



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **68848** (13) **U**
(51) МПК (2012.01)
B61L 27/00
B61L 25/00
B61L 15/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

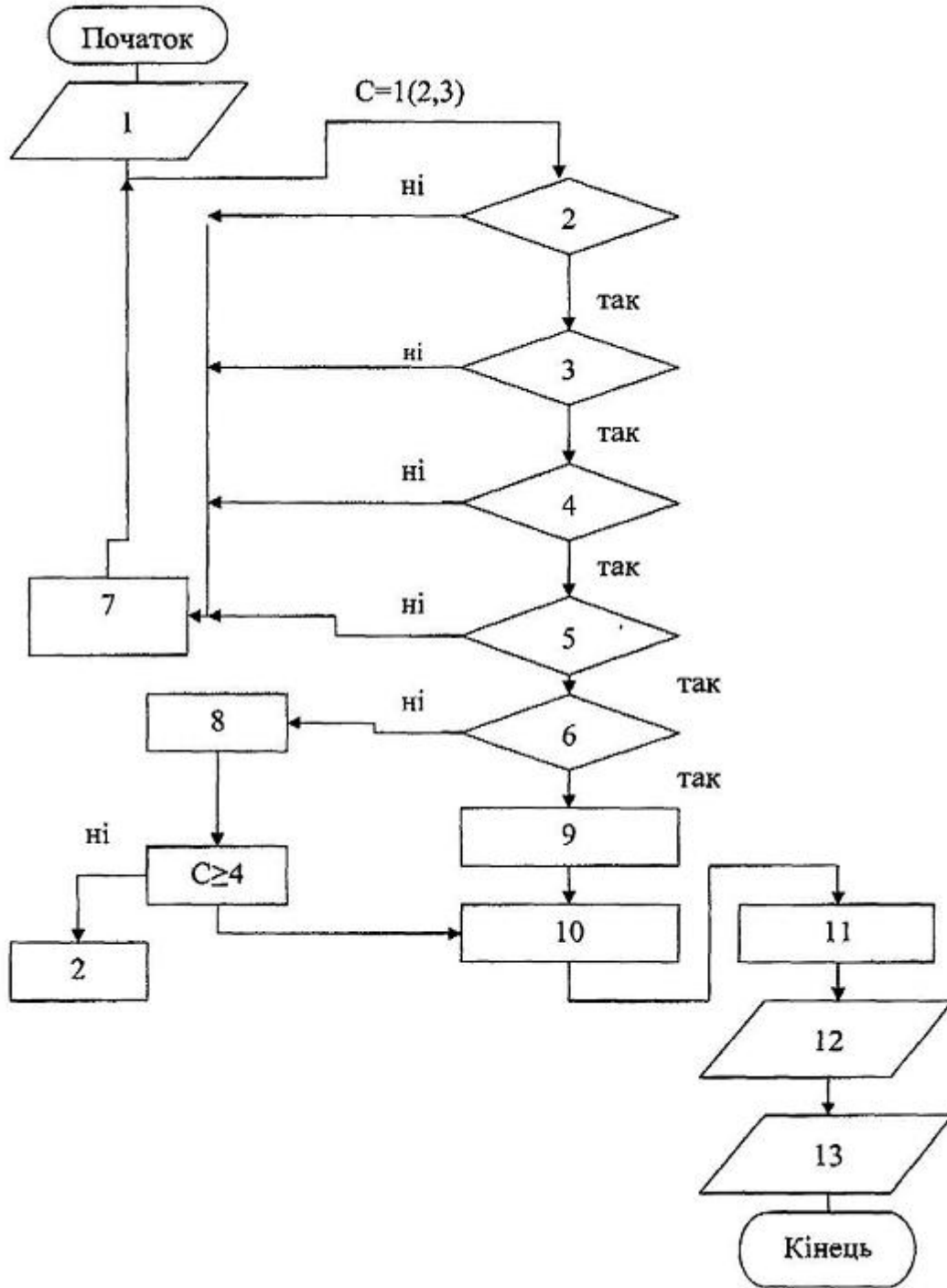
(21) Номер заявки: u 2011 12307	(72) Винахідник(и): Кулешов Антон Валерійович (UA), Кулешов Валерій Вячеславович (UA)
(22) Дата подання заявки: 20.10.2011	(73) Власник(и): УКРАЇНЬСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ, пл. Фейербаха, 7, м. Харків-50, 61050 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 10.04.2012	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.04.2012, Бюл.№ 7	

(54) АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

(57) Реферат:

Автоматизована система для визначення ресурсозберігаючої технології за допомогою імітаційного моделювання містить автоматизоване робоче місце інженера служби перевезень залізниці (АРМ Д), засоби технічного розвитку станцій у вузлах залізничної мережі; екран відображення інформації; пристрій введення початкової інформації в АС "Месплан", базу даних АРМ Д сценаріїв вагонопотоків, локальну обчислювальну мережу. Кожне (АРМ Д) сполучене з локальною обчислювальною мережею, з міні-АТС та містить персональний комп'ютер.

UA 68848 U



Корисна модель належить до залізничного транспорту, а саме до визначення ресурсозберігаючої технології роботи вантажних комплексів станцій залізничного вузла з відправлення і приймання вантажів, зокрема, визначення оптимальних обсягів, використання переробної спроможності, тривалості і послідовності технологічних операцій працівниками магістрального і промислового залізничного транспорту у вузлі за допомогою імітаційного моделювання.

Відома електронна система управління (С. Grayley. Railway Technical Review, 2005, № 3, р. 31-34. Інтернет-технології в управленні інфраструктурою [Електронний ресурс] / Железные дороги мира, № 03. - 2006. - Режим доступа: [www/URL: http://www.css-rzd.ru/zdm/2006-03/05170.htm](http://www.css-rzd.ru/zdm/2006-03/05170.htm). - Загл. с экрана), яка полягає у тому, що компанія "Vossloh Information Technologies York", Кіль, Німеччина на базі інтернет-технологій використовує електронну систему управління заявками на нитки графіка AccessPlan як для довгострокового, так і короткострокового використання інфраструктури, враховуючи заявки на виділення технологічних перерв для потреб технічних служб, які після розгляду менеджерами інфраструктури передаються в систему TrainPlan для подальшого детального планування графіка. Але відсутність заявок з боку користувачів не передбачена, зміни не узгоджуються із заявками на перевезення.

Відома система управління ВАТ "Перша вантажна компанія" використовує програмний комплекс "Єдиний реєстр вагонів" (ЄРВ ПГК), розроблений компанією ЗАТ "Интеллекс" (Єдиний реєстр вагонів ПГК работает без сбоев - разработчики [Електронний ресурс] / Журнал РЖД-Партнер, № 03, 2011. - Режим доступа: [www/URL: http://www.rzd-partner.ru/news/2011/03/01/363505.html](http://www.rzd-partner.ru/news/2011/03/01/363505.html). - Загл. с экрана). ЄРВ ПГК зберігає й підтримує в актуальному стані всю необхідну інформацію про вантажні вагони, але недоліком є невпроваджений електронний документообіг у повному обсязі.

Найбільш близьким до корисної моделі, що заявляється, за технічною суттю, призначенням і результатом, що досягається є автоматизована система організації вагонопотоків розробка ТОВ "НФВ "ТМ-Софт" з автоматизації системи управління транспортно-експедиційним підприємством "Експедитор" ТОВ "Лемтранс", м. Донецьк (КАС "Експедитор" введена в опытную эксплуатацию [Електронний ресурс]/ Официальный сайт компании "ТМСофт". - Режим доступа: [www/URL: http://www.tmsoft-ltd.com/index.php?m=news&f=Doc.View&p=news_13.0.news&lng=ru](http://www.tmsoft-ltd.com/index.php?m=news&f=Doc.View&p=news_13.0.news&lng=ru). - Загл. с экрана), включає в себе автоматизоване робоче місце інженера служби перевезень залізниці (АРМ Д), яке з'єднано каналом зв'язку з засобами технічного розвитку станцій у вузлах залізничної мережі; екран відображення інформації; пристрій введення початкової інформації в АС "Месплан" і базу даних АРМ Д сценаріїв вагонопотоків, а також локальну обчислювальну мережу, що містить програмні модулі реалізації сценаріїв, об'єктивного контролю інженера служби перевезень залізниці. Ця відома система не спрямована на визначення ефективності призначення різних категорій вантажних поїздів, перш за все кільцевих або технологічних відправницьких, ступеневих маршрутів, маршрутів у розпилування, внутрішньодорожніх, оскільки моніторинг господарських зв'язків підприємств, довгострокове прогнозування обсягів перевезень з врахуванням технічного розвитку станцій не реалізовано. Визначення та узгодження замовлень на перевезення вантажів у вагонах різних власників здійснюється в автоматизованій системі "Месплан", яка структурно не входить до новітніх розробок.

Недоліком цієї відомої системи є неможливість реалізації ресурсозбереження, а саме користувачі системи (працівники транспортно-експедиційних відділів операторських компаній, компаній-власників рухомого складу підприємств-вантажовідправників, інженерно-технічні працівники служби перевезення залізниці, дирекцій залізничних перевезень, робітники масових залізничних професій: чергові по станції прийомоздавальники, оператори станційних технологічних центрів, товарні касири, складачі поїздів та інші) у процесі роботи не отримують, а реєструють технологічні операції в електронних облікових і звітних документах на АРМ персоналу.

Задачею, поставленою в основу корисної моделі, що заявляється, є удосконалення автоматизованої системи для визначення ресурсозберігаючої технології. Поставлена задача вирішується тим, що автоматизована система для визначення ресурсозберігаючої технології здійснює за допомогою імітаційного моделювання організаційний та інформаційно-технологічний розгляд виробничого плану підприємства вантажовідправника з метою доцільності визначення маршрутного перевезення між вантажними комплексами відповідно плану формування поїздів (ПФП) та наявності жорстких ниток графіка руху поїздів (ГРП) на напрямку прямування маршрута.

Поставлена задача вирішується тим, що автоматизована система імітаційного моделювання виконана з можливістю моделювання умов визначення доцільності відправницького або

ступеневого маршруту, який базується на критерії економії експлуатаційних витрат порівняно із повагонним безмаршрутним відправленням на рівні сортувальної станції, кожне автоматизоване робоче місце інженера служби перевезень залізниці сполучене з локальною обчислювальною мережею, з міні-АТС та містить персональний комп'ютер послідовно

5

сполучений з відеомонітором головного меню автоматизованого робочого місця, причому персональний комп'ютер містить блок визначення роботи ресурсозберігаючої технології з врахуванням обсягу вантажів, переробної спроможності станцій у вузлах залізничної мережі України, технічного стану інфраструктури та рухомого складу на базі моделювання технологічних операцій.

10

Відповідно до корисної моделі, до складу системи додатково введений блок визначення роботи ресурсозберігаючої технології, який враховує обсяг вантажів, переробної спроможності станцій у вузлах залізничної мережі України, технічного стану інфраструктури та рухомого складу на базі моделювання технологічних операцій.

15

Вибір ресурсозберігаючої технології здійснюється в блоці визначення роботи

20

ресурсозберігаючої технології, робота якого показана на кресленні - граф організаційного та інформаційно-технологічного розгляду виробничого плану підприємства вантажовідправника з метою доцільності організації маршрутного перевезення між вантажними комплексами відповідно плану формування поїздів (ПФП) та наявності жорстких ниток графіка руху поїздів (ГРП) на напрямку прямування маршруту.

25

Система містить автоматизоване робоче місце інженера служби перевезень залізниці (АРМ

30

Д), яке з'єднано каналом зв'язку з засобами технічного розвитку станцій у вузлах залізничної мережі; екран відображення інформації; пристрій введення початкової інформації в АС "Месплан" і базу даних АРМ Д сценаріїв вагонопотоків, а також локальну обчислювальну мережу, що містить програмні модулі реалізації сценаріїв, об'єктивного контролю інженера служби перевезень залізниці, блок визначення роботи ресурсозберігаючої технології, який враховує обсяг вантажів, переробної спроможності станцій у вузлах залізничної мережі України, технічного стану інфраструктури та рухомого складу на базі моделювання технологічних операцій.

35

На кресленнях показано визначення ресурсозберігаючої технології за допомогою імітаційного моделювання організаційного та інформаційно-технологічного розгляду доцільності організації маршрутного перевезення між вантажними комплексами підприємств-вантажовідправників та вантажоотримувачів в маркетинговій підсистемі АС "Месплан": 1 - маркетингова оцінка обсягу вантажу з виробничого плану і моделювання заявки ГУ-114 за видами парку власника і числа вагонів маршруту, n_m при $C=1$; 2 - відповідність ГУ-114 переробній спроможності вантажного фронту відправника; 3 - відповідність ГУ-114 пропускній спроможності колійного розвитку технічних засобів вантажної станції; 4 - відповідність ГУ-114 встановленому маршруту мережного призначення ПФП; 5 - відповідність ГУ-114 пропускній спроможності маршруту прямування (дільниць, вузлів, станцій); 6 - відповідність ГУ-114 переробній спроможності вантажного фронту вантажоотримувача (порту), пропускній спроможності вантажної станції призначення; 7 - перехід до розгляду варіантного маршруту перевезень $C=C+1$; 8 - зменшення обсягу приймання вантажу та перегляд маршрутів: $n_m=n_m-m$, $C=1$; 9 - оформлення технології приймання-відправлення маршрутів ф. ГУ-12, п.1133, п.1134; 10 - оформлення проекту технології перевезень до ГІОЦ; 11 - узгодження проекту технології перевезень з ЦДП; 12 - передача узгодженої технології ЦД, ІОЦ залізниці, відправнику, отримувачу; 13 - складання дозволу на приймання обсягу вантажу до перевезення.

40

45

Визначення ресурсозберігаючої технології з врахуванням переробної спроможності вантажних комплексів відправників станцій у вузлах залізничної мережі України за допомогою імітаційного моделювання базується на автоматизованому робочому місці інженера служби перевезень залізниці (АРМ Д), яке взаємодіє з АС "Месплан", АРМ комерційних агентів, АРМ "Клієнт-УЗ" модель визначення доцільності відправницького або ступеневого маршруту при узгодженні альтернативного варіанта місячного замовлення на перевезення вантажів у вагонах будь-якої власності базується на критерії економії експлуатаційних витрат, маркетингових досліджень виробничого плану користувача залізничних послуг та ресурсів (парку вагонів).

50

55

Крім вказаних параметрів важливо врахувати додаткові чинники, а саме: зношеність інвентарного парку вагонів, залучення парку вагонів приватної компанії перевізника, пропускну спроможність колійного розвитку транспортних систем станцій і під'їзних колій, відносини між інфраструктурою залізниць, компаніями-перевізниками та користувачами залізничних послуг по використанню системи індивідуальних тарифів по днях тижня, оптимізацію використання провізної спроможності, раціоналізацію політики продаж і маркетингу. Разом із замовленням підтримується процедура складання графіка руху поїздів як систему електронного керування

60

попитом та пропозицією. Забезпечення маршрутного навантаження потребує підвезення порожніх вагонів складами встановленої довжини або групами вагонів.

5 Середньодобовий вагонопотік, який надається у заявці ГУ-114 визначається у залежності від обсягу вантажу, статичного навантаження та завдання на підвищення статичного навантаження. При щорічному та місячному визначенні перевезень запропонована модель організації відправницького маршруту, з під'їзної колії власника за винятком порожнього пробігу, у власника парка вагонів-оператора перевезень:

$$\left. \begin{aligned}
 & \text{а) по відповідності продуктивності фронтів навантаження – вивантаження,} \\
 & \text{обсягу вагонопотоку} \\
 & \frac{\Gamma}{T(q + \Delta q)} + \leq z_i \cdot \Pi_i \cdot v_i \\
 & \text{б) по економії експлуатаційних витрат на навантаження, прямування(рух),} \\
 & \text{вивантаження маршрутів} \\
 & E_{ек} = \mu(E_{прив}^{заг} - E_{прив}^{зусм}) \Rightarrow \max, \\
 & E_{прив}^{заг} = E_{нав} + E_{рух} + E_{виб}, E_{прив}^{зусм} = NL_{зустр} c_{нН}^{пор}, \\
 & E_{ек} = \mu \cdot \{TH[m(\Delta t_{нідз} c_{нН}^{пор} + c_{оч})] + t_{розф}(m \cdot c_{нН}^{пор} + c_{л-г}) + \\
 & + (c_{нН}^{вант} + c_{нН}^{пор}) \Delta t_{max} m \cdot \frac{2L}{L_{бр}} + m \cdot c_{нН}^{ван} \left(\frac{1}{V_{\delta}} - \frac{1}{V_{м}} \right) + m \Delta t_{очік} c_{нН}^{вант} - NL_{зустр} c_{нН}^{пор} \}. \\
 & \text{При обмеженнях} \\
 & 100 \leq L \leq 1200; 1 \leq N \leq 3; 25 \leq m \leq 50; 0 \leq \Delta t_{нідз} \leq 1,0; 30 \leq V_{\delta} \leq 60; \\
 & 50 \leq L_{зустр} \leq 1200; 1 \leq c_{оч} \leq 8; 0,5 \leq t_{розф} \leq 1,0; 10 \leq V_{м} \leq 30; 0,5 \leq \Delta t_{max} \leq 2,5; \\
 & 20 \leq V_{м}' \leq 40; 50 \leq L_{бр} \leq 150; 50 \leq L_{\delta} \leq 100,
 \end{aligned} \right\} (1)$$

- 10 де $E_{ек}$ - економія від організації кільцевого або технологічного маршруту відповідно, грн;
 $E_{прив}^{заг}$ - загальні витрати при організації маршруту з ознаками С1, С2, С3 у порівняно з його відсутністю, грн;
 $E_{нов}$ $E_{рух}$ $E_{виб}$ - відповідно витрати при навантаженні, прямуванні у русі, вивантаженні маршруту, грн;
- 15 Γ - обсяг вантажу, т, за період Т, діб;
 Т - величина періоду, діб;
 q - статичне навантаження, т/ваг;
 Δq - завдання по підвищенню статичного навантаження, т/ваг;
 Π_i - продуктивність вантажного фронту навантаження, ваг;
- 20 N - кількість маршрутів у заявці у середньому за добу;
 $\Pi_{марш}$ - величина середньодобового вагонопотоку, ваг;
 z_i - кількість паралельних фронтів навантаження;
 v_i - функція приналежності, що враховує нечіткість даних про зношеність механізмів на вантажному фронті;
- 25 μ - функція приналежності, що враховує нечіткість даних множини вагонопотоку;
 m - кількість вагонів у маршруті;
 L - довжина пересування маршруту, км;
 $L_{зустр}$ - величина порожнього пробігу, км;
 V_{δ} , $V_{м}$ - відповідно, дільнична та маршрутна швидкості, км/год.;
- 30 $c_{нН}^{вант}$, $c_{нН}^{пор}$, $c_{п-км}$, $c_{л-г}$ - відповідно, приведені витратні ставки на вагоно-годину (вантажного та порожнього вагона), поїздо-км, локомотиво-годину.

Модель організації кільцевого або технологічного маршруту, в т.ч. у розпилювання, відрізняється витратами на заміну складу (на один або декілька рейсів, з поверненням або ні)

на станції навантаження. Порожній пробіг є регульованим параметром у залежності від наявності попутного використання порожніх вагонів. Оскільки маршрути є як щоденними, так і періодичними, їх кількість може бути обмежена $0,1m \leq n \leq 1$. Використання цих даних не ускладнює річну, місячну, декадну, оперативну моделі організації маршрутних перевезень. У разі прямування маршрутних груп у передаточних поїздах (однорупних або групових), враховується підбірка вагонів до груп поїзда із під'їзних колій. Крім звичайних витрат на накопичення і переробку вагонів на попутних станціях враховуються витрати на пробіги вагонів і локомотивів, додаткові витрати на маневрову роботу, витрати, пов'язані з формуванням групових поїздів

10

$$E = \frac{C_{MH}^{II}}{V_{об}} L + t_{\phi}^3 C_{MH}^{II} + t_{\phi}^3 C_{MH}^{III} + t_{нд} C_{MH}^I + (t_{\phi} + t_{p\phi}) C_{MH}^I + (t_{CT}^{об} + t_{рез.проб}) C_{MH}^{III} \rightarrow \min \quad (2)$$

де $C_{MH}^I, C_{MH}^{II}, C_{MH}^{III}$ - відповідно вартість 1 локомотиво-години маневрової роботи, у тому числі причеплення-відчеплення групи від поїзду, решти роботи маневрових і передаточних локомотивів;

15 L_n - відстань обертання передаточних поїздів;

$t_{\phi}, t_{CT}, t_{рез.проб}$ - відповідно технологічний час формування, знаходження в обороті, резервного пробігу у вузлі.

Використання поширеної мережі Петрі за рахунок її розгалуженості може забезпечувати моделювання доставки відправок до станції призначення в термін; доставку з максимальною швидкістю; перевезення відправок повноваговими або повносоставними наскрізними поїздами; доставку технологічними маршрутами (або доставку з мінімумом переробок) за експертним вибором рішення при безумовному скороченні вагоно-годин. При експертному рішенні, коли групу вагонів потрібно включати до складу поїздів інших категорій, передбачено вибір сортувальної станції на шляху прямування, яка повинна обробляти групові та розбірні поїзди, згідно з функціональною моделлю діяльності сортувального комплексу. Вибір розкладу відправлення з кожної із сортувальних станцій визначається при плануванні составоутворення. Перевагу отримує варіант направлення групи вагонів поїзним або маневровим локомотивом з парку приймання до парку відправлення, де вона об'єднується з составом, що виставлений для цього з сортувального парку, коли це передбачено технологічним процесом, техніко-розпорядницьким актом станцій і відображене у складі нормативно-довідкової інформації бази даних АРМ Д сортувальної станції. Цільова функція мінімізації вагоно-години простою забезпечить виконання вимог перевезення відправлень технологічними маршрутами або принаймні з мінімумом переробок:

30

$$B = \sum_{l=1}^x \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^i X_{ijl} \cdot m_i \cdot \Delta t \rightarrow \min,$$

Обмеження задачі можна записати в такий спосіб:

1) Поїзди повинні відповідати ваговій нормі

$$\sum_i X_{ijl} \cdot m_i \cdot q_{ор}^i \leq Q_{ор}^n \text{ для кожної дуги } (i, j, t), i \neq j$$

2) Поїзди повинні відповідати нормі довжини складу L_t

$$\sum_i X_{ijl} \cdot m_i \cdot l_n^i \leq L_n \text{ для кожної дуги } (i, j, t), i \neq j$$

3) Поїзди прямують тільки за встановленим маршрутом проходження

$$X_{ijl} \leq P_{ij} \text{ для всіх } l$$

4) Відправки повинні бути доставлені в термін

$$\sum_i X_{ijl} \cdot t_{дост} = 1 \text{ для всіх } l,$$

де j – станція призначення l – тої відправки, $t_{дост}$ – час доставки l – тої відправки.

5) Не можна відправити прибулу відправку

$$\sum_i X_{ijl} = \sum_i X_{ij(t+\tau_i)l} \text{ для всіх } l, t, j.$$

6) Відправка повинна бути відправлена за заявкою станції

$$\text{відправлення } \sum_i X_{i_{омпр}, j, l} = 1 \text{ для всіх } l.$$

(3)

Для реального полігону побудований у такий спосіб граф буде містити значне число дуг і вершин, що призведе до дуже великої розмірності задачі. Для зменшення розміру графа пропонується у вихідний граф включати лише ті станції, на яких здійснюються навантаження і вивантаження (чи станції відправлення і призначення маршрутів), а також станції, на яких виконуються сортування вагонів і формування поїздів.

Жорсткий графік руху пропонується будувати в кілька етапів за наступною схемою. Спочатку зважається задача для підмножини заявок, що включає в себе регулярні заявки на ввіз. При цьому в систему обмежень включається додаткове обмеження - твердий час відправлення. На наступному етапі вирішується задача для підмножини заявок, що включає в себе регулярні заявки на перевезення на далекій відстані (вивіз). Результатом рішення стане графік руху поїздів, що прямують за межі розглянутого полігону. Стане відомо час відправлення з вантажних станцій відправок, що відповідають цим заявкам. До цього терміну повинне бути закінчене навантаження.

Відповідно на останньому етапі вирішується задача забезпечення навантаження порожніми вагонами, що може бути вирішена симплекс-методом рішення задачі лінійного програмування. При цьому варто враховувати можливість доповнення порожніми вагонами неповносоставних поїздів, що слідують по нитках графіка, прокладеним на попередніх етапах. У такий же спосіб будується графік для регулярних місячних заявок і вирішується задача забезпечення навантаження порожніми вагонами.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Автоматизована система для визначення ресурсозберігаючої технології за допомогою імітаційного моделювання, що містить автоматизоване робоче місце інженера служби перевезень залізниці (АРМ Д), засоби технічного розвитку станцій у вузлах залізничної мережі, екран відображення інформації, пристрій введення початкової інформації в АС "Месплан" і базу даних АРМ Д сценаріїв вагонопотоків, а також локальну обчислювальну мережу, що містить

програмні модулі реалізації сценаріїв, об'єктивного контролю інженера служби перевезень залізниці, яка **відрізняється** тим, що автоматизована система імітаційного моделювання виконана з можливістю моделювання умов визначення доцільності відправницького або ступеневого маршруту, який базується на критерії економії експлуатаційних витрат порівняно із повагонним безмаршрутним відправленням на рівні сортувальної станції, кожне автоматизоване робоче місце інженера служби перевезень залізниці сполучене з локальною обчислювальною мережею, з міні-АТС та містить персональний комп'ютер, послідовно сполучений з відеомонітором головного меню автоматизованого робочого місця, причому персональний комп'ютер містить блок визначення роботи ресурсозберігаючої технології з врахуванням обсягу вантажів, переробної спроможності станцій у вузлах залізничної мережі України, технічного стану інфраструктури та рухомого складу на базі моделювання технологічних операцій, де модель визначення доцільності відправницького або ступеневого маршруту при узгодженні альтернативного варіанта місячного замовлення на перевезення вантажів належить до парку вагонів будь-якої державної власності та ґрунтується на критерії економії експлуатаційних витрат при маршрутному відправленні порівняно з безмаршрутним відправленням

$$\left. \begin{aligned} E_{mn} &= F[E_{mc} + E_{dn} + E_{dv} - (E_{mn} + E_{mv})] \rightarrow \max \\ &\text{При обмеженнях} \\ N_{\text{фр}}^{\text{нав}} &\geq m/c; k_{\text{тех}} \geq 1; N_{\text{фр}}^{\text{виг}} \geq m/c; \end{aligned} \right\} (1)$$

де E_{mn} - очікувана економія експлуатаційних витрат, грн;

E_{mc} , E_{dn} , E_{dv} - відповідно економія на попутних технічних станціях, вузлі (дільниці) навантаження, вузлі (дільниці) вивантаження, грн;

E_{mn} - додаткові витрати на станції (станціях) навантаження та на під'їзній колії клієнта, грн;

E_{mv} - додаткові витрати на станції (станціях) вивантаження та на під'їзній колії клієнта, грн;

m - норма кількості вагонів у маршруті згідно з планом формування поїздів (ПФП);

$k_{\text{тех}}$ - число попутних технічних станцій, які маршрут проходить без переробки,

при щорічному та місячному визначенні перевезень запропонована модель організації відправницького маршруту з під'їзної колії власника за винятком порожнього пробігу у власника парку вагонів-оператора перевезень

а) по відповідності продуктивності фронтів навантаження – вивантаження, обсягу вагонопотоку

$$\frac{\Gamma}{T(q + \Delta q)} + \leq z_i \cdot \Pi_i \cdot v_i$$

б) по економії експлуатаційних витрат на навантаження, прямування(рух), вивантаження маршрутів

$$E_{ек} = \mu(E_{\text{прив}}^{\text{заг}} - E_{\text{прив}}^{\text{зустр}}) \Rightarrow \max,$$

$$E_{\text{прив}}^{\text{заг}} = E_{\text{нав}} + E_{\text{рух}} + E_{\text{виг}}, E_{\text{прив}}^{\text{зустр}} = NL_{\text{зустр}}c_{\text{нН}}^{\text{nop}},$$

$$E_{ек} = \mu \cdot \{TN[m(\Delta t_{\text{нідг}} c_{\text{нН}}^{\text{nop}} + c_{\text{оч}})] + t_{\text{розф}}(m \cdot c_{\text{нН}}^{\text{nop}} + c_{\text{л-г}}) +$$

$$+ (c_{\text{нН}}^{\text{вант}} + c_{\text{нН}}^{\text{nop}})\Delta t_{\text{тех}} m \cdot \frac{2L}{L_{\text{бр}}} + m \cdot c_{\text{нН}}^{\text{ван}} \left(\frac{1}{V_{\text{д}}} - \frac{1}{V_{\text{м}}} \right) + m\Delta t_{\text{очік}} c_{\text{нН}}^{\text{вант}} - NL_{\text{зустр}}c_{\text{нН}}^{\text{nop}} \},$$

При обмеженнях

$$100 \leq L \leq 1200; 1 \leq N \leq 3; 25 \leq m \leq 50; 0 \leq \Delta t_{\text{нідг}} \leq 1,0; 30 \leq V_{\text{д}} \leq 60;$$

$$50 \leq L_{\text{зустр}} \leq 1200; 1 \leq c_{\text{оч}} \leq 8; 0,5 \leq t_{\text{розф}} \leq 1,0; 10 \leq V_{\text{м}} \leq 30; 0,5 \leq \Delta t_{\text{тех}} \leq 2,5;$$

$$20 \leq V_{\text{м}}' \leq 40; 50 \leq L_{\text{бр}} \leq 150; 50 \leq L_{\text{д}} \leq 100,$$

(2),

де $E_{ек}$ - економія від організації кільцевого або технологічного маршруту відповідно, грн;

$E_{прив}^{заг}$ - загальні витрати при організації маршруту з ознаками С1, С2, С3 порівняно з його відсутністю, грн;

$E_{нав}$ $E_{рух}$ $E_{вив}$ - відповідно витрати при навантаженні, прямуванні у русі, вивантаженні маршруту, грн;

Γ - обсяг вантажу, т, за період T , діб;

T - величина періоду, діб;

q - статичне навантаження, т/ваг;

Δq - завдання по підвищенню статичного навантаження, т/ваг;

10 Π_i - продуктивність вантажного фронту навантаження, ваг;

N - кількість маршрутів у заявці у середньому за добу;

$n_{марш}$ - величина середньодобового вагонопотоку, ваг;

z_i - кількість паралельних фронтів навантаження;

15 v_i - функція приналежності, що враховує нечіткість даних про зношеність механізмів на вантажному фронті;

μ - функція приналежності, що враховує нечіткість даних множини вагонопотоку;

m - кількість вагонів у маршруті;

L - довжина пересування маршруту, км;

$L_{зустр}$ - величина порожнього пробігу, км;

20 V_o, V_m - відповідно, дільнична та маршрутна швидкості, км/год.;

$C_{нн}^{вант}$, $C_{нн}^{пор}$, $C_{н-км}$, $C_{л-2}$ - відповідно, приведені витратні ставки на вагоно-годину (вантажного та порожнього вагона), поїздо-км, локомотиво-годину, крім звичайних витрат на накопичення і переробку вагонів на попутних станціях враховуються витрати на пробіги вагонів і локомотивів, додаткові витрати на маневрову роботу, витрати, пов'язані з формуванням групових поїздів:

$$E = \frac{C_{MH}^{II}}{V_{об}} L + t_{\phi}^3 C_{MH}^{II} + t_{\phi}^3 C_{MH}^{III} + t_{но} C_{MH}^I + (t_{\phi} + t_{рф}) C_{MH}^I + (t_{СТ}^{об} + t_{рез.проб}) C_{MH}^{III} \rightarrow \min, (3)$$

де C_{MH}^I , C_{MH}^{II} , C_{MH}^{III} - відповідно вартість 1 локомотиво-години маневрової роботи, у тому числі причеплення-відчеплення групи від поїзду, решти роботи маневрових і передаточних локомотивів;

L_n - відстань обертання передаточних поїздів;

30 t_{ϕ} , $t_{ст}$, $t_{рез.проб}$ - відповідно технологічний час формування, знаходження в обороті, резервного пробігу у вузлі,

цільова функція мінімізації вагоно-години простою забезпечить виконання вимог перевезення відправлень технологічними маршрутами або принаймні з мінімумом переробок,

$$B = \sum_{l=1}^x \sum_{j=1}^m \sum_{t=1}^i X_{ijl} \cdot m_i \cdot \Delta t \rightarrow \min,$$

Обмеження задачі можна записати в такий спосіб:

3) Поїзди повинні відповідати ваговій нормі

$$\sum_i X_{ijl} \cdot m_i \cdot q_{op}^i \leq Q_{op}^n \text{ для кожної дуги } (i, j, t), i \neq j,$$

4) поїзди повинні відповідати нормі довжини складу L_t

$$\sum_i X_{ijl} \cdot m_i \cdot l_s \leq L_n \text{ для кожної дуги } (i, j, t), i \neq j,$$

3) поїзди прямують тільки за встановленим маршрутом проходження

$$X_{ijl} \leq P_{ij} \text{ для всіх } l,$$

4) відправки повинні бути доставлені в термін

$$\sum_i X_{ijl} \cdot t_{дост} = 1 \text{ для всіх } l,$$

де j – станція призначення l – тої відправки, $t_{дост}$ – час доставки l – тої відправки,

7) Не можна відправити прибулу відправку

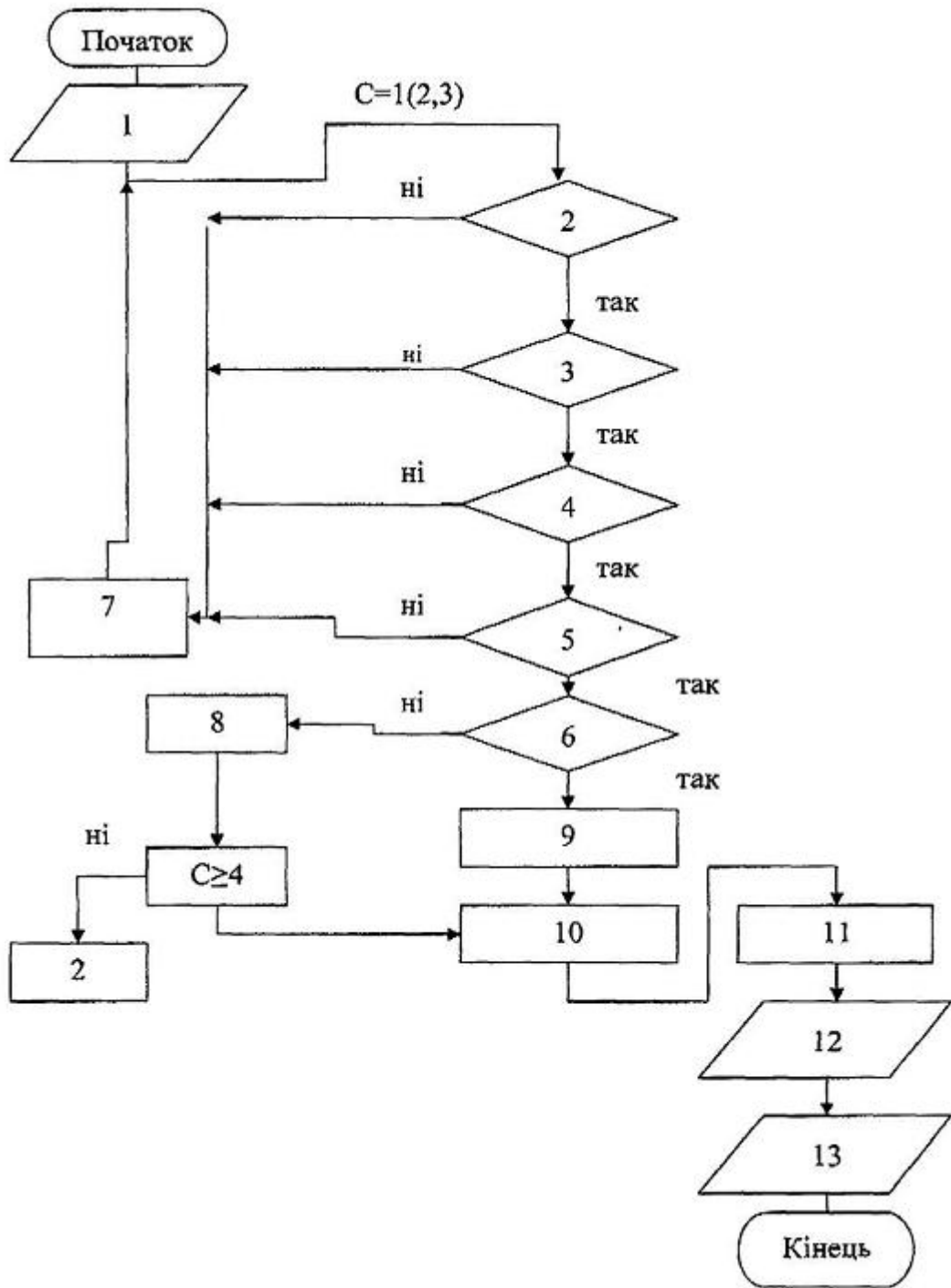
$$\sum_i X_{ijl} = \sum_i X_{ij(t+\tau_i)l} \text{ для всіх } l, t, j,$$

8) відправка повинна бути відправлена за заявкою станції

$$\text{відправлення } \sum_i X_{i_{отпр}, jtl} = 1 \text{ для всіх } l,$$

(4)

для реального полігона оптимізації слід число дуг і вершин обмежити тільки станціями навантаження та вивантаження маршруту та сортувальними станціями на шляху прямування вагонопотоку.



Комп'ютерна верстка Л.Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601