

**Формалізовано процес маршрутизації перевезень на основі концепції спеціалізації залізничної інфраструктури за її призначенням. Розроблено математичну модель для визначення параметрів оптимальної технології маршрутизації поїздопотоків в мережі ієрархічної структури за умови моделювання різних варіантів режимів руху і доступу до залізничних дільниць**

**Ключові слова:** маршрутизація перевезень, залізнична інфраструктура, багатоплановий граф, пропускна спроможність

**Формализован процесс маршрутизации перевозок на основе концепции специализации железнодорожной инфраструктуры по ее назначению. Разработана математическая модель для определения параметров оптимальной технологии маршрутизации поездов в сети иерархической структуры при условии моделирования различных вариантов режимов движения и доступа к железнодорожным участкам**

**Ключевые слова:** маршрутизация перевозок, железнодорожная инфраструктура, многослойный граф, пропускная способность

УДК 656.2

# ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ МАРШРУТИЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ОСНОВІ КОНЦЕПЦІЇ СПЕЦІАЛІЗАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

**А. В. Прохорченко**

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра управління експлуатаційною роботою  
Українська державна академія залізничного

транспорту

Майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61166

Контактний тел.: 066-635-76-01

E-mail: railwayhub@yandex.ru

## 1. Вступ і актуальність теми

Створення в процесі реформування залізниць України моделі організації перевезень, що передбачає розділення двох функцій: “інфраструктури” та “експлуатації”, призведе до утворення нового сектору на ринку транспортних перевезень, який заснований на стягненні плати за доступ до інфраструктури ліній (англ., train path system, TPS) [1, 2]. В таких умовах для компанії, що управляє залізничною мережею України, великого значення набувають питання, пов’язані з оптимізацією витрат на експлуатацію інфраструктури мережі при одночасному підвищенні ефективності її використання.

## 2. Постановка проблеми

Практика експлуатації залізничної мережі України за концепцією змішаного руху пасажирських і вантажних поїздів без розділення поїздопотоків різних типів для надання більш якісних послуг з перевезення доводить свою неефективність. Очевидно, що система організації перевезень на основі продажу пропускної спроможності залізничної інфраструктури вимагає відмови від моделі перевезень за найкоротшими відстанями і, як наслідок, від застосування плану формування поїздів для маршрутних перевезень. За таких умов, компанії-перевізники при відсутності навіязаного зовнішньою дією порядку будуть формувати схеми направлення своїх поїздопотоків відповідно до власних економічних потреб на основі узгодження заявок перевізників з технічними і технологічними

можливостями залізничної інфраструктури. Вимоги перевізників до маршрутів слідування поїздів характеризуються різними швидкостями руху та розрізняються за видами перевезень, що вимагає спеціалізації інфраструктури дільниць та напрямків в цілому.

Для пошуку нових форм управління мережею, що дозволять краще враховувати інтереси перевізників, необхідним є теоретичне обґрунтування підходу щодо розвитку та експлуатації мережі на основі поділу руху за видами перевезень для поетапного створення наскрізних спеціалізованих підмереж з виділеними транспортними коридорами, що відповідають встановленим умовам режиму руху і доступу до них, та дозволять підвищити пропускну спроможність мережі в цілому і зменшити витрати на утримання та подальшу модернізацію всієї інфраструктури залізниць.

## 3. Вирішення проблеми

Для вирішення поставленої наукової проблеми запропоновано формалізувати процес функціонування залізничної мережі в умовах концентрації основних обсягів вантажного, пасажирського, транзитного руху на спеціалізованих дільницях. Враховуючи необхідність декомпозиції розгалуженої залізничної мережі за транспортно-експлуатаційними якостями і споживчими властивостями, в роботі запропоновано використати концепцію ієрархічного представлення мережі, що дозволяє розглядати сільову структуру мережі у вигляді чотирьох рівнів функціонування ( $l=1,4$ ) з відповідним технічним оснащенням:

- змішаний рух (звичайні умови руху вантажних та пасажирських поїздів, без утримання технічного оснащення для категорій поїздів високого пріоритету,  $l=1$ );

- переважно вантажний рух (частка вантажного руху 70% і більше від загальної вантажонапруженості, технічне оснащення інфраструктури повинне забезпечувати високі тонно-осьові навантаження для пропуску вантажних поїздів підвищеної ваги і довжини,  $l=2$ );

- переважно пасажирський рух (частка пасажирського руху 70% і більше від загальної вантажонапруженості, можливість інфраструктури дозволяє здійснювати пропуск поїздів зі швидкістю до 160 км/год, відсутність великовагових поїздів,  $l=3$ );

- магістральні напрямки, або транспортні коридори ( $l=4$ ), утворюють на верхньому рівні мережі сітьову структуру для обслуговування системних транзитних перевезень. По суті це технологічні лінії пропуску поїздопотоків з чітко розробленою логістикою, що виражаються в кількості наскрізних ниток графіку руху або, так звана, частка пропускної спроможності, що виділена для залізничного магістрального напрямку.

Запропоновану багаторівневу структуру функціонування залізничної мережі можна представити у вигляді багатопланового графу  $G(D,V,E)$  з множиною підграфів  $D = \{D_0, D_1, D_2, \dots, D_l\}$ ,  $D_l = (V, E_l)$  – підграф, що описує структуру мережі на рівні функціонування  $l$ , тоді вершини графа  $v^k \in V$ ,  $k \in K$  представляють собою стоволову структуру, до якої на різних рівнях примикають дуги, що описують існування відповідного виду перевезень [2,3]. Нижнім шаром графу  $G(D,V,E)$  є підграф  $D_{l=0} = (V, E_{l=0})$ , що описує рівень фізичної топології залізничної мережі або інфраструктуру мережі. Вершини підграфа  $D_{l=0}$  відповідають вузлам фізичної мережі, тобто залізничним станціям, які є обмежувачами для утворення поїздодільниць. Враховуючи технологічні особливості роботи станцій на мережі, всю множину вершин графа можна розділити на дві підмножини  $V^k = V^{k,h=1} \cup V^{k,h=2}$ , де  $h$  – множинна вершин відповідно першого і другого типів.  $V^{k=1} = \{v_q^1\}$  – множина вершин, що відповідає станціям зародження або призначення поїздопотоків (джерело-стік),  $q \in Q$ ,  $V^{k=2} = \{v_q^2\}$  – множина вершин, що відповідає транзитним технічним станціям.  $\cup$  – знак об'єднання множин. Під топологічним ребром  $e_{ij}^{l=0} \in E_{l=0}$ ,  $ij \in n$  слід розуміти поїздодільницю, що характеризується приблизно однаковими умовами експлуатації, і обмежується технічними станціями (дільничні, сортувальні) або станціями обертву локомотивів, станціями перелому маси поїзда тощо.

Для моделювання різних варіантів функціонування поїздодільниць для кожного ребра шару  $l=0$  підграфу  $D_{l=0}$  введемо змінну функцію

$$\delta_{ij}^{l=0} = \begin{cases} 1, & \text{змішаний рух,} \\ 2, & \text{переважно вантажний рух,} \\ 3, & \text{переважно пасажирський рух} \end{cases}$$

Змодельовані варіанти режимів експлуатації дільниць по суті утворюють горизонтальні зв'язки в підграфах  $D_l = (V_l, E_l)$ ,  $l=1,3$ , що описують відповідні лінійні рівні функціонування мережі. Окремо для формування наскрізних спеціалізованих підмереж верхнього

рівня з виділеними коридорами (магістральними напрямками) необхідним є визначити змінну

$$S_{l=4}^{ij} = \begin{cases} 1, & \text{магістральний напрямок,} \\ 0 & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

Відокремлене присвоєння дільницям рівня магістралі дозволяє накладати на діючу технологію обслуговування поїздопотоків, відповідно до режиму функціонування дільниці, частку поїздопотоків вищого пріоритету з необхідністю інтенсифікації існуючої технології роботи.

Міжрівневий зв'язок між підграфами запропоновано описати вертикальними ребрами  $e_{lm}^k$ , що проєктуються в точку на проєкції вершин фізичного підграфу, де  $l$  та  $m$  – індекси, що описують відповідно нижній і верхній рівні багатопланового графу  $G(D,V,E)$ ,  $k$  – номер вершини фізичного підграфу, що є стовбуром графу  $G$ .

Розглянемо детальніше потокову модель та особливості її застосування для багаторівневої структури функціонування залізничної мережі у вигляді графу. Позначимо через  $f^{st}$  інтенсивність поїздопотоків  $g$ -того типу із вершини-джерела  $v^s$  ( $s=1,w$ ), що є початковою станцією слідування поїздів у вершину-стік  $v^t$  ( $t=1,w$ ), що є станцією призначення поїздопотоків, а через  $x_l^{ij, st}$  – поїздопотік по ребру  $e_l^{ij}$ , що відповідає кількості поїздів  $g$ -того типу із  $v^s$  в  $v^t$ , які прямують із  $v^i$  в  $v^j$  в підграфі рівня  $l$  ( $g=1$  – потік пасажирських поїздів;  $g=2$  – потік вантажних поїздів). Тоді, величину поїздопотоків, що проходить по вертикальним ребрам  $e_{lm}^k$ , можна записати як  $x_{lm}^{k, st}$ .

Кількісно інтенсивність поїздопотоків  $f^{st}$  на мережі повинна відповідати заданій величині вимог на просування поїздопотоків  $H^{st}$ , за таких умов необхідним є дотримання обмеження  $f^{st} = H^{st}$ .

Застосовуючи можливість об'єднання функціональних рівнів в одну єдину комплексну мережу для кожного стовбура, що вироджується, у вузол  $v^k$  слід записати умову збереження потоків [5, 6]

$$\sum_{l,l>0} \sum_i x_l^{ij, st} - \sum_{l,l>0} \sum_u x_l^{ju, st} = \begin{cases} -f^{st}, & \text{якщо } j = s, \\ 0, & \text{якщо } j \neq s, t, \\ f^{st}, & \text{якщо } j = t. \end{cases} \quad (1)$$

$$0 \leq x_l^{ij, st} \leq H^{st}.$$

Перший операнд відповідає двом сумах, що беруться по ребрам  $V$ , через які поїздопотіки прямують у вузол  $v^k$  і відповідно по всім функціональним рівням  $l$  графової структури. Тоді другий операнд – по ребрам  $u$ , через які поїздопотіки виходять із вузла  $v^k$  і також по всім функціональним рівням  $l$ .

Структурно поїздопотік може прямувати за декількома маршрутами від  $v^i$  до  $v^j$ , що проходять як на одному підграфі  $D_{l,l>0}$ , так і на різних шарах графу  $G(D,V)$ , але необхідним є дотримання умови розподілення потоку  $f^{st}$  на складові  $f^{st} = \sum_{\mu_{s,t}^r \in M^{st}} f_{\mu_{s,t}^r}^{st}$ , де  $f_{\mu_{s,t}^r}^{st}$  – доля потоку  $f^{st}$ , що слідує за маршрутом  $\mu_{s,t}^r$  різних поїздів. Маршрут поїзда  $\mu_{s,t}^r$  від пункту управління  $s$  до пункту призначення  $t$  є впорядкованою множиною ребер:  $\mu_{s,t}^r = (e_1^{s1}, \dots, e_{ij}^{ij}, \dots, e_1^t)$ ,  $\forall e_{ij}^{ij} \in \mu_{s,t}^r$ .

Вище викладене описання структури функціонування залізничної мережі у вигляді багатшарового графу наведено на рис. 1.

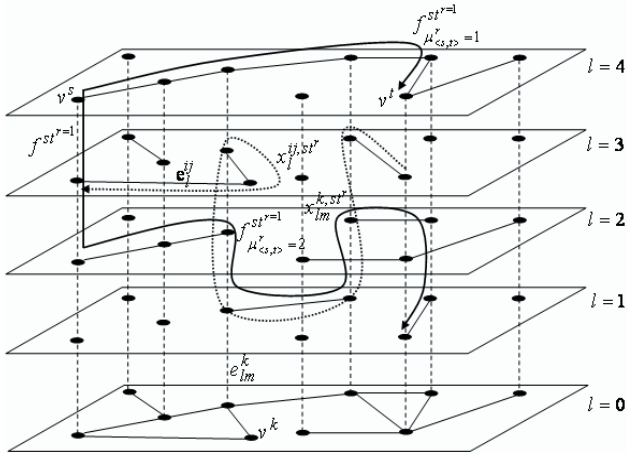


Рис. 1. Структура функціонування залізничної мережі у вигляді багатшарового графу  $G(D,V,E)$

Для опису можливостей інфраструктури залізничної мережі запропоновано топологічним ребрам  $e_{l=0}^{ij}$  присвоїти параметр  $N_{пар}^{ij}$ , що характеризує наявну пропускну спроможність ребра  $e_{l=0}^{ij}$  при паралельному графіку руху поїздів [7]. Слід зазначити, що рух по всім топологічним ребрам дозволений в обох напрямках.

Отже, незалежно від типу дільниці – одноколійна або двоколійна, пропускну спроможність повинна бути визначена в кількості вантажних поїздів відповідно до напрямку руху, якщо дільниця змішаного або переважно вантажного руху.

У випадку переважно пасажирського руху наявна пропускну спроможність визначається кількістю пасажирських поїздів.

Спираючись на змодельований режим функціонування кожної поїздоїдільниці, в моделі повинно здійснюватись обчислення обмежень на розподіл пропускну спроможності по кожному підграфу  $D_l=(V_l,E_l)$ ,  $l=1,3$ , що описує відповідний лінійний рівень функціонування мережі за виразами:

$$\text{Якщо } \delta_{l=0}^{ij} = 1, \text{ то } \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} [x_{l=1}^{ij, st, r=1} + \xi_{ij}^{st} x_{l=1}^{ij, st, r=2}] \leq N_{пар}^{ij} ; \quad (2)$$

$$\text{Якщо } \delta_{l=0}^{ij} = 2, \text{ то } 0,7 \cdot N_{пар}^{ij} \leq \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} x_{l=2}^{ij, st, r=1} \leq N_{пар}^{ij} ; \quad (3)$$

$$\sum_{s \in S} \sum_{t \in T} \xi_{ij}^{st} x_{l=2}^{ij, st, r=2} < 0,7 \cdot N_{пар}^{ij} ; \quad (4)$$

$$\text{Якщо } \delta_{l=0}^{ij} = 3, \text{ то } 0,7 \cdot N_{пар}^{ij} \leq \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} \xi_{ij}^{st} x_{l=3}^{ij, st, r=2} \leq N_{пар}^{ij} ; \quad (5)$$

$$\sum_{s \in S} \sum_{t \in T} x_{l=3}^{ij, st, r=1} < 0,7 \cdot N_{пар}^{ij} , \quad (6)$$

де  $\xi_{ij}^{st}$  – коефіцієнт знімання поїздами вищої категорії поїздів нижчої категорії.

За таких умов на магістральному рівні частку пропускну спроможності можна визначити відповідно до виразу

$$\sum_{s \in S} \sum_{t \in T} \xi_{ij}^{st} x_{l=4}^{ij, st, r=1} < \min_{e_{ij}^{st} \in \mu_{cs,rs}^k} \left( N_{пар}^{ij} - \sum_{s \in S} \sum_{t \in T} [x_{l=1}^{ij, st, r=1} + \xi_{ij}^{st} x_{l=1}^{ij, st, r=2}] \right) , \quad (7)$$

По суті за кожним формалізованим варіантом розподілу поїздопотоків по рівням функціонування мережі виконується умовне розбиття загальної пропускну спроможності дільниці на області – “слоти” пропускну спроможності відповідно до режиму функціонування дільниць та типів поїздопотоків, що прослідують через них (рис. 2).

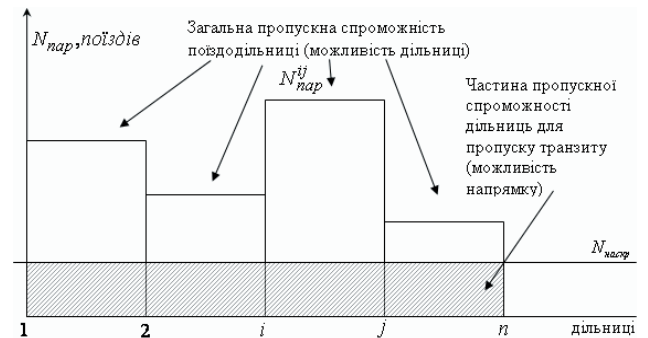


Рис. 2. Діаграма розподілу пропускну спроможності залізничної інфраструктури  $N_{пар}$  від кількості поїздоїдільниць  $i=1, n$  на напрямку

Окрім обмежень на розподіл пропускну спроможності інфраструктури залізничної мережі одним із найбільш важливих вимог при здійсненні вибору режимів функціонування залізничних дільниць є забезпечення живучості багаторівневої структури функціонування залізничної мережі.

Під живучістю (англ. robustness) слід розуміти спроможність залізничної мережі зберігати і відновлювати виконання основних функцій (пропуск поїздів) в заданому обсягу і на протязі встановленого часу у випадку зміни структури та умов її функціонування внаслідок виникнення транспортних подій та технічних збоїв. Найбільш прийнятною мірою живучості залізничної мережі є коефіцієнт реберної зв'язності структури мережі  $k_{зв}$  [6, 8]. Реберна зв'язність графа  $G(D,V, )$  визначається як мінімум реберної зв'язності  $R_{ij}$  для всіх можливих пар вершин  $i$  та  $j$ , тобто  $k_{зв} = \min_{ij} R_{ij}$ .

Очевидно, що для забезпечення живучості мережі прийнятним є створення такої багаторівневої структури функціонування залізничної мережі, за якою для кожного  $g$ -го типу поїздопотоків існує як мінімум два паралельних напрямки пропуску потоку поїздів між  $s$  та  $t$ . За таких умов, коефіцієнт зв'язності структури мережі відповідно до типу поїздопотоків повинен відповідати умові

$$k_{зв}^r \geq k_{зад}, (k_{зад} = 2) . \quad (8)$$

В умовах конкуренції на ринку перевезень окрім вимог до просторового переміщення поїздопотоків в

мережі важливим для компаній-операторів є фактор точності переміщення [9], тобто дотримання строків прибуття поїзних формувань у пункт призначення. Для запису даного обмеження кожній дільниці відповідно до рівня її функціонування поставлена у відповідність середня дільнична швидкість руху поїзда встановленого типу  $v_{l,l>0}^{ij,r}$ , км/год. Знаючи довжину  $Dist_{ij}$  кожного топологічного ребра  $e_{l=0}^{ij}$  та спираючись на встановлені умови пропуску потоку через зарезервовану частку пропускну спроможності рівня  $l>0$  можна визначити час слідування поїзда по дільниці мережі за виразом  $t_{l,l>0}^{ij,r} = Dist_{ij} / v_{l,l>0}^{ij,r}$ , год. Тоді час слідування потоку типу  $r$  від  $s$  до  $t$  можна розрахувати за виразом  $t^{st,r} = \sum_{l,l>0} \sum_i \sum_j t_{l,l>0}^{ij,r} \gamma_{l,l>0}^{ij,st,r} + \sum_{l,l>0} \frac{S_{l,l>0}^{st,r}}{I_{l,l>0}^{tex,st,r}} t_{tex} + \sum_k \gamma_{l,m}^{k,st,r} t_{lm}^{k,st,r}$ , де  $\gamma_{l,l>0}^{ij,st,r}$  – функція, що приймає одиничне значення у випадку проходження поїздопотоків відповідно по дільниці  $ij$  та вертикальному ребру  $e_{lm}^k$ , та нуль в іншому випадку;  $S_{l,l>0}^{st,r} = \sum_i \sum_j t_{l,l>0}^{ij,r} \gamma_{l,l>0}^{ij,st,r}$  – час слідування поїздопотоків  $st$  по підграфу рівня  $l$ , год;  $I_{l,l>0}^{tex,st,r}$  – середній час між зупинками поїзда на технічних станціях підграфу рівня  $l$ , що залежить від прийнятої довжини пліч роботи локомотивів та локомотивних бригад (для кожного рівня має різні значення), год;  $t_{tex}$  – середній простій состава на технічній станції, год;  $t_{lm}^{k,st,r}$  – час очікування (простою) поїздом “нитки” графіку на станції  $k$  для відправлення на дільницю з іншим режимом руху.

Практика організації руху поїздів свідчить про неможливість постійного дотримання чітко визначеного часу прибуття поїзда в пункт призначення. Основою забезпечення стабільності виконання строків прибуття поїздів на маршруті є встановлений час відправлення поїзда по станції формування та гарантований інтервал прибуття даного поїзда в межах часового коридору  $[T_{min}^{st,r}, T_{max}^{st,r}]$  на рівні виконання графіку руху не нижче 95%. Отже, умова на дотримання строків прибуття поїзних формувань у пункт призначення має вид

$$T_{min}^{st,r} \leq t^{st,r} \leq T_{max}^{st,r}, \tag{9}$$

де  $T_{min}^{st,r}, T_{max}^{st,r}$  – встановлені нормативні межі тривалості слідування поїздопотоків типу  $r$  між пунктом відправлення і прибуття, год.

В умовах розділення функцій управління інфраструктурою та здійснення експлуатаційної діяльності критерієм, що найбільш повно оцінює ефективність перевізного процесу на мережі, є витратна функція виду

$$F = \sum_r \left[ \underbrace{\sum_{s,t} \sum_{l,l>0} \sum_i \sum_j \sum_{l=\delta_{ij}^0} C_{l=0}^{ij,r} x_l^{ij,st,r} Dist_{ij}}_{\text{поїзд-км}} + \underbrace{\sum_{q,s,t} C_q^r \cdot t^{st,r} x^{st,r}}_{\substack{\text{ост-год, лок-год,} \\ \text{бриг-год}}} + \underbrace{C_{\text{штраф}}^r \sum_{s,t} \max\{0, T_{min}^{st,r} - t^{st,r}, t^{st,r} - T_{max}^{st,r}\}}_{\text{штраф за затримку}} \right] \rightarrow \min, \tag{10}$$

де  $C_{l=\delta_{ij}^0}^{ij,r}$  – одинична витратна ставка вартості поїздо-км, що залежать від режиму функціонування дільниць та типу поїздопотоків, грн.;

$C_q^r$  – одинична витратна ставка  $q = \overline{1, Q}$ , відповідно вартість составо-год, лок-год, бригадо-год, грн.;

$C_{\text{штраф}}^r$  – вартість штрафу за недотримання строку прибуття поїзда, грн. за годину.

Дана витратна функція (10) дозволяє врахувати вартість просторового переміщення поїздопотоків (витрати на інфраструктуру), вартість тривалості знаходження поїзда на маршруті (витрати перевізників) та штрафні санкції за недотримання точності прибуття поїздів (конкурентоспроможність залізничного транспорту).

Запропонована модель з цільовою функцією (10) та обмеженнями на збереження потоків в мережі; розподіл пропускну спроможності залізничної інфраструктури; дотримання умов забезпечення живучості мережі відноситься до класу комбінаторних задач оптимізації і є NP-повною.

Суть рішення задачі зводиться до пошуку розподілу багатопродуктового потоку в мережі ієрархічної структури за умови моделювання різних варіантів режимів руху і доступу до залізничних дільниць. Для рішення розробленої моделі запропоновано використати дослідження в області “Natural Computing”, зокрема метод оптимізації на основі штучних імунних систем [10].

#### 4. Висновки

Формалізація процесу структурного синтезу залізничної мережі на основі концепції спеціалізації залізничної інфраструктури за її призначенням дозволить автоматизувати процес визначення параметрів оптимальної технології маршрутизації поїздопотоків та раціонально перерозподілити пропускну спроможність залізничної мережі для більш ефективної стратегії управління активами.

Встановлення найбільш вигідної системи обслуговування маршрутних перевезень надає можливість визначити технічні і технологічні можливості залізничної мережі, які більш наближені до потреб ринку перевезень.

Після заявлених можливостей і при відсутності останніх компанія, що управляє інфраструктурою, повинна відмовитись від узгодження заявки на перевезення.

Таким чином, на відміну від існуючої системи перевезень, за якою нормативно встановлюється маршрут слідування поїздопотоків, запропонований підхід дозволяє здійснювати перевізнику вибір маршруту, тобто надається портфель послуг на обслуговування маршрутних перевезень.

В подальших дослідженнях запропоновано реалізувати механізм проведення розрахунків для мереж великої розмірності.

Одним із таких напрямків є реалізація розробленої моделі в термінах штучних імунних систем.



## Література

1. Закон України «Про особливості утворення публічного акціонерного товариства залізничного транспорту» від 23.02.2012 р. № 4442-IV Верховна Рада України Голос України 2012, N51 від 21.03.2012.
2. Директива 2001/14/ЄС Європейського парламенту та Ради від 26 лютого 2001 року Про розподілення пропускної можливості залізничної інфраструктури, стягнення зборів за користування залізничною інфраструктурою та сертифікації на відповідність вимогам безпеки. Офіційний Вісник. – 2001. – L 75. – С. 29.
3. Capone, A. Multi-Layer Network Design with Multicast Traffic and Statistical Multiplexing [Текст] / A. Capone, G. Carello, R. Matera // IEEE Global Telecommunications Conference (IEEE GLOBECOM), Washington, USA. – 2007. – P. 2565–2570.
4. Агеев, Д.В. Проектирование современных телекоммуникационных систем с использованием многоуровневых графов [Текст] / Д.В. Агеев // Восточно-Європейський журнал передових технологій. – 2010. – № 4/2 (46). – С. 75 – 77.
5. Lozano, A. Shortest viable path algorithm in multimodal networks [Текст] / A. Lozano, G. Storchi // Transportation Research. – 2001. – № 35, part A. – P. 225 – 241.
6. Харари, Ф. Теория графов [Текст] / Ф. Харари. - М.: Наука, 1973. – 300 с.
7. Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України, затверджена наказом Укрзалізниці від 14 березня 2001 р. № 143/Ц (ЦД-0036). – 256 с.
8. Habib, M. A construction method for minimally k-edge connected graphs [Текст] / M. Habib, B. Peroche // Combinatorics. – 1980. – V. 79. – Part 2. – P. 199 – 204.
9. Бутько, Т.В. Формування логістичної технології просування вантажопотоків за жорсткими нитками графіку руху поїздів [Текст] / Т.В. Бутько, Д.В. Ломотько, А.В. Прохорченко, К.О. Олійник // Збірник наукових праць. – Харків, УкрДАЗТ, 2009. – №78. – С. 71-75.
10. Hunt, J. E. Learning using an artificial immune system [Текст] / J. E. Hunt, D. E. Cooke // J. Network Comput. Appl., iss. 2. Special issue on intelligent systems: design and applications. – 1996. – V. 19. – P. 189-212.

**Abstract**

*In this article the question of forming of the system of routing of railway transportations comes into question in the conditions of reformation of railway transport of Ukraine. The primary purpose of research is a theoretical ground of approaches in relation to development and exploitation of the railway system on the basis of division of motion after the types of transportations for stage-by-stage creation of through specialized subnet with the distinguished transport corridors.*

*For the decision of the put scientific problem there were the used methods of theory of the graphs and mathematical programming that gave possibility to work out a mathematical model on the basis of minimization of objective function that, allows to take into account the cost of the spatial moving of train traffic, cost of duration of being of train enroute, penalty approvals for a failure to observe of exactness of arrival of trains and on condition of observance of limits on maintenance of streams in a network; distribution of carrying capacity of railway infrastructure; observance of terms of providing of vitality of network. Research results can be applied during automation of process of determination of parameters of optimal technology of routing of train traffic, that will allow rationally to redistribute the carrying capacity of the railway system for more effective strategy of management of assets of railway transport*

**Keywords:** routing, railway infrastructure, multigraph, capacity