристрої відображення інформації, засоби зв'язку та забезпечує контроль і управління парком вантажних вагонів на основі інформації, отриманої за допомогою засобів зв'язку з лінійних підрозділів.

Основні функції, які забезпечує система ДИСПАРК: контроль дислокації вагонного парку та спостереження за вагонами і вантажами, управління вагонним парком і виконання регульованих завдань, аналіз експлуатаційної роботи залізниць та їх підрозділів, оперативний аналіз технічного стану вагонного парку, аналіз діяльності підприємств вагонного господарства.

Недоліком цієї автоматизованої системи управління вагонним парком ДИСПАРК є неможливість його використання для автоматичного визначення достатньо оптимального варіанта розподілу і прикріплення вагонів за маршрутами слідування поїздів та часткового корегування плану формування вантажних поїздів. А також недоліком є те, що він не надає відповідні нитки графіку під заняття ними вагонами операторських компаній, які управляють своїми вагонами самостійно.

Як впливає з аналізу існуючих автоматизованих систем управління парком вантажних вагонів в них практично відсутня можливість надання в автоматичному режимі варіантів вирішення задачі щодо оптимізації розподілу і управлінні парком вантажних вагонів на полігоні

залізничної мережі з урахуванням операторських компаній, яка забезпечує достатню оптимальність у виконанні плану перевезення вантажів.

В основу корисної моделі поставлена задача вдосконалення автоматизованої системи управління парком вантажних вагонів при введенні в склад системи блока визначення достатньо оптимального розподілу вагонів за маршрутами слідування відповідних поїздів, за умови функціонування операторських компаній з власним парком, яка дозволить визначити маршрути слідування поїздів з вагонами інвентарного парка та парків операторських компаній по раціональному варіанта з урахуванням собівартості перевезення, яка складається з трьох частин: перша - пов'язана з кожним формуванням поїздів за маршрутом слідування і включає витрати на заробітну плату, споживання енергоносіїв та витрати на технічне обслуговування всіх пристроїв; друга - включає витрати, пов'язані з простоем вагонів на станціях в очікуванні поїздів; третя - включає статті витрат, які пов'язані з маневровою роботою на станціях за маршрутом слідування поїзда, що враховує витрати на заробітну плату робітників, які приймають участь у маневрах та витрати на енергоносії для маневрових тепловозів.

Поставлена задача вирішується тим, що в автоматизованій системі управління парком вантажних вагонів, яка містить автоматизовані робочі місця ДНЦ та ДНЦВ, з'єднані із автоматизованими робочими місцями працівників на лінійних підрозділах, а також з власниками операторських компаній, що подають вагони на станції, за допомогою каналів зв'язку мережі залізниць, містить комп'ютер та пристрій візуального відображення інформації, блок нормативно-довідкових баз даних, до яких надходить інформація про вагони, які подані на станцію, згідно з корисною моделлю, комп'ютер, в якому встановлена модель із програмою, що сформована із можливістю автоматичного визначення достатньо оптимального плану розподілення вагонів за маршрутами задана в наступному аналітичному вигляді:

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

де  $R$  - кількість поїздів, які можуть бути задіяні на відповідних маршрутах на залізничній мережі;

$G(I, J)$  - зважений граф, вершинами якого є залізничні станції, а ребрами - колії, що їх з'єднують;

$\lambda(i, t)$  - інтенсивність вагонопотоку.

Як обмеження необхідно врахувати наступні чинники:

- обмеження по довжині складу вантажного поїзду

$$\sum_{i=1}^P \lambda_i(i) \leq L_i ,$$

де  $L_i$  - довжина приймально-відправних колій на  $i$ -тій станції;

$P$  - кількість станцій у циклі заїзду по маршруту поїзда.

- обмеження по вантажопідйомності вантажного поїзда

$$\sum_{i=1}^P \int_{t_{oi}}^{t_{ki}} \lambda_i(i) dt \leq Q_a ,$$

де  $Q_a$  - максимальна вантажопідйомність вантажного поїзда;

$t_{oi}$  - момент початку операцій на  $i$ -тій станції;

$t_{ki}$  - момент закінчення операцій на  $i$ -тій станції.

- обмеження, які пов'язані із пропускною спроможністю дільниць

$$\sum_j N_{\text{вант } j}^{\text{наявн}} - \sum_j N_{\text{вант } j}^{\text{вик}} \geq \sum_j R_j ,$$

де  $\sum_j N_{\text{вант } j}^{\text{наявн}} = r_j$  - наявна пропускна спроможність  $j$ -ї дільниці у поїздах,

$\sum_j N_{\text{вант } j}^{\text{вик}}$  - потрібна пропускна спроможність для виконання плану перевезень.

- обмеження по швидкості пересування

$$V_{aj} \leq V_{\text{ж}} ,$$

де  $V_{aj}$  - швидкість пересування вантажного поїзда по  $j$ -му ребру,

$V_{\text{ж}}$  - норма ходової швидкості.

Якщо врахувати вихідні дані, які представлені у вигляді матриць то цільову функцію моделі можна зобразити у такому вигляді.

$$C(X) = c_{\text{ПК}} \sum_{i=1}^N D_{W_{X_{i,2}+X_{i,3}}, W_{X_{i+1,2}+X_{i+1,3}}} \left| \left( R_{X_{i,1}, X_{i,2}} - W_{X_{i,3}, i, 4} \right) \cdot \left( \text{Sgn}(j - X_{i,2}) \right) + 1 \right| +$$

$$(c_{\text{ПГ}} + c_{\text{ВГ}}) \sum_{i=1}^N T_{W_{X_{i,2}+X_{i,3}}, W_{X_{i+1,2}+X_{i+1,3}}} \left| \left( R_{X_{i,1}, X_{i,2}} - W_{X_{i,3}, i, 4} \right) \cdot \left( \text{Sgn}(j - X_{i,2}) \right) + 1 \right| +$$

$$c_{\text{МАНГ}} \sum_{i=1}^N \left( W_{i,4} \cdot \left( \text{Sgn}(R_{i,1,i,2} - X_{i,2,i,3}) \right) + 1 \right) \rightarrow \min ,$$

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

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

$c_{\text{ВГ}}$  - вартість вагоно-години, грн/год;

$c_{\text{МАНГ}}$  - вартість маневрово-години, грн/год;

$W$  - матриця кортежів, яка містить повну інформацію про заявки щодо надходження вагонів на плановий період;

10  $D$  - квадратна матриця відстаней у залізничному сполученні між станціями полігону;

$T$  - квадратна матриця відстаней у часі у залізничному сполученні між станціями полігону;

$R$  - матриця кортежів, яка містить інформацію про вантажні поїзди, до яких можуть бути причеплені або відчеплені вагони за відповідним маршрутом;

$X$  - матриця кортежів, яка представляє набір змінних моделі.

15 Крім цього, блок визначення достатньо оптимального розподілу вагонів за маршрутами слідування відповідних поїздів виконаний з можливістю послідовності прикріплення вагонів, і взагалі розраховує ефективність відправлення відправницьких маршрутів операторських компаній з відповідним складом вагонів.

20 Технічний результат, який досягається при рішенні поставленої задачі і використанні запропонованої системи управління парком вантажних вагонів полягає у повній автоматизації процесу визначення плану розподілу вагонів операторських компаній та вагонів інвентарного парку за маршрутами при використанні єдиного тарифу на перевезення. Включення запропонованої корисної моделі до складу підсистеми автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями УЗ (АСК ВП УЗ-Є) дозволить мінімізувати експлуатаційні витрати на перевезення вантажів залізничним транспортом, скоротити час знаходження вагонів під вантажними операціями, зменшити пробіг порожніх вагонів, забезпечити доставку вантажів «точно в строк».

Корисна модель, що заявляється, пояснюється кресленнями.

30 Фіг. 1 - Загальна схема здійснення способу використання автоматизованої системи управління парком вантажних вагонів.

Фіг. 2 - Структура хромосоми для пошуку достатньо оптимального плану розподілу вагонів за маршрутами поїздів.

40 Автоматизована система управління парком вантажних вагонів, що заявляється, працює наступним чином. З автоматизованих робочих місць операторських компаній 3 (фіг. 1), які є власниками вагонів, по каналах мережі залізниць надходять заявки в центральне управління перевезень 1 (ДГП, ДНЦВ, ДНЦ) на подачу вагонів по відповідних станціях залізничної дільниці. На основі всіх заявок, які надходять від операторських компаній на плановий період до трьох днів в центральному управлінні перевезеннями на автоматизованому робочому місці ДНЦВ за допомогою сформованої моделі з урахуванням плану формування вантажних поїздів вся інформація оброблюється і програма видає раціональні маршрути, за якими повинні бути закріплені вагони операторських компаній. А також можливо відправлення відправницьких маршрутів зі складом вагонів однієї операторської компанії з наданням відповідної нитки графіку руху поїздів. Вся ця інформація у вигляді плану розподілу вагонів за маршрутами по каналах зв'язку передається в центри управління вагонами операторських компаній, а також на

45 відповідну добу передається на автоматизоване робоче місце ДНЦ для виконання цього плану. ДНЦ в свою чергу доводить відповідний план перевезень на автоматизовані робочі місця лінійних підрозділів (станцій) 2 і працівники станцій в день причеплення вагонів до поїздів доповідають інформацію ДНЦ і в центри управління вагонами операторських компаній про виконання плану перевезень.

50

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Автоматизована система управління парком вантажних вагонів, що містить автоматизовані робочі місця поїзного диспетчера (ДНЦ) та диспетчера-вагонорозпорядника (ДНЦВ), з'єднаного

із автоматизованими робочими місцями працівників на лінійних підрозділах, а також з власниками операторських компаній, що подають вагони на станції, за допомогою каналів зв'язку мережі залізниць, містить комп'ютер та пристрій візуального відображення інформації, блок нормативно-довідкових баз даних, до яких надходить інформація про вагони, які подані на станцію, яка **відрізняється** тим, що комп'ютер, в якому встановлена модель із програмою, що сформована із можливістю автоматичного визначення достатньо оптимального плану розподілу вагонів за маршрутами задана наступною цільовою функцією:

$$C(X) = c_{ПК} \sum_{i=1}^N D_{W_{X_{i,2}+X_{i,3}}, W_{X_{i+1,2}+X_{i+1,3}}} \left| (R_{X_{i,1}, X_{i,2}} - W_{X_{i,3}, i, 4}) \cdot (|\text{Sgn}(j - X_{i,2})| + 1) + \right.$$

$$\left. (c_{ПГ} + c_{ВГ}) \sum_{i=1}^N T_{W_{X_{i,2}+X_{i,3}}, W_{X_{i+1,2}+X_{i+1,3}}} \left| (R_{X_{i,1}, X_{i,2}} - W_{X_{i,3}, i, 4}) \cdot (|\text{Sgn}(j - X_{i,2})| + 1) + \right. \right.$$

$$10 \quad c_{МАНГ} \sum_{i=1}^N (W_{i,4} \cdot (|\text{Sgn}(R_{i,1,i,2} - X_{i,2,i,3})| + 1)) \rightarrow \min ,$$

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

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

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

$c_{МАНГ}$  - вартість маневрово-години, грн/год.;

15  $W$  - матриця кортежів, яка містить повну інформацію про заявки щодо надходження вагонів на плановий період;

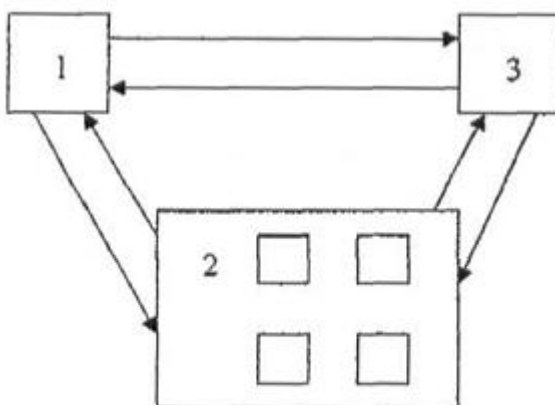
$D$  - квадратна матриця відстаней у залізничному сполученні між станціями полігону;

$T$  - квадратна матриця відстаней у часі у залізничному сполученні між станціями полігону;

20  $R$  - матриця кортежів, яка містить інформацію про вантажні поїзди, до яких можуть бути причеплені або відчеплені вагони за відповідним маршрутом;

$X$  - матриця кортежів, яка представляє набір змінних моделі,

при цьому блок визначення достатньо оптимального розподілу вагонів за маршрутами слідування відповідних поїздів виконаний з можливістю послідовності прикріплення вагонів та розраховує ефективність відправлення відправницьких маршрутів операторських компаній з  
25 відповідним складом вагонів.



Фіг. 1

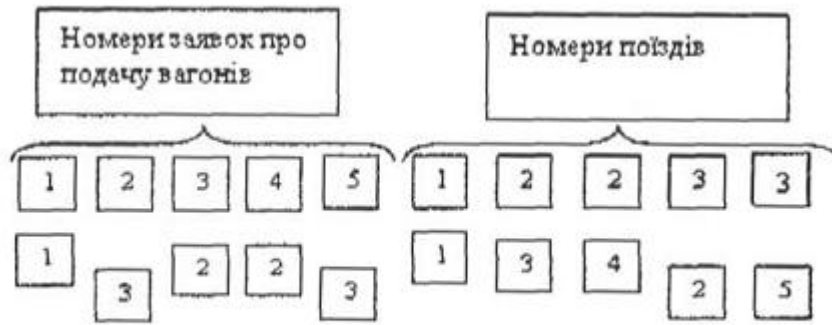


Fig. 2