

Improvement of logistics management of transportation and processing of grain cargoes by railway

*D.V. Lomotko, Dr. of Tech. Sciences, Prof., D.V. Arsenenko, postgraduate
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Науково-практична конференція Міжнародна транспортна інфраструктура, індустриальні центри та корпоративна логістика. Харків, 2019 р.



УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОГІСТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТУВАННЯМ ТА ПЕРЕРОБКОЮ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Доповідач:

**д.т.н., професор Ломотько Денис
Вікторович**

**Український державний університет
залізничного транспорту**



Об'єкт дослідження – процес організації перевезення зернових вантажів.

Предмет дослідження - удосконалення технології транспортування та переробкою зернових вантажів залізничним транспортом.

Мета дослідження - вирішення науково-прикладної задачі формування ступінчастих маршрутів в умовах реформування галузі на принципах рівнозначного розподілу ресурсів.

Задачі дослідження

- виконати дослідження і провести аналіз формування відправок зернових вантажів;
- проаналізувати можливості використання існуючих методів розподілу рухомого складу на принципах недискримінаційного доступу всіх форм власності;
- розробка критеріїв розподілення рухомого складу, формування ступінчастих маршрутів та створення інвестиційних умов на всіх рівнях перевезення ;
- організація ефективного розподілення рухомого складу на припортових станціях з урахуванням сезонності зернового сегменту перевезення;
- удосконалення технології транспортування та переробкою зернових вантажів залізничним транспортом;
- провести економічне обґрунтування впровадження моделі формування ступінчастих маршрутів.

Наукова новизна полягає у вирішенні науково-прикладного завдання формування ступінчастих маршрутів в умовах реформування галузі, дефіциту рухомого складу та локомотивної тяги.

Вперше:

- запропоновано модель розподілення рухомого складу з урахуванням структурних особливостей роботи галузі на принципах логічного контролю;
- розроблено модель організації місцевої роботи в умовах дефіциту локомотивної тяги;
- формалізовано модель організації ступінчастих маршрутів з урахуванням особливостей витрат відправника.

Удосконалено:

- логістичний підхід організації роботи пункту концентрації вантажної роботи із зерновими вантажами;
- задачі ІКС та організації ступінчастих маршрутів для всіх учасників перевізного процесу.

**Вчені та практики, які внесли вклад у розвиток теорії та практики
технології перевізного процесу
за проблематикою роботи**

Дослідження в напрямку логістичних впроваджень:

Т.В. Бутько, Р.В. Вернигора, О.В. Лаврухін,
Д.В. Ломотько, Д.М. Казаченко, В.І. Мацюк, А.М.
Окороков, Р. Ш.Рустамов.

Вирішення проблем вантажної та комерційної роботи:

В.М. Гриценко, М.І. Данько, А.М.Котенко, В.
В.Кулешов, А.М. Котенко, С.В. Панченко,
А.А.СМЕХОВ, .

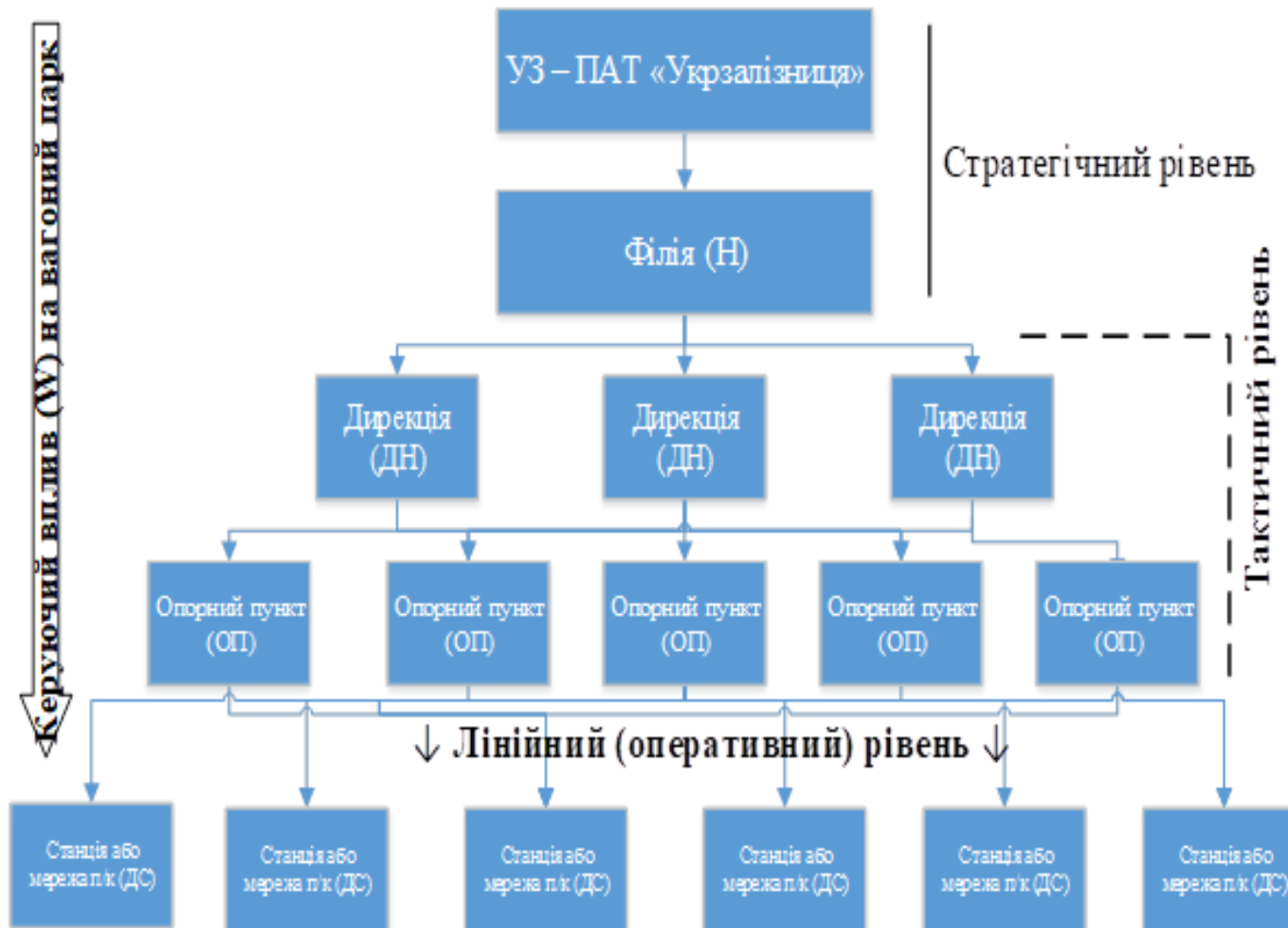
Технологічні аспекти вантажної роботи:

В.І. Крячко, Є.В. Нагорний, О.М. Огар.

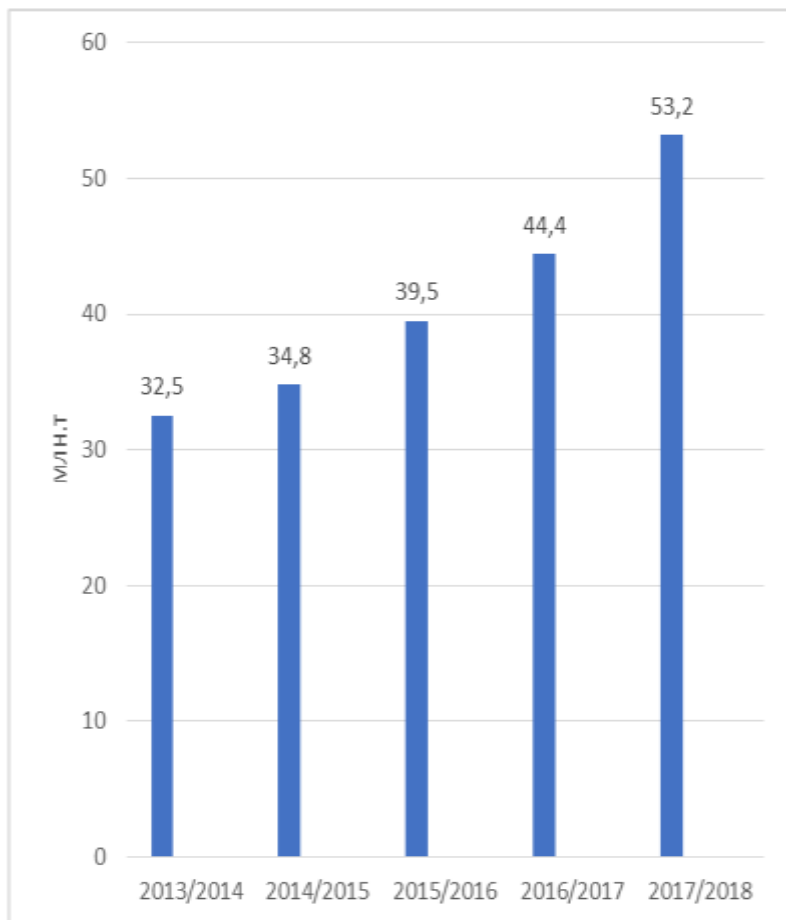
Учасники перевізного процесу та їх вплив на якість надання послуги



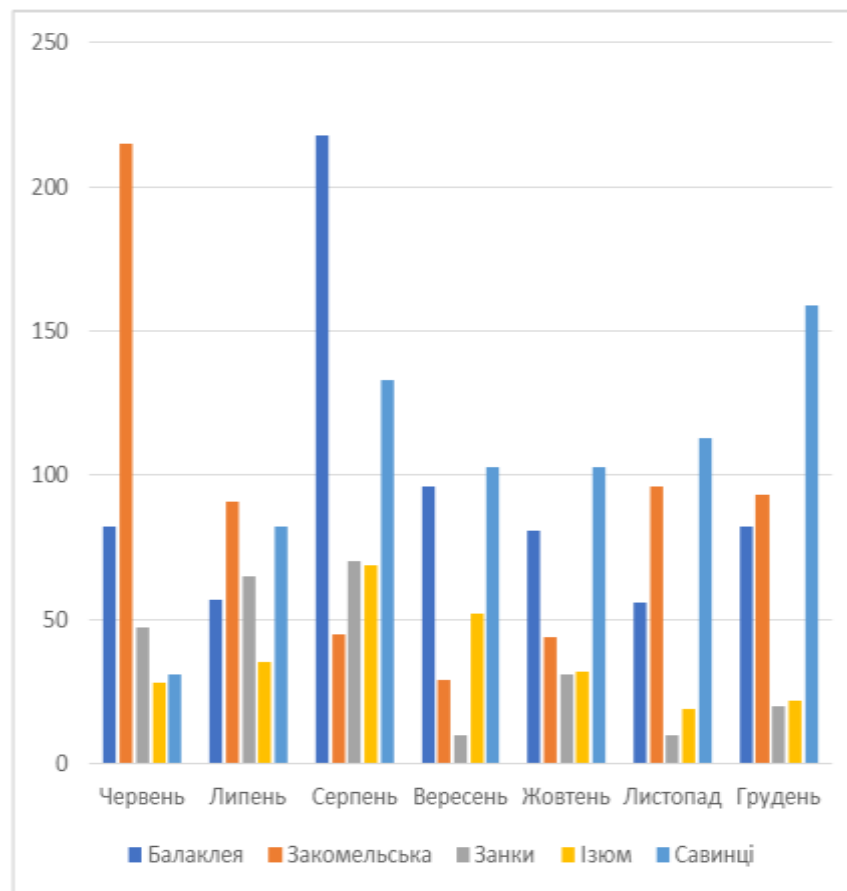
Ієрархічна схема рівнів управління вагонним парком на залізниці



Динаміка обсягів перевезення зернових вантажів залізничним транспортом.



Навантаження зернових вантажів за звітний період по станціям дільниці Харківської дирекції залізничних перевезень.



Основні показники експлуатації зерновоза

Частка в забезпеченні навантаження
11%

Середній вік
25 років

Частка в загальному парку
11%



Об'єктивна орендна ставка
1005
грн без ПДВ на добу

Дефіцит парку
2400
вагонів

Оборот вагону
13
діб

Основні показники експлуатації локомотива

ТЕПЛОВОЗ

Магістральний
99,6%

Термін експлуатації

Маневровий
99,9%

Середній вік
31 рік



Електровоз

Магістральний
40,6/30

Середній вік/термін експлуатації

Маневровий
30,7/20

Модель роботи маневрового локомотива на дільниці в умовах дефіциту локомотивної тяги

$$\sum_{i=1}^n \cdot \sum_{j=1}^n \cdot C_{ij} \cdot \chi_{ij} \rightarrow \min$$

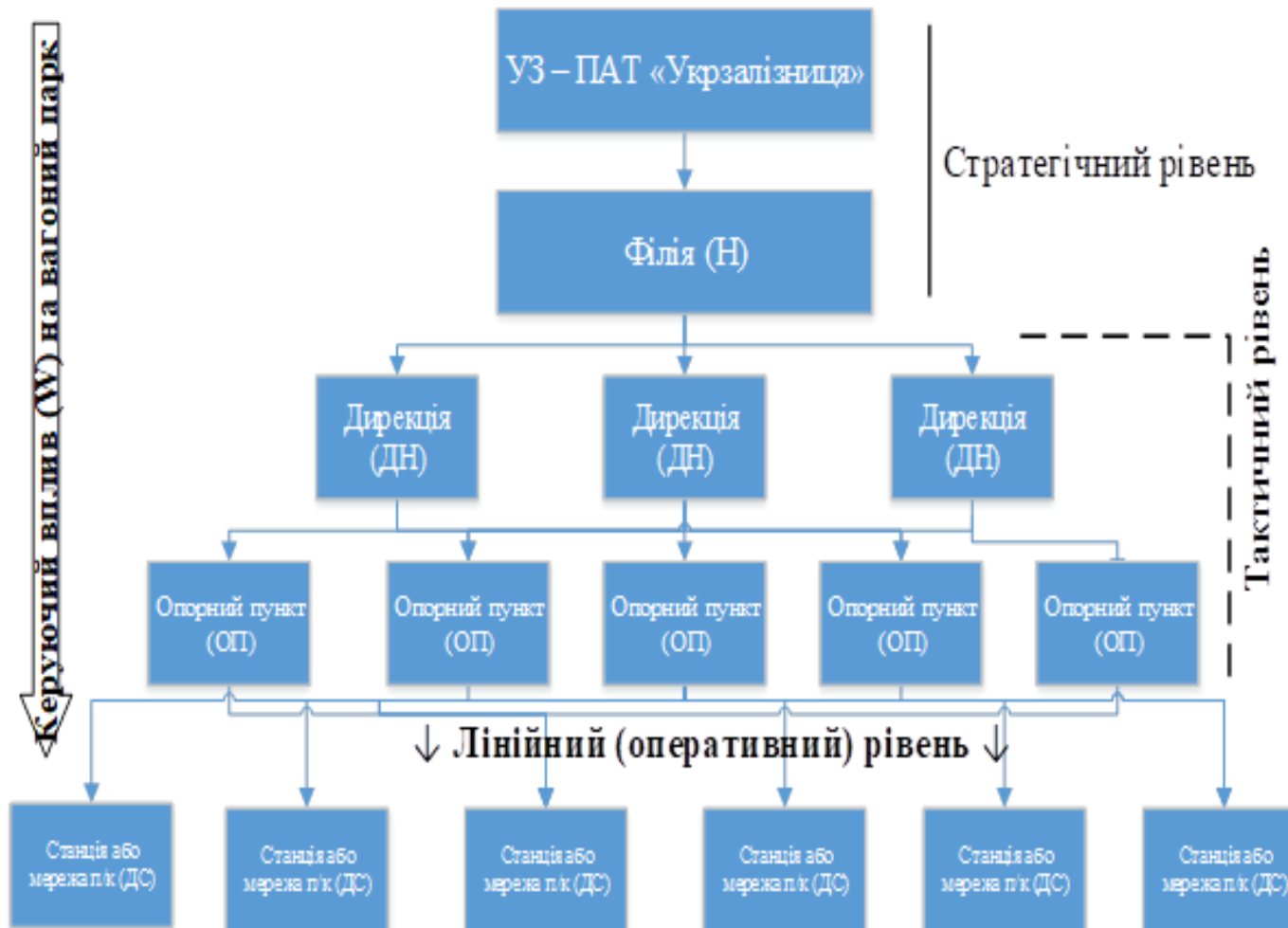
де n – кількість станцій на яких планується виконання вантажних операцій;

j – відстань між кожною парою станцій де повинен курсувати маневровий локомотив;

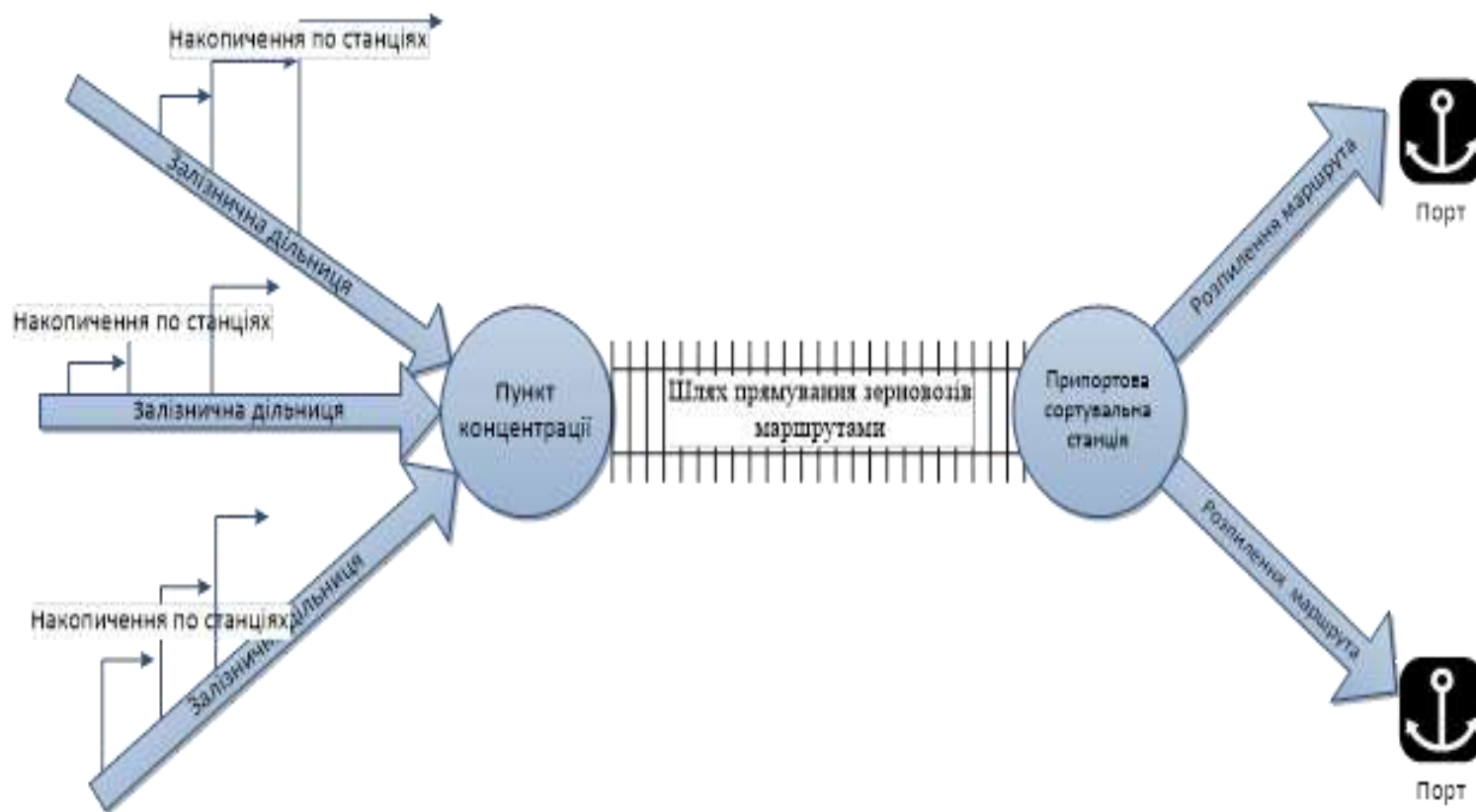
χ_{ij} – показник, який приймає значення 0 або 1.

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \chi_{ij} = 1 \quad \text{– умова в'їзду на станцію } j \text{ лише один раз;} \\ \sum_{j=1}^n \chi_{ij} = 1 \quad \text{– умова виїзду зі станції } i \text{ лише один раз;} \\ u_i - u_j + (n-1) \cdot \chi_{ij} \leq n-2 \quad \text{де } i \neq j, i, j = 2, \dots, n \text{ – спеціальна умова, яка} \\ \text{забезпечує усування декількох незв'язаних між} \\ \text{собою маршрутів та циклів.} \end{array} \right.$$

Ієрархічна схема рівнів управління вагонним парком на залізниці



Структурно логічна схема формування маршрута із зерновозів на пункті концентрації вантажної роботи із подальшим розпиленням до портів



$$\sum_n U_i^{\Pi}(t) = 1$$

Модель розподілення вагонів на принципах теорії масового обслуговування

;

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dU_1^{\Gamma}(t)}{dt} = -U_1^{\Gamma}(t)W_1 + \sum_{i=1}^n U_1^{\Pi}(t)W_{i,1}, \\ \frac{dU_2^{\Gamma}(t)}{dt} = -U_2^{\Gamma}(t)W_2 + \sum_{i=1}^n U_2^{\Pi}(t)W_{i,2}, \\ \dots, \\ \frac{dU_n^{\Gamma}(t)}{dt} = -U_n^{\Gamma}(t)W_n + \sum_{i=1}^n U_i^{\Pi}(t)W_{i,n}, \\ \frac{dU_1^{\Pi}(t)}{dt} = \sum_{i=1}^n U_i^{\Gamma}(t)W_i - U_1^{\Pi}(t) \sum_{j=1}^n W_{1,j}, \\ \frac{dU_2^{\Pi}(t)}{dt} = \sum_{i=1}^n U_i^{\Gamma}(t)W_i - U_2^{\Pi}(t) \sum_{j=1}^n W_{2,j}, \\ \dots \\ \frac{dU_n^{\Pi}(t)}{dt} = \sum_{i=1}^n U_i^{\Gamma}(t)W_i - U_n^{\Pi}(t) \sum_{j=1}^n W_{n,j}. \end{array} \right.$$

$U_i^{\Gamma}(t)$ – частина навантажених вагонів, зайнятих в і-му завантажувальному районі, кількість яких прийmemo рівним n ;

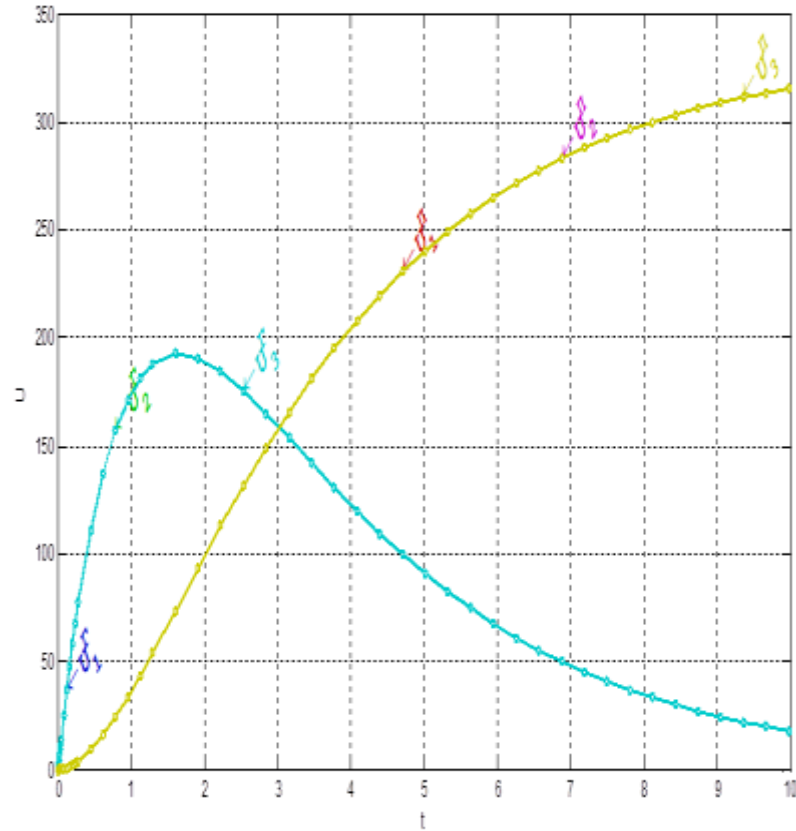
$U_i^{\Pi}(t)$ – частина порожніх вагонів, які можуть використовуватися в і-му завантажувальному районі, прийнято, що $\sum_n U_i^{\Pi}(t) = 1$

$W_{i,j}$ – імовірність того, що порожній вагон і-го вантажного району буде використаний під завантаження в завантажувальному районі j в інтервалі часу $(t; t+\Delta t)$;

W_i – імовірність вивантаження навантаженого вагона в завантажувальному районі i , прийнято, що $\sum_n W_i = 1$

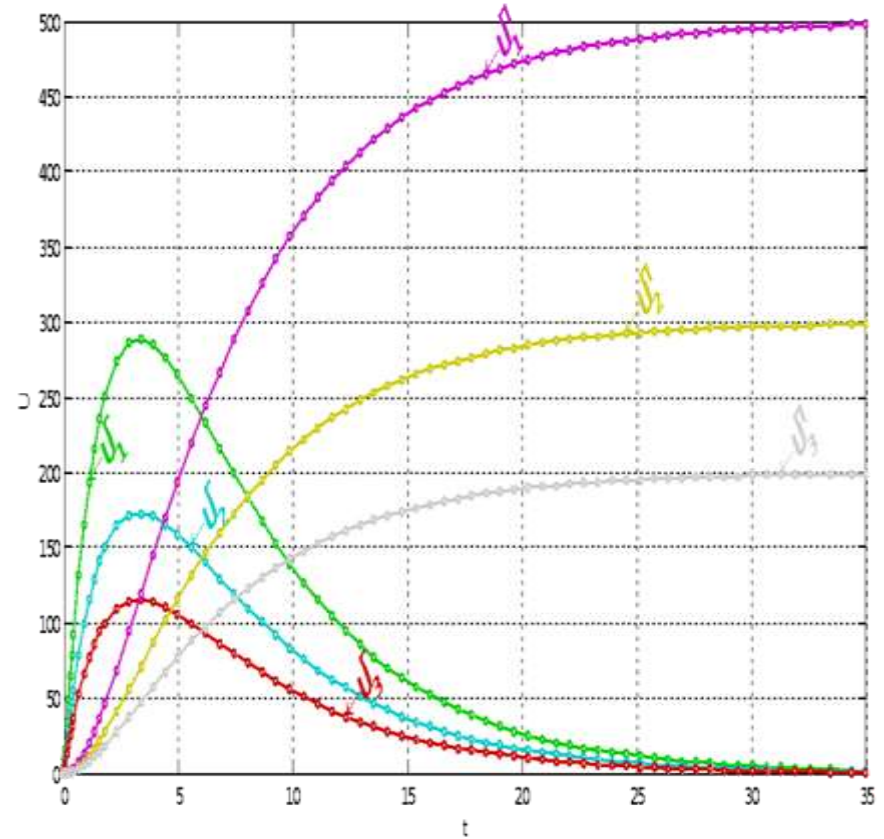
Результати моделювання для умовного полігону II та трьох дирекцій, що мають рівнозначні вагові характеристики

$$U_1^{\Pi}(t) = U_2^{\Pi}(t) = U_3^{\Pi}(t) = 1/3$$



Результати моделювання для умовного полігону II та трьох дирекцій, що мають різні вагові характеристики

$$U_1^{\Pi}(t) = 0.5, U_2^{\Pi}(t) = 0.3, U_3^{\Pi}(t) = 0.2$$



Структура моделі на мережі Петрі в канонічному вигляді задана сукупністю

МНОЖИН

$$C = \{P, T, I, O, F, M_0\}$$

В той же час

$$P = \begin{pmatrix} P_1 & T_1 & k_{11} \\ \dots & \dots & \dots \\ P_i & T_j & k_{ij} \\ \dots & \dots & \dots \\ P_n & T_m & k_{nm} \end{pmatrix} \quad T = \begin{pmatrix} T_1 & P_1 & k_{11} \\ \dots & \dots & \dots \\ T_i & P_j & k_{ij} \\ \dots & \dots & \dots \\ T_m & P_n & k_{nm} \end{pmatrix} \quad I = \begin{pmatrix} s_1 & g_1 & e_1 \\ \dots & \dots & \dots \\ s_i & g_i & e_i \\ \dots & \dots & \dots \\ s_m & g_m & e_m \end{pmatrix}$$

$$O = \begin{pmatrix} s_1 \\ \dots \\ s_i \\ \dots \\ s_m \end{pmatrix} \quad F = \begin{pmatrix} \tau_1 \\ \dots \\ \tau_i \\ \dots \\ \tau_m \end{pmatrix} \quad M_0 = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \dots \\ \mu_i \\ \dots \\ \mu_n \end{pmatrix}$$

перехід T_i вважаємо дозволеним в момент $t_{зроб}$ для всіх позицій P_j , якщо для всіх синтезуючих і тестових дуг в момент $t_{затр}$, що входять в нього виконується

$$\mu(P_j) \geq \#(P_j, I(T_i))$$

а для інгібіторних дуг -

$$\mu(P_j) = 0,$$

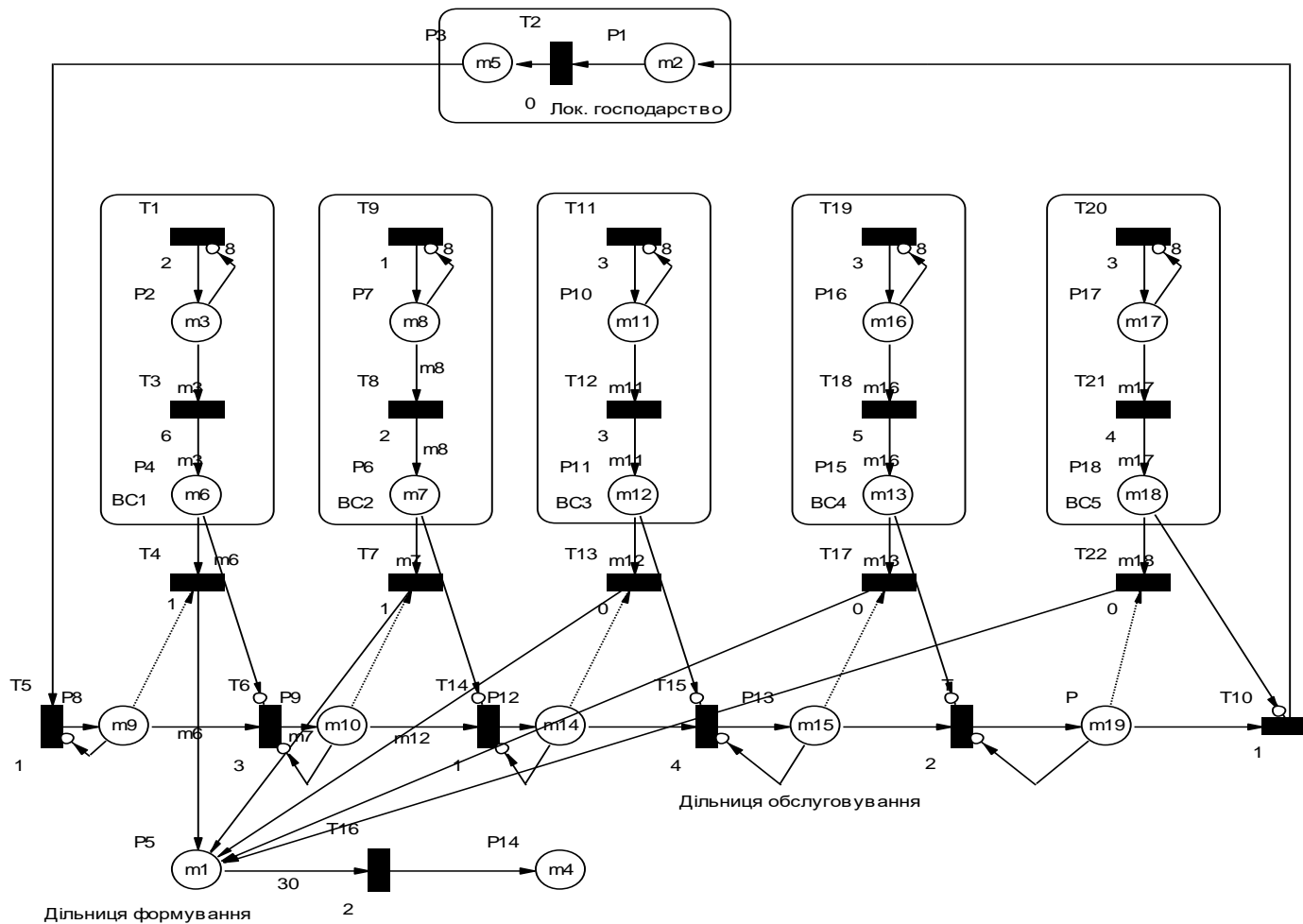
і при цьому

$$t_{зроб} = \tau_i + t_{затр}.$$

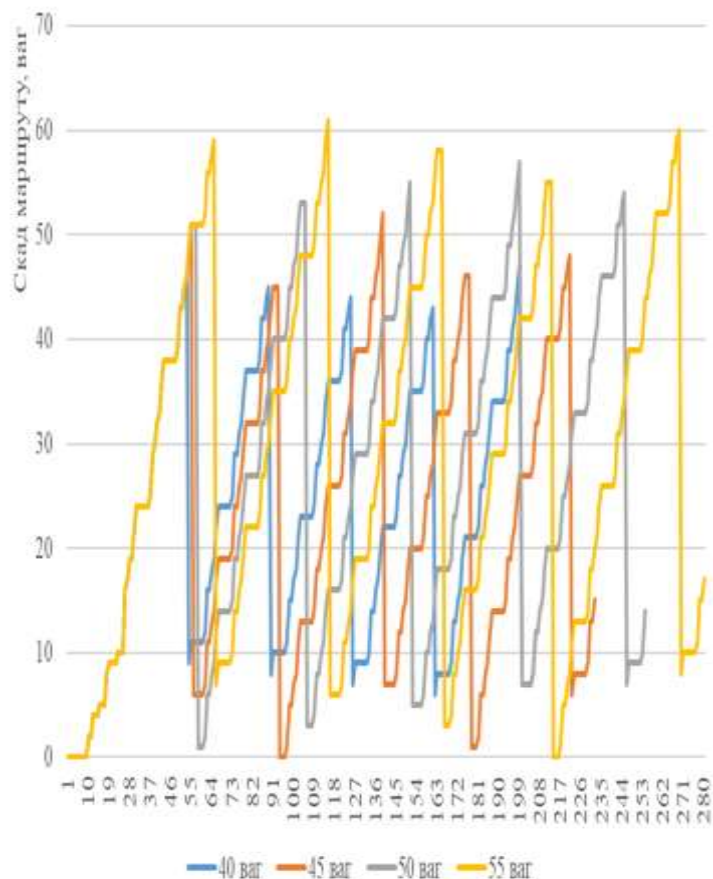
Маркування кожної позиції мережі змінюється за таким правилом

$$\mu_{k+1}(P_j) = \mu_k(P_j) - I(T_i) + O(T_i).$$

Загальний вид моделі технології формування залізничних ступінчастих маршрутів зернових вантажів на мережі Петрі



Результати моделювання накопичення вагонів на ступінчастий маршрут різного складу на дослідному полігоні.



Аналіз технологічних варіантів накопичення вагонів на маршрут

Склад маршруту m , ваг	40	45	50	55
Загальні ваг-год накопичення	4646	5275	6552	7923
Ваг-год накопичення на маршрут	929,2	1055,0	1310,4	1584,6
Середній час на формування маршруту, год	55	57	59	67
Середній простій місцевого вагону, год	23,2	23,4	26,2	28,8
Ваг-год додаткового непродуктивного простою вагонів	779	574	895	868
Питомий непродуктивний простій на відправлений маршрут, ваг-год	20,1	13,3	18,4	16,3
Відносна ефективність технології у порівнянні з раціональною	0,66	1,0	0,72	0,82

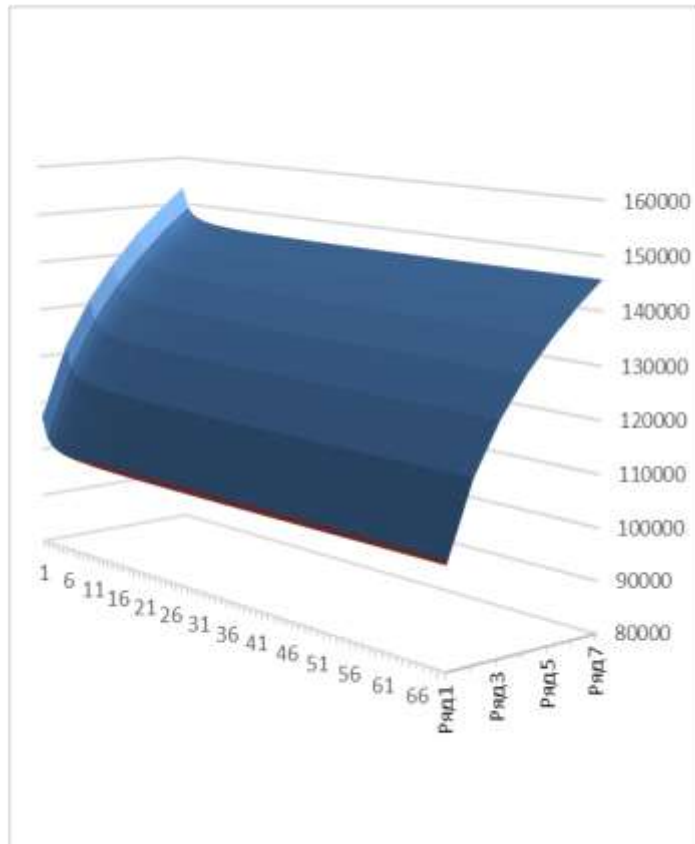
Модель формування ступінчастих маршрутів із системою обмежень, що забезпечує виконання технічних, технологічних, логістичних умов в явному вигляді.

$$C(q) = \sum_{i=1}^n C_i = (C'_x + Z'_T) \cdot t_{qi} + \frac{q_x}{Q_c} \cdot C'_x + C_T + \frac{f_{arm} \cdot t_{qi} \cdot q_{st}}{q_x} + \frac{\sum_{i=1}^m (C_m + C_{zp}) \cdot t_i}{q_x} \cdot q_{st} + \frac{C'_T \cdot q^x}{Q_p} +$$

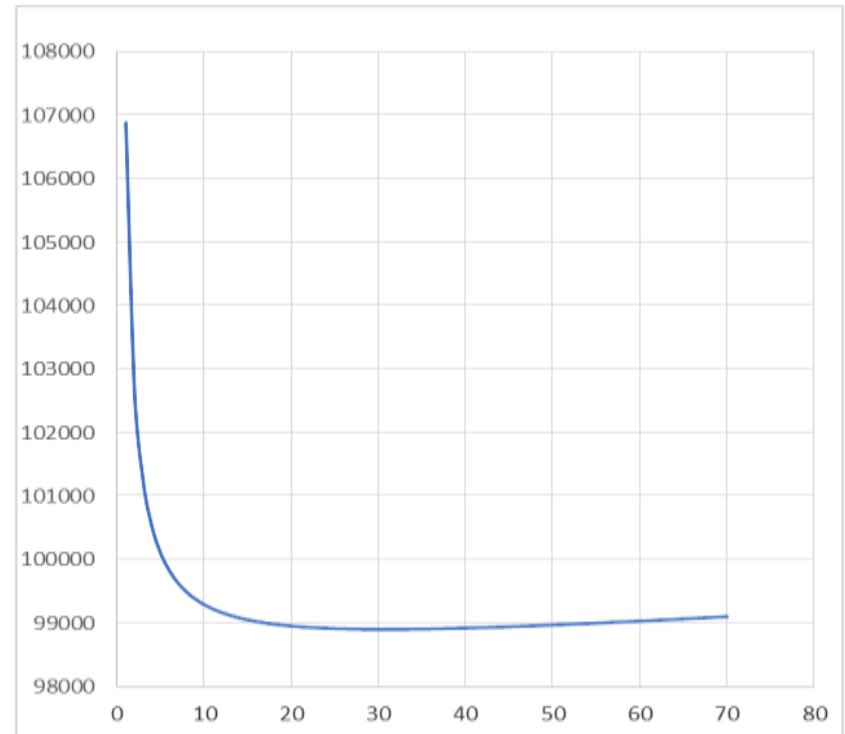
$$n^{1/n} \cdot f_{log} + \left(\frac{C_{km} + Z_T}{q_x} \right) \cdot t_x \cdot q_{st} + \frac{(C_m + C_{zp}) \cdot t_m}{q_x} \cdot q_{st} \Rightarrow \min$$

$$\left\{ \begin{array}{l} q_{\min} \leq q \leq q_{\max} - \text{партія вантажу не повинна перевищувати максимально - допустиму} \\ \text{вагову норму щодо вантажних поїздів на даному напрямку } q_{\max} \\ q_{\min} - \text{відповідна мінімальна вагова норма, } q_{\min} = q_{ст} \\ \frac{q}{Q_{\Pi}} + t + T_{\text{пер}} \leq T_{\text{норм}} \end{array} \right.$$

Двовимірне відображення залежності кількості вагонів у маршруті до вартості їх перевезення.



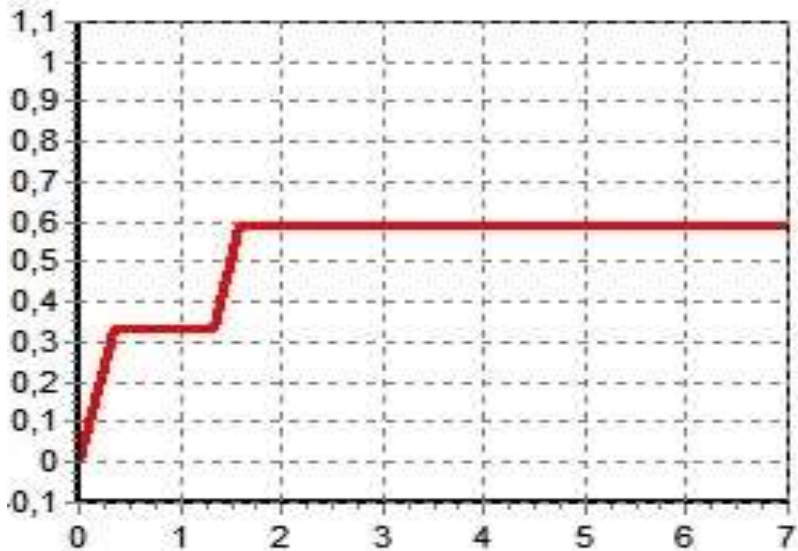
Точки відображення можливих границь кількісного складу маршрута



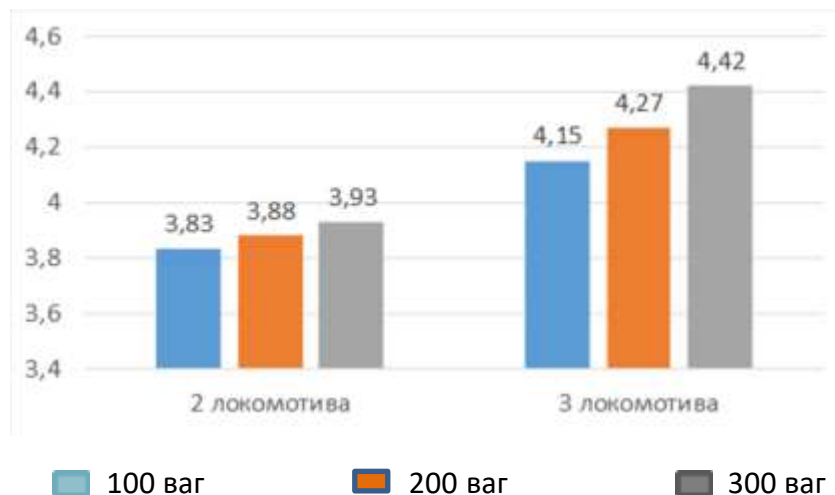
ФОРМУВАННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ КОГНІТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЛАНЦЮГАХ ДОСТАВКИ ВАГОНІВ ЗАЛІЗНИЦЯМИ

$$\Lambda = \begin{cases} B_1 : \langle R_{11} \wedge R_{12} \rangle \rightarrow \langle R'_{11} \wedge R'_{12} \rangle \\ B_2 : \langle R_{21} \wedge R_{22} \rangle \rightarrow \langle R'_{21} \wedge R'_{22} \rangle \\ B_3 : \langle R_{31} \wedge R_{32} \rangle \rightarrow \langle R'_{31} \wedge R'_{32} \rangle \end{cases}$$

Нечітка множина $\hat{R}_1(T_i) \bullet \hat{R}_2(T_i) = \langle \text{Кількість нвантажувальних засобів} \rangle$



Результуюча функція нечіткого висновку для СППР при кількості готових локомотивів 2 та обсязі роботи 100 TEU



Кумулятивні значення результуючої функції нечіткого висновку для СППР при різних кількостях готових локомотивів та обсягах роботи

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!



Д.т.н., професор **Ломотько Денис Вікторович**

E-mail: den@kart.edu.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7624-2925>



THANK YOU FOR ATTENTION!

Висновки

- 1. Вирішено науково-прикладну задачу формування ступінчастих маршрутів в умовах реформування галузі, дефіциту рухомого складу та локомотивної тяги
- 2. Розроблено модель розподілення рухомого складу з урахуванням структурних особливостей роботи галузі на принципах логічного контролю
- 3. Удосконалено модель організації місцевої роботи локомотива в існуючих умовах його експлуатації.
- 4. Сформована структурна модель організації ступінчастих маршрутів з урахуванням особливостей витрат та вимог відправника.
- 5. Сформовані принципи впровадження логістичного підходу організації роботи пункту концентрації вантажної роботи із зерновими вантажами.
- 6. Обумовлені задачі ІКС для організації ступінчастих маршрутів зернових вантажів.

Список основних позначень

$U_i^I(t)$ – частина навантажених вагонів, зайнятих в і-му завантажувальному районі, кількість яких приймемо рівним n ;

$U_i^{II}(t)$ – частина порожніх вагонів, які можуть використовуватися в і-му завантажувальному районі, прийнято, що $\sum_n U_i^{II}(t) = 1$;

$W_{i,j}$ – імовірність того, що порожній вагон і-го вантажного району буде використаний під завантаження в завантажувальному районі j в інтервалі часу $(t; t+\Delta t)$;

W_i – імовірність вивантаження навантаженого вагона в завантажувальному районі i , прийнято, що $\sum_n W_i = 1$.