

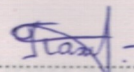
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**  
**Навчально-науковий інститут транспорту та будівництва**  
**Кафедра логістичного управління та безпеки руху на транспорті**

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**до кваліфікаційної роботи**  
**освітньо-кваліфікаційного рівня магістр**

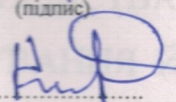
галузі знань 27 – «Транспорт»  
спеціальності 275.02 «Транспортні технології (на залізничному транспорті)».

на тему: «Підвищення ефективності роботи транспортно-вантажного комплексу залізничного підприємства шляхом оптимізації його ресурсів»

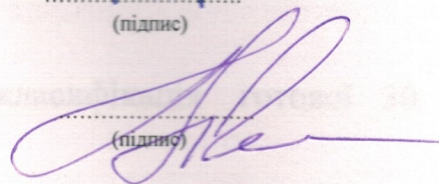
Виконав: студент групи ОПЗТ-19зм  
Пажина-Клиновська О.Ю.

  
.....  
(підпис)

Керівник: проф. Кириченко І.О.

  
.....  
(підпис)

Завідувач кафедри: проф. Чернецька-Білецька Н.Б.

  
.....  
(підпис)

Рецензент: *Дерев'яник С.В.*

.....  
(підпис)

### 3.2 Дослідження особливостей функціонування ТВК

У наведених результатах можна виконати огляд ТВК, як «сукупність фаз обслуговування матеріального потоку, яка приймається в основу створення методу формування ланцюга руху матеріалів. Метод базується на наступних принципах» [14].

1) ТВК є: «постійно функціонуючою технологічною системою і призначений для прийому і вивантаження масової сировини, а його системоутворюючим елементом є матеріальний потік, тобто вхідний потік маршрутів із залізозмісною сировиною».

Процеси руху матеріалів в ТВК характеризуються чітким розділенням на наступні особливості переробки:

- транспортна фаза, функції якої полягають у прибутті та прийомі маршрутів з сировиною, їх відстій і подача груп вагонів на вивантаження;
- вантажна фаза, функція якої складає у підготовці вагонів на шляхах надвигу та вивантаженню сировини;
- передавальна фаза, особливістю якої є подача сировини на усереднювальний склад.

Передавальна фаза, не бере участь безпосередньо в процесі вивантаження і тому надалі не розглядається.

Така структура процесу прийому і вивантаження маршрутів припускає певний набір і послідовність виконання груп операцій (або багатофазність) обслуговування матеріального потоку.

Отже, як зазначено у [14]: «особливістю даного процесу є трансформація матеріального потоку під впливом декількох фаз обслуговування - модулів, кожен з яких реалізує задану функцію, а їх інтеграція в технологічну лінію забезпечує виконання повного циклу обслуговування матеріального потоку відповідно до темпу, який задає виробничий об'єкт».

Спосіб обслуговування матеріального потоку в просторі кожного модуля є технологічно закінченою групою операцій, для чого оснащений відповідними технічними пристроями.

Переробна спроможність вантажного модулю (як провідного) є заданою та параметрично зв'язана з аглофабрикою, тобто його робота має детермінований характер. Робота транспортного модулю, що приймає маршрути із зовнішньої мережі з різними інтервалами, має ймовірнісний характер. Тому взаємодія модулів в процесі переробки маршрутів ґрунтується на синхронізації їх роботи.

Тоді далі процес руху матеріалів в ТВК називатимемо технологічною лінією по прийому і вивантаженню маршрутів, а вказані фази - розглядати як транспортний і вантажний модулі.

Графічна модель руху матеріалу наведена на рис. 3.1.

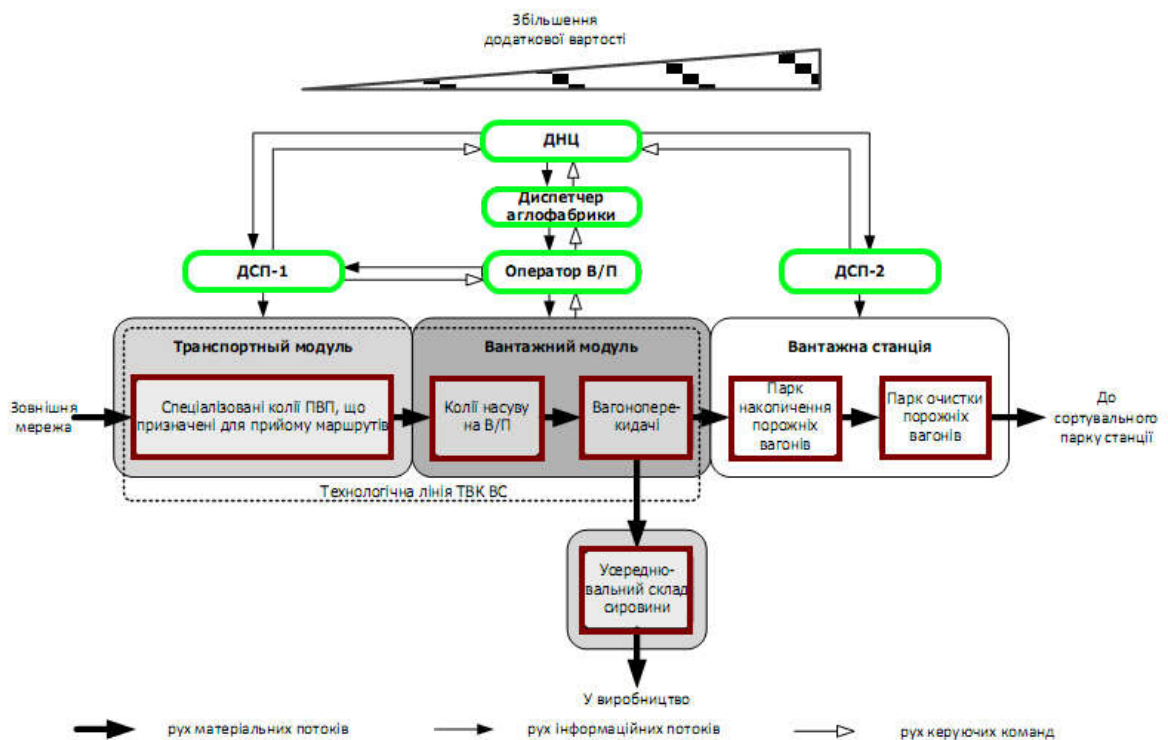


Рис. 3.1 Особливості руху матеріалу при вивантаженні вантажів у транспортно-вантажному комплексі

У ТВК стан матеріального потоку, що поступає із зовнішньої мережі у вигляді вантажу, що знаходиться в рухомому складі, за допомогою вивантажувальних операцій у вантажному модулі трансформується в металовмісну сировину для передачі безпосередньо в агломераційне виробництво.

2) В даний час транспорт органічно вписується і активно бере участь у формуванні і функціонуванні логістичних систем. При цьому утворилися два достатньо самостійних напрями транспортної логістики, які реалізуються:

- у макрологістичних системах - ланцюгами постачань або матеріальним потоком, в якому структурні ланки представлені магістральними видами транспорту і їх інфраструктурою, ефективна логістична взаємодія забезпечується всіма учасниками потоку, а стан вантажу не змінюється;

- у мікрологістичних (внутрішньовиробничих) системах - процесом руху матеріалів підприємства, в якому структурними ланками є виробничі цехи, вантажо-складські комплекси і види промислового транспорту, ефективна логістична взаємодія забезпечується всіма учасниками процесу і, що особливо важливо відзначити, відбувається зміна стану вантажу.

У спеціальній літературі [3] наведено такі особливості: «під поняттям «потік» або «технологія» розуміється направлений рух сукупності однорідних об'єктів, здійснюваний в просторі три змінних: кількісною (м, т), тимчасовою (хв., година, доба) і просторовою (м, км.)». З урахуванням наведеного, поняття «потік» не припускає зміни його стану.

У разі зміни в якому-небудь фазовому просторі стану потоку, його функціональна реалізація підкоряється вже принципам потокового або технологічного процесу і характеризується чотирма змінними: кількісною, тимчасовою, просторовою і фазовою. Остання визначає зміну стану вантажу в процесі і дозволяє оцінити пов'язану з ним, таку, що знаходиться в речовій формі, частина оборотного капіталу, тобто розглядати потік як технологічний процес.

Припустимо, що процес переробки маршрутів в ТВК може бути представлений одношаровим потоковим процесом (матеріальний потоковий процес), а функціональний зв'язок між його елементами має наступний вигляд

$$S(t, s, c, \varphi) = [a_1(t_1^{II}, s_1^{II}, c_1^{II}, \varphi_1^{II}), a_2(t_2^{II}, s_2^{II}, c_2^{II}, \varphi_2^{II}); f_1(a_1, a_2)] \quad (3.1)$$

де  $S(t, s, c, \varphi)$  – потоковий процес  $a_1$  – параметр матеріального потокового процесу в транспортному модулі;  $a_2$  – параметр матеріального потокового процесу у вантажному модулі;  $f_1$  – функція взаємодії потокових процесів руху матеріалів в суміжних модулях – транспортному і вантажному;  $t, s, c, \varphi$  – тимчасова, просторова, кількісна і фазова змінні відповідно.

3) Процес прийому і вивантаження маршрутів представляє транспортно-вантажний процес, що реалізовується спеціалізованою технологічною лінією, яка характеризується наявністю провідного модуля. Вказане визначається тим, що його переробляюча здатність задана, параметрично пов'язана з обслуговуванням виробництвом і не резервується, а взаємодія з суміжними модулями ґрунтується на синхронізації їх роботи.

Транспортний модуль технологічної лінії ТВК приймає із зовнішньої мережі маршрути з сировиною у складі 55 вагонів, виконує приймальні операції і групами подає їх на вивантаження у вантажний модуль. Він є групою спеціалізованих шляхів з корисною ємкістю, відповідній довжині маршруту.

Проектна технологія, прийнята при проектуванні ТВК, передбачає переробку маршруту з його діленням на три групи (22+22+11) вагонів, стартову постановку на вагоноперекидачі перших двох груп і простої в очікуванні закінчення їх вивантаження третьої групи вагонів.

При цьому як нормативні значення приймалися: інтервали прибуття маршрутів тривалістю в середньому 3 години, загальний час їх переробки - близько 5 годин, добовий об'єм переробки - 8 маршрутів.

Прибуття маршрутів з сировиною на технологічну лінію ТВК завжди характеризувалося нерівномірністю. Певний період відхилення параметрів переробки маршрутів від проектної технології вдавалося регулювати методом оперативного управління.

З переходом до ринкових механізмів управління, і особливо в останній період динаміка транспортного потоку значно зросла, а умови роботи ТВК істотно ускладнилися. Отже, істотною особливістю роботи транспортного модуля є випадковий характер його функціонування, обумовлений динамікою вхідного поїздопотоків.

Таким чином, як зазначено к [14]: «Основоположним питанням формування технологічної лінії ТВК по прийому і переробці маршрутів, як потокового процесу, стає забезпечення синхронізації роботи вантажного (детермінованого) і транспортного (імовірнісного) модулів».

4) Ефективність взаємодії вантажного і транспортного модулів при динаміці вхідного поїздопотіка досягається за рахунок переходу на логістичне управління функціонуванням ТВК в цілому. Тобто, результат обуславлює необхідність логістичної єдності транспорту і виробництва. В даному випадку: «завданням управління є забезпечення в процесі функціонування технологічної лінії технічної, технологічної і організаційної зв'язаності його модулів, а також створення системи управління для досягнення заданих техніко- економічних результатів на основі логістичного (інтегруючого) критерію» [11-12]. При цьому важливим завданням є перенесення акценту на активізацію ресурсів виробництва.

Проектна технологія процесу прийому і вивантаження маршрутів сформована на основі моделювання роботи технологічної лінії, а її тривалість прийнята на основі статистичних характеристик тривалості операцій в модулях, записується наступним виразом:

$$T_{ц} = \left( \sum t_{ТЕХ}^T + t_{ДП}^T \right) + \sum t_{ТЕХ}^F, \quad (3.2)$$

де  $\sum t_{ТЕХ}^T$ ,  $\sum t_{ТЕХ}^T$  – технологічна (нормативна) тривалість основних операцій і міжопераційні очікування в транспортному і вантажному модулях відповідно, хв.;

$t_{ДП}^T$  – тривалість додаткового простою маршрутів в транспортному модулі в очікуванні вивантаження, хв.

При цьому основні параметри проектної технології, що забезпечують задану переробну спроможність технологічної лінії, складають 8 маршрутів на добу, а тривалість проектного циклу його переробки – 3-3,2 години.

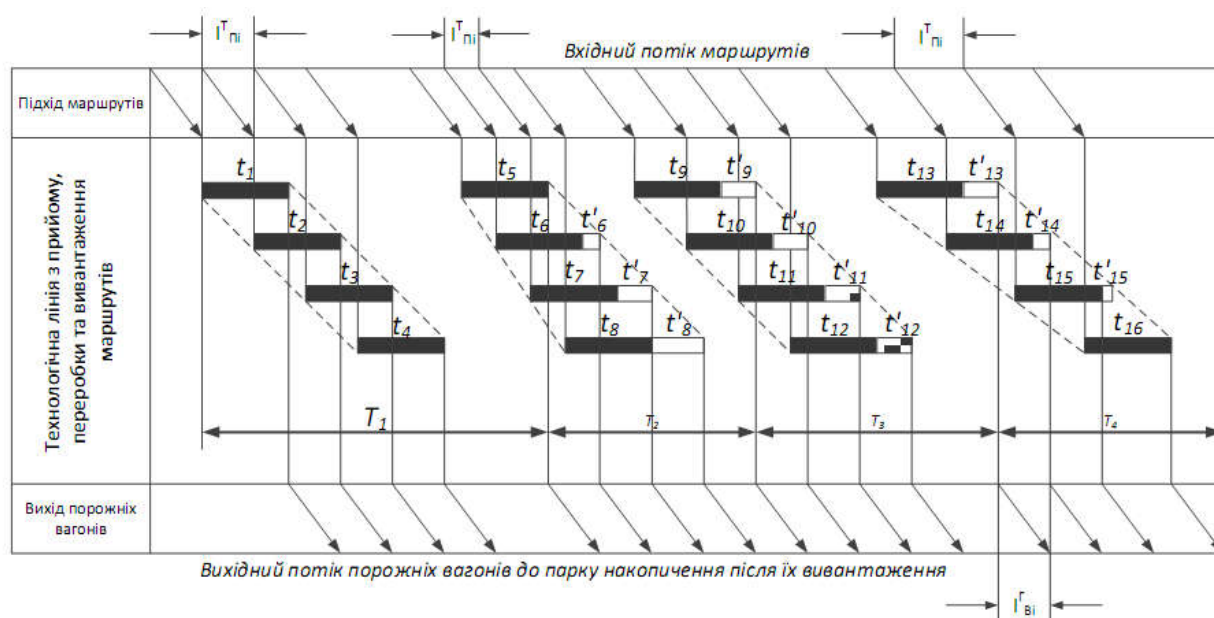


Рис. 3.2 Динаміка зміни тривалості циклу переробки маршруту залежно від величин інтервалів їх прибуття

Для визначення закономірностей взаємодії модулів технологічна лінія розглядається як система з входом (прийом навантажених маршрутів) і виходом (вивантаження вагонів), навантаженням – потоком поїздів  $N_t$ , і його трансформацією при переробці в модулях. Функціонування технологічної лінії характеризується наступною послідовністю операцій (рис. 3.2).

У транспортний модуль маршрути поступають через деякі інтервали часу  $I_{П1}^T, I_{П2}^T, \dots, I_{Пi}^T, \dots, I_{Пn}^T, I_{Пn+1}^T$  та ін. Після виконання транспортних операцій  $t_{mex}^T$  в модулі утворюється послідовність проміжків часу  $t_{П1}^T, t_{П2}^T, \dots, t_{Пi}^T, \dots, t_{Пn}^T, t_{Пn+1}^T$ . протягом яких фіксується готовність груп вагонів до подачі у вантажний модуль.

Проте, фактичні моменти часу готовності груп вагонів для подачі на вивантаження достатньо часто (до 60 % випадків) не збігаються з моментами часу готовності вантажного модуля до вивантаження хоча би однієї групи вагонів, і вони чекають вивантаження в транспортному модулі ( $t_{дп}^T$ ). У свою чергу тривалість вивантаження маршрутів ( $t_{mex}^T$ ) визначається інтервалом ( $I_{Вi}^T$ ).

Крім того, інтенсивність надходження маршрутів в транспортний модуль характеризується середнім тактом ( $\bar{C}_{Пi}^T$ ), а інтенсивність вивантаження у вантажному модулі – нормативним темпом ( $\bar{\mu}_H^T$ ).

Аналіз динаміки процесу показує, що тривалість циклу переробки маршруту (Тц) визначається співвідношенням інтервалів на вході і виході технологічної лінії. При цьому залежно від співвідношення інтервалів прибуття і вивантаження маршрутів має місце наявність декількох станів з різними режимами роботи технологічної лінії і вантажної станції в цілому (табл. 3.1).

Проведений аналіз дозволив встановити, що вказане співвідношення інтервалів прибуття і вивантаження формує тривалість додаткового простою маршрутів в транспортному модулі в очікуванні вивантаження ( $t_{дп}^T$ ), який у результаті визначає загальну тривалість циклу їх переробки (Тц).

Таким чином, встановлення залежності між тривалістю технологічного відстою і інтервалами прибуття  $t_{тоб}^T = f(I_{вх})$  дозволить визначати величину тривалості додаткового простою маршрутів і



відповідну їй загальну тривалість циклу переробки маршруту (ТЦФ) для кожного стану технологічної лінії.

Таблиця 3.1

## Режими роботи технологічної лінії і вантажної станції

T1	Протягом деякого періоду часу $T_1$ середній інтервал надходження маршрутів в транспортний модуль ( $I_{\Pi}^T$ ) був більше, ніж тривалість їх вивантаження ( $I_{B1}^T$ ), а міжопераційні очікування відповідали нормативам. Тобто, забезпечувалася переробка маршрутів за проектною технологією.	$\left. \begin{aligned} \bar{T}_{\Pi 1}^T &\geq I_{B1}^T \\ \bar{Q}_{\Pi 1}^T &< \mu_H^T \end{aligned} \right\}$
T2	Виникає і починає інтенсивно наростати додатковий простій маршрутів в очікуванні вивантаження ( $t'_6, t'_7, t'_8, t'_9$ ), а загальний час їх простою, починаючи з шостого, складає вже $t_6+t'_6, t_7+t'_7$ і так далі, а $t_7+t'_7 > t_6+t'_6$ . Проектна технологія процесу переробки маршрутів деформується.	$\left. \begin{aligned} \bar{T}_{\Pi 2}^T &< I_{B2}^T \\ \bar{Q}_{\Pi 2}^T &> \mu_H^T \end{aligned} \right\}$
T3	Збільшений в попередньому періоді до максимального додатковий простій маршрутів в очікуванні вивантаження відносно стабілізувався ( $t'_9, t'_{10}, t'_{11}, t'_{12}$ ), а загальний простій кожного з прибулих в цей період маршрутів склав $t_9+t'_9, t_{10}+t'_{10}$ і т.д.	$\left. \begin{aligned} \bar{T}_{\Pi 3}^T &\cong I_{B3}^T \\ \bar{Q}_{\Pi 3}^T &\cong \mu_H^T \end{aligned} \right\}$
T4	Протягом даного періоду додатковий простій маршрутів в очікуванні вивантаження ( $t'_{13}, t'_{14}, t'_{15}, t'_{16}$ ) зменшується, а загальний простій прибулого маршруту складається з $t_{13}+t'_{13}, t_{14}+t'_{14}$ , причому $t_{14}+t'_{14} < t_{13}+t'_{13}$ і т.д.	$\left. \begin{aligned} \bar{T}_{\Pi 4}^T &\geq I_{B4}^T \\ \bar{Q}_{\Pi 4}^T &< \mu_H^T \end{aligned} \right\}$

Враховуючи вказане, додатковий простій маршрутів в транспортному модулі виділяється в структурі циклу переробки в самостійну операцію – технологічний відстій маршрутів ( $t_{\pi}^T$ ), тривалість якої може змінюватися від нормативної величини ( $t_{\pi H}^T$ ), передбаченою проектною технологією, до найбільших значень ( $t_{\pi \Phi}^T$ ), що мають місце при максимальному згущуванні інтервалів прибуття маршрутів, і береться за керовану змінну. Тоді фактична тривалість циклу переробки маршруту записується в наступному вигляді:

$$T_{\text{ЦФ}} = \sum t_{\text{ТЕХ}}^T + \max \left\{ \begin{aligned} t_{\text{ТОН}}^T \\ t_{\text{ТОФ}}^T \end{aligned} \right\} + \sum t_{\text{ТЕХ}}^T \quad (3.3)$$

На цій основі запропонований метод логістичного управління процесом прийому і вивантаження маршрутів при динаміці вхідного поїздопоту, що має місце, забезпечується синхронізацію роботи модулів, а як критерій управління приймається нормативна тривалість циклу переробки маршруту, встановлена для проектної технології роботи лінії (ТЦПР). Функціональна схема логістичного управління роботою технологічної лінії з прийому і вивантаження маршрутів приведена на рисунку 3.3.



Рис. 3.3 Функціональна схема логістичного управління роботою технологічної лінії

Реалізація запропонованого методу управління пов'язана з необхідністю вибору математичної моделі для встановлення залежності, що зв'язує інтервали прибуття і тривалість циклу переробки маршруту.

Моделювання закономірностей процесу переробки маршрутів необхідно дослідити можливість застосування аналітичних методів.

### Висновок по 3 розділу

Проведені дослідження дозволили встановити, що шуканий зв'язок між інтервалами прибуття і тривалістю циклу переробки маршрутів існує, є значущим, але є досить слабким, оскільки характеризується коефіцієнтом кореляції, тобто, описує лише 23 % випадків. Для прийняття управлінських рішень в процесі переробки поїздопоту в ТВК вказане є недостатнім. Тому у роботі проводитимуться подальші дослідження.

## 4. ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ НА ТВК

### 4.1. Фактори, що впливають на об'єм потрібного парку вантажних вагонів

Відомо, що об'єм потрібного вагонного парку залежить, насамперед, від об'єму вантажу, який підлягає перевезенню: чим більше об'єм вантажопотоку в тоннах, тим більше одиниць рухомого складу буде потрібно для освоєння даного перевезення. По-друге, об'єм потрібного парку вагонів безпосередньо залежить від дальності перевезень, а точніше сказати від часу повного обороту вагонів, яке можна визначити таким чином:

$$\theta_{пол} = t_{дв}^{зр} + t_{дв}^{пор} + t_{пн} + t_{пв}, \quad (4.1)$$

де  $t_{дв}^{зр}$ ,  $t_{дв}^{пор}$  - час руху вагонів від пункту навантаження до пункту вивантаження і назад відповідно, діб;

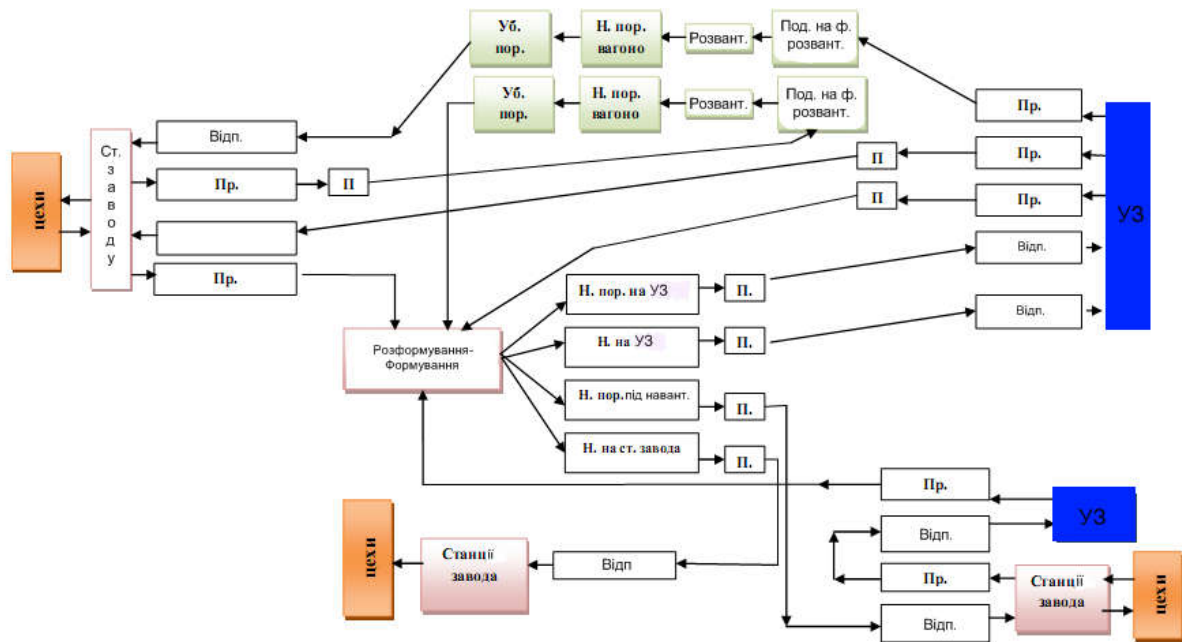
$t_{пн}$  - час знаходження вагонів в пункті навантаження, діб;

$t_{пв}$  - час знаходження вагонів в пункті розвантаження, діб.

Час руху вагонів у вантажному і порожньому стані ( $t_{дв}^{зр}$ ,  $t_{дв}^{пор}$ ), а так само час знаходження в пункті вивантаження  $t_{пв}$  є, так званим, оборотом вагонів по зовнішній мережі, величина якого залежить від завантаженості і якості роботи загальної мережі залізниць і від завантаженості вантажоодержувача або пункту перевантаження на інший вигляд транспорту в змішаному повідомленні. Якщо ж використовується схема обороту вагонів з попутним завантаженням, що характерний для універсального рухомого складу, то час обороту вагонів по зовнішній мережі подовжується.

Час знаходження вагонів в пункті вантаження  $t_{пн}$ , так званий, оборот по виробничому майданчику для таких крупних підприємств, як підприємства металургійної галузі, що мають власну розвинену внутрішню мережу залізниць, може бути задоволене значним і залежить від того який тип

вагонів використовується під вантаження. На рис. 4.1 представлений технологічний процес роботи заводської сортувальної станції, виходячи з якого видно, що вагони під навантаження готової продукції в цехи комбінату можуть поступати як що приходять порожніми з ПАТ «Укрзалізниця», так і з-під вивантаження різного роду вантажів.



#### Умовні позначення:

Пр. – прибуття; П – перестановка; Розв. – розвантаження; Н.пор.вагонів – накоплення порожніх вагонів; Под.на ф.розв. – подача на фронт розвантаження; Уб.пор.вагонів – прибирання порожніх вагонів; Відп. – відправлення; П – перестановка; Н. на ст. заводу – накоплення на станції заводу; Н.пор.на УЗ – накоплення порожніх на УЗ; Н. пор. під навант. – накоплення порожніх під навантаження.

Рис. 4.1 Схема технологічного процесу заводської сортувальної станції

У вагонів тих, що приходять навантаженими на адресу цехів комбінату (в основному це універсальні піввагони) і що використовуються під вантаження готової продукції оборот по виробничому майданчику  $t_{\text{пв}}$  буде

більший, ніж у вагонів тих, що приходять спочатку порожніми (наприклад спеціалізованого рухомого складу).

Так само час знаходження вагонів в пункті вантаження  $t_{\text{шт}}$  залежить від завантаженості внутрішньої мережі залізниць і рівномірності подачі і прибирання складів із станції примикання ПАТ «Укрзалізниця».

Величина потрібного парку вагонів залежить від самого виду вантажу, підмета перевезенню, від того який тип рухомого складу вибраний і від того наскільки вони відповідають один одному, і виражається це в коефіцієнті використання вантажопідйомності  $K_{\text{вп}}^{\text{не}}$ . На залізничному транспорті залежно від коефіцієнта використання вантажопідйомності вантажі ділять на 4 тарифних класу:

I клас — коефіцієнт використання вантажопідйомності = 1,0;

II клас — коефіцієнт = 0,71—0,99;

III клас — коефіцієнт = 0,51—0,70;

IV клас — коефіцієнт = 0,41.

Відповідно до Переліку позицій Єдиної тарифно-статистичної номенклатури вантажів (ЕТСНВ) готова продукція металургійної промисловості відноситься до III класу, за винятком чавуну (II клас).

#### **4.2. Методика визначення критерію оцінки при ухваленні рішень по розподілу вагонів різного типу під навантаження**

Як критерій оцінки правильності ухвалення рішень при розподілі вантажних ресурсів прийнято використовувати мінімум транспортних витрат, для цього нам необхідно визначити з яких складових складається повна вартість доставки вантажу в тому або іншому типі рухомого складу, постаравшись максимально врахувати всі витрати, що виникають при використанні кожного типу вагонів.

При перевезенні готової продукції металургійних підприємств залізничним транспортом використовується як спеціалізований, так і

універсальний пересувний склад. На крупних металургійних підприємствах більшість моделей використовуваних спеціалізованих вагонів для перевезення готової продукції розробляються самим підприємством, що приводить до додаткових витрат, пов'язаних з вартістю необхідного навісного устаткування, вартістю робіт по переобладнанню початкової моделі рухомого складу, а так само пов'язаним з максимальним коефіцієнтом порожнього пробігу, який в даному випадку дорівнює 100 %.

Для зручності кріплення і розміщення вантажу у вагоні при перевезенні металопродукції в універсальному рухомому складі застосовується багатооборотна тара (рами), яка зазвичай належить вантажовідправникові, що вабить до певних складнощів і додаткових витрат, пов'язаних з поверненням даного роду тари після вивантаження у вантажоодержувача або в місці перевантаження продукції на інший вид транспорту.

Вагони, використовувані підприємствами для вивозу власної готової продукції, можуть бути власними, орендованими або такими, що належать парку вагонів УЗ або компаній-операторів. Тариф на перевезення вантажів у власному або орендованому рухомому складі значно нижче, ніж при використанні вагонів загального парку, але у цих вагонів є і свої недоліки: по-перше, виникають витрати на повернення порожніх вагонів, по-друге, для орендованих вагонів це величина самої орендної плати.

Розмір, періодичність і терміни внесення орендної плати встановлюються договором оренди рухомого складу. Величина орендної плати встановлюється власником рухомого складу, зазвичай вона приймається рівній сумі амортизаційних відрахувань і частини прибули від використання даного виду майна. Перша частина цієї суми розраховується класичною методикою визначення амортизаційних відрахувань залежно від первинної вартості і нормативного або середнього терміну окупності. Друга частина залежить тільки від власника і є його комерційною таємницею.

Загальна формула витрат на доставку вантажу у вагоні залізничним транспортом виглядає таким чином, грн. [22,23]:

$$C = T_{гр} + П + А + C_{пол} + a + C_{пог/выг} \quad (4.2)$$

де  $T_{гр}$  – тариф на перевезення вантажу залізничним транспортом, грн.;

$П$  – витрати пов'язані з поверненням порожнього вагону (для власних і орендованих вагонів) і/або поверненням багатооборотної тари, грн.;

$А$  – вартість оренди вагону на час здійснення даного перевезення, грн.;

$C_{пол}$  – плата за користування вагоном за час їх знаходження під вантаженням/вивантаженням (тільки для вагонів загального парку), грн.;

$a$  – амортизаційні відрахування на вагон і/або на переобладнання рухомого складу (для власних вагонів або для власного устаткування), грн.;

$C_{пог/выг}$  – вартість вантаження/вивантаження вантажу в даний рід рухомого складу, грн.

Вартість оренди вагону на час здійснення перевезення визначається по формулі:

$$A = A_{сут} \times \theta_{пол} \quad (4.3)$$

де  $A_{сут}$  – добова орендна плата за вагон, грн/доб.;

$\theta_{пол}$  – повний оборот вагону, складається з часу обороту вагону по зовнішній мережі і по виробничому майданчику, доб.

Амортизаційні відрахування на вагон і/або на переобладнання рухомого складу визначаються по формулі:

$$a = \frac{c_{ваг} + c_{об}}{t_{нор} \times 365} \times \theta_{пол} \quad (4.4)$$

де  $C_{ваг}$ ,  $C_{об}$  – вартість вагону, переобладнання рухомого складу, грн.;

$t_{нор}$  – нормативний термін окупності капітальних вкладень, рік.

Вартість перевезення готової продукції в спеціалізованому рухомому складі, що знаходиться в оренді і переобладнаному коштом підприємства, виглядає таким чином:

$$C_{\text{спец}}^{ap} = T_{\text{зр}}^{ap} + П^{ap} + A_{\text{сут}} \times \theta_{\text{пол}} + C_{\text{поз/выг}} \quad (4.5)$$

Вартість перевезення готової продукції в універсальному рухомому складі, що належить парку вагонів УЗ, виглядає таким чином:

$$C_{\text{ржд}} = T_{\text{зр}}^{\text{ржд}} + П_{\text{тары}} + C_{\text{пол}} + C_{\text{поз/выг}} \quad (4.6)$$

де  $П_{\text{тары}}$  – витрати пов'язані з поверненням багатооборотної тари, грн.

#### **4.3 Особливості застосування спеціалізованого рухомого складу для доставки готовій продукції металургійного комбінату**

Останнім часом керівниками логістичних підрозділів активно висувуються пропозиції по поступовій відмові від спеціалізованих парків вагонів для різних перевезень (як сировини, так і готової продукції) і найбільш широкому застосуванню універсального рухомого складу, який представлений зараз на ринку в надлишку. Ці пропозиції ґрунтуються на економічній ефективності від ліквідації порожнього зворотного пробігу рухомого складу, який незмінно виникає при використанні спецпарку [22].

Але у спеціалізованих вагонів, окрім величезного недоліку у вигляді порожнього пробігу, є і безліч переваг, які практично все можна виразити в економічній формі. Якщо звернутися до історії розвитку вантажних вагонів, то спочатку всі вагони були універсальними, згодом поступово для різних вантажів почали розроблятися і застосовуватися спеціалізовані вагони, які



дозволяють щонайкраще використовувати вантажопідйомність вагону, забезпечити велике збереження вантажів в дорозі проходження, а так само додаткові зручності при проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт. Протягом всього періоду існування залізничного транспорту процес насичення рухомого складу спеціалізованим вагонним парком продовжувався. У перспективі можлива поява нових типів спеціалізованих вагонів [22].

Спробуємо знатися на плюсах і мінусах використання універсального і спеціалізованого рухомого складу на прикладі парку вагонів для перевезення готової продукції металургійного комбінату (стали).

Як вже мовилося раніше, на крупних металургійних підприємствах більшість моделей використовуваних спеціалізованих вагонів для перевезення готової продукції розробляються самим підприємством, що робить даний пересувний склад ще більш вузькоспеціалізованим, призначеним для застосування тільки для продукції цього підприємства. Це приводить до додаткових витрат, пов'язаних з вартістю необхідного навісного устаткування, вартістю робіт по переобладнанню початкової моделі рухомого складу [22].

Для зручності кріплення і розміщення вантажу у вагоні при перевезенні металопродукції в універсальному рухомому складі застосовується багатооборотна тара (рами), яка зазвичай належить вантажовідправникові, що вабить до певних складнощів і додаткових витрат, пов'язаних з поверненням даного роду тари після вивантаження у вантажоодержувача або в місці перевантаження продукції на інший вид транспорту.

Вагони, використовувані підприємствами для вивозу власної готової продукції, можуть бути власними, орендованими або такими, що належать парку вагонів УЗ або компаній-операторів. Тариф на перевезення вантажів у власному або орендованому рухомому складі значно нижче, ніж при використанні вагонів загального парку, але у цих вагонів є і свої недоліки: по-перше, виникають витрати на повернення порожніх вагонів (у

спеціалізованих він досягає 100%), по-друге, для орендованих вагонів це величина самої орендної плати.

Якщо не брати в розрахунок приналежність рухомого складу, а тільки його призначення (універсальний або спеціальний), то аналізуючи розрахунок повних витрат на перевезення стали в різних типах рухомого складу, представлений в пункті 4.2, ми бачимо що частка витрат на перевезення в навантаженому напрямі (тариф) у спеціалізованого і універсального вагону відрізняється трохи. Витрати на повернення спеціалізованого рухомого складу більш ніж у універсальних піввагонів, хоча теж мають місце бути, оскільки при перевезенні стали в піввагонах для розміщення і закріплення вантажу у вагоні використовується спеціальне багатооборотне кріплення - рами, які мають бути повернені вантажовідправникові. Частка витрат на порожній пробіг при поверненні рам відрізняється залежно від того, яка вибрана схема вантаження і розміщення рам у вагоні, ніж більше рам у вагоні при поверненні, тим менша частка цих витрат лягає на перевезення одного вагону навантаженого сталлю. При цьому між вантажовідправниками і перевізником, часто ведуться спори про те, що таке рами - устаткування або багатооборотна тара, і залежно від цього тариф на їх перевезення сильно відрізняється.

Тепер про плюси, у спеціалізованого рухомого складу менше витрати на вантаження-вивантаження, тому ці вагони були розроблені і стали широко застосовуються. У даній методиці витрати вантаження-вивантаження обчислюються виходячи з вартості крано-години і технологічних норм часу на вантаження/вивантаження в різних типах рухомого складу.

Спеціалізований вагон забезпечує не тільки зручність навантаження-вивантаження, але і якнайкраще збереження вантажу, як в дорозі проходження, так і при самому вантаженні або вивантаженні. Більшість підприємств металургійної галузі орієнтовані на експорт [22], тому перевезення залізничним транспортом здійснюється не до кінцевого споживача (покупця), а до місця перевантаження на інший вигляд транспорту

в міжнародному змішаному повідомленні (в більшості випадків на морський вид транспорту). Схеми навантаження в спеціалізований пересувний склад передбачають розміщення рулонів стали у вагоні на створюючу (за винятком штиревих платформ), що враховуючи особливості вантажозахватних механізмів, дозволяє здійснювати перевантаження безпосередньо з вагону на судно і економить місце на причалі, якого отже не хапає. При використанні універсального рухомого складу часто використовуються схеми перевезення не на створюючу, а на торець (підстава циліндра), і це вимагає додаткових операцій кантівки і зміни захватного механізму при перевантаженні в трюм. І тут виникає дуже великий ризик браків, у момент зміни положення рулону в просторі, із-за удару бічною частиною об підлогу. Після цього, при розмотуванні рулону в цеху у одержувача можна спостерігати так зване явище «набігаючої хвилі», що робить сталь абсолютно непридатною для подальшого виготовлення з неї чого-небудь і переводить просто в розряд металобрухту.

На жаль, ми не маємо повних статистичних досліджень по виявленню такого роду браків, а головне економічних наслідків цих явищ. А економічні наслідки можуть бути значними, це не тільки вартість самого металу і його доставки. Сталь є кінцевим продуктом підприємств металургійної галузі і в теж час сировиною для інших підприємств. У цих підприємств є своя виробнича програма, свої клієнти, свої контракти і терміни їх виконання. А головна функція логістики - доставити в потрібне місце потрібному споживачеві в розумні терміни необхідний товар належної якості. І якщо якість виявляється не належним, а товар бракованим, то ми зриваємо всі терміни, всі програми, що зрештою може привести до підриву репутації підприємства, як виробника стали, так і її переробника, і втрати деякої частки сегменту ринку, і відповідно зменшення прибули.

Кажучи про майже 100 % порожньому пробігу у спеціалізованого рухомого складу, потрібно розглянути і той факт, що у цих вагонів оборот по зовнішній мережі має бути менше, ніж у універсальних піввагонів з

попутним завантаженням. Відповідно для освоєння одного і того ж об'єму перевезень може потрібно більша кількість останнього виду вагонів. І будуть більші сумарні амортизаційні відрахування на парк рухомого складу, якщо він власний. Чим менше оборот по зовнішній мережі, тим менше ризик зірвати терміни контрактів за часом, а це теж має свої економічні наслідки [22].

На рис.4.2-4.4 представлені діаграми відвантаження готової продукції (стали) на комбінаті за планом за місячний період. З графіків видно, що відвантаження відбувається нерівномірно, особливо характерний сплеск вантаження в кінці місяця, коли цехи намагаються відвантажити і відправити все те, що вони з різних причин не змогли занурити протягом місяця за планом. Але істотне збільшення добового вантаження в кінці місяця може бути обмежене потужністю вантажних фронтів. В цьому випадку спеціалізований пересувний склад є найбільш придатним для компенсації такого роду сплесків, оскільки для нього технологічні норми часу на відвантаження однієї одиниці рухомого складу менші, ніж у універсальних піввагонів, і в добу можна, відповідно, відвантажити більшу кількість рухомого складу [22].



Рис.4.2 Відвантаження стали в платформах на комбінаті за планом за I місяць



Рис.4.3 Відвантаження стали в платформах на комбінаті за планом за II місяць

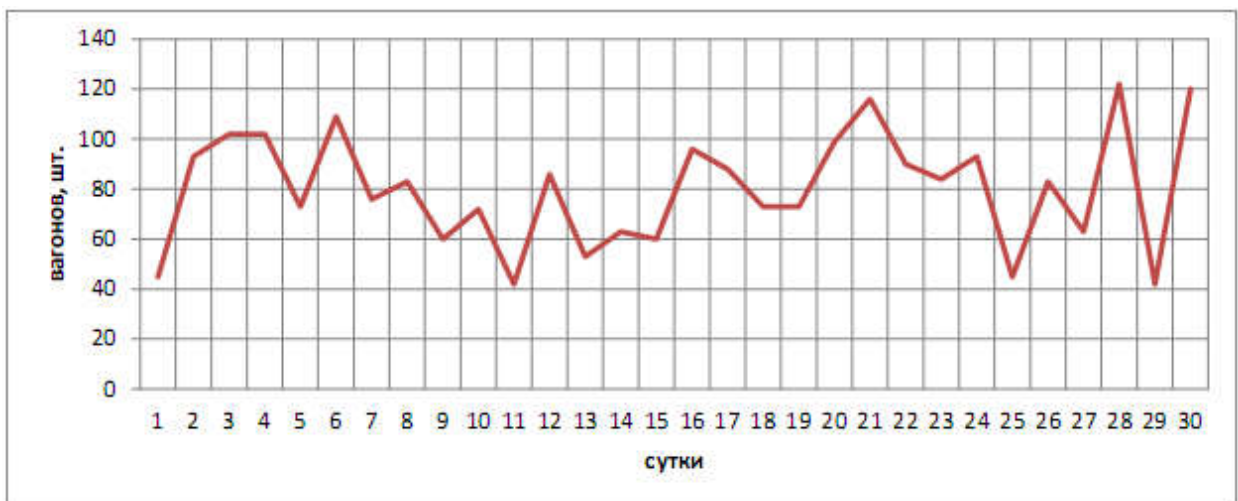


Рис.4.4 Відвантаження стали в платформах на комбінаті за планом за III місяць

Остаточне рішення про ефективність або не доцільність використання спеціалізованого вагонного парку повинне ґрунтуватися на глибокому опрацюванні пропонувананих варіантів організації перевізного процесу, з використанням приведеної методики.

#### **4.4. Застосування динамічного транспортного завдання лінійного програмування для оптимального розподілу вантажних ресурсів**

Нажаль, зараз не існує методики, що визначає ступінь розузгодження виробничого плану вантаження продукції і наявних ресурсів рухомого складу.

Поставлену задачу можна вирішити за допомогою лінійного програмування у вигляді розподільного транспортного завдання. Розподільні завдання пов'язані з діленням ресурсів по роботах, в нашому випадку перевезенням, які необхідно виконати. Завдання цього класу виникають тоді, коли ресурсів, що є в наявності, не вистачає для виконання кожної роботи найбільш ефективним чином (в умовах обмеження запасів вантажних ресурсів). Тому метою рішення задачі, є відшукування такого плану розподілу ресурсів, при якому або мінімізуються загальні витрати, пов'язані з виконанням робіт, або максимізувався отримуваний в результаті загальний дохід. Розподіл ресурсів для одного періоду часу може впливати на розподіли ресурсів для подальших періодів, а може не робити на них ніякого впливу. Якщо кожне з послідовності розподілів не залежить від всіх останніх, то таке завдання називається статичним, в нашому випадку маємо динамічне розподільне завдання.

Через  $A_i$  ( $i= 1, 2 \dots, n$ ) позначимо систему постачальників вантажних ресурсів (вагонів) різного типу, через  $B_j$  ( $j= 1, 2 \dots, m$ ) систему споживачів-цехів.

Завдання полягає в складанні такого плану розподілу вантажних ресурсів, який задовольняє потреби всіх пунктів  $B_j$  по кожній групі взаємозамінних вагонів за рахунок можливостей  $A_i$  при мінімальних витратах.

Об'єми підходу вантажних ресурсів із зовнішньої мережі міняються в часі і рівні

$$a_i(t) = a_1(t_1), a_2(t_2), a_3(t_3), \dots, a_i(T) \quad (4.7)$$

Об'єми споживання цехами-виробниками даних ресурсів під різні види готової продукції рівні

$$b_j(t) = b_1(t_1), b_2(t_2), b_3(t_3), \dots, b_j(T) \quad (4.8)$$

Рівняння запасу даних ресурсів на станціях комбінату виглядає таким чином:

$$X_i(t+1) = X_i(t) + a_i(t) - \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n U_{ij}(t) \quad (4.9)$$

де  $X_i(t)$  – об'єм вантажних ресурсів  $i$ -го постачальника незатребуваний в попередній момент часу

$a_i(t)$  – підхід ресурсів із зовнішньої мережі

$U_{ij}(t)$  – основна змінна, партія вагонів розподілювана з вантажних ресурсів від  $i$ -го постачальника в  $j$ -ий цех у момент часу  $t$ .

Рівняння запасу продукції (у вагонах) в цеху у споживача виглядає таким чином:

$$X_j(t+1) = X_j(t) + b_j(t) - \sum_{i=1}^m \sum_j U_{ij}(t) \quad (4.10)$$

де  $X_j(t)$  – бракуючий об'єм вантажних ресурсів в  $j$ -м цеху в попередній момент часу;

$b_j(t)$  – потреба цеху в ресурсах у момент часу  $t$ .

Тоді рівняння балансу потрібних наявних ресурсів виглядає таким чином:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m a_i(t) = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n U_{ij}(t) = \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n b_j(t) \quad (4.11)$$

За умов не природної негативності постачань і запасів:

$$U_{ij}(t) \geq 0, X_i(t) \geq 0, X_j(t) \geq 0, \quad (4.12)$$

Потрібно знайти оптимальний в динаміці план розподілу вантажних ресурсів з ш\ п функціонала витрат наступного вигляду

$$F = \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n U_{ij}(t) \times C_{ij}(t) + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m X_i(t) \times C'_i(t) + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^n X_j(t) \times C''_j(t) \Rightarrow \min \quad (4.13)$$

де  $C_{ij}(t)$  – вартість розподілу вантажних ресурсів з урахуванням їх подальшого використання в транспортному процесі;

$C'_i(t)$  – вартість збитку із-за відвантаження продукції із запізненням;

$C''_j(t)$  – вартість втрат від вимушеного простою рухомого складу.

Приведене формулювання транспортного завдання, коли виконується рівняння балансу (4.11), називається замкнутою транспортною моделлю. Якщо ж умова не виконується, то завдання називається відкритим і вимагає приведення до закритої форми шляхом введення фіктивного постачальника

або фіктивного споживача об'ємом перевезень рівним різниці між  $\sum_{i=1}^m a_i$  і  $\sum_{j=1}^n b_j$ .

Якщо завдання спочатку є відкритим, то вже на первинному етапі рішення ми можемо говорити про нераціональність розмірів існуючого вагонного парку. Тут можливий 2 варіанти:

$$1) \sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j \quad (4.14)$$



Це означає, що сумарні запаси наявних вантажних ресурсів перевищують попит на них, тобто існуючі розміри вагонного парку більш ніж того вимагає існуюче виробництво готової продукції. А це має ряд серйозних наслідків.

Надлишок рухомого складу, по-перше, приводить до омертвляння оборотних фондів, вагони фактично є, але вони простоюють і не використовуються за призначенням. По-друге, ці вагони простоюють на шляхах промислового підприємства, а це вже у свою чергу негативно позначається на роботі всієї промислової транспортної системи. Перевантаження інфраструктури промислового залізничного транспорту, із-за надмірності рухомого складу що знаходиться в ній, приводить не тільки до погіршення роботи по вивозу самої готової продукції, але і до погіршення роботи по постачанню цехів підприємства всім необхідним, що у свою чергу може загрожувати ритмічності виробничого процесу.

В цьому випадку ми можемо говорити про необхідність скорочення розмірів існуючого вагонного парку на величину  $\Delta p$ , за відсутності найближчим часом планованого збільшення випуску підприємством готової продукції.

Величина  $\Delta p$  визначається як різниця  $\sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$  з урахуванням оборотності платформ по зовнішній мережі залізниць і усередині підприємства за досліджуваний період:

$$\Delta p = \left( \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j \right) \cdot k_{об} \quad (4.15)$$

де  $k_{об}$  - коефіцієнт повний оборот рухомого складу, що враховує.

Скорочення незатребуваного рухомого складу може принести прибуток, якщо його здати в оренду або продати.

Відповідь на питання том, який саме тип вагонів необхідно скоротити на величину  $\Delta p$ , дозволяє дати подальше рішення задачі з введенням фіктивного споживача  $V_{n+1}$ .

Хотілося б звернути увагу на те, що надлишок рухомого складу (4.15) може бути так само викликаний істотним розузгодженням темпів відвантаження готової продукції за планом і темпів надходження порожнього рухомого складу із зовнішньої мережі, в цьому випадку, якщо це економічно виправдано, то скорочення рухомого складу не потрібне. Відповідь на це питання може бути дана тільки після рішення задачі з введенням фіктивного споживача  $V_{n+1}$  і аналізу отриманих результатів.

$$2) \sum_{i=1}^m a_i < \sum_{i=1}^n b_i \quad (4.16)$$

У другому варіанті, коли сумарна потреба цехів у вагонах перевищує наявний ресурс, то ми можемо говорити про дефіцит рухомого складу. В цьому випадку необхідно збільшити частку універсального рухомого складу, що привертається, для компенсації сплеску вантаження в досліджуваний період. Якщо ж ситуація повторюється при подальшому дослідженні в інші періоди часу  $T$ , то ми можемо говорити про необхідність збільшення

існуючого постійного вагонного парку на величину різниці  $\sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i$  з урахуванням коефіцієнта оборотності вагонів. Відповідь на питання том, який саме тип вагонів необхідно збільшити на дану величину, дозволяє дати подальше рішення задачі з введенням фіктивного постачальника  $A_{n+1}$ .

Рішенням задачі є оптимальний план розподілу, представлений у вигляді слабкої заповненої блоково-діагональної матриці розмірністю  $m \times n$  (рис. 4.5). Рішення задачі може проводитися будь-яким з відомих способів вирішення транспортних завдань (метод потенціалів, симплекс - метод і так далі). За оцінкою безлічі вітчизняних учених, метод потенціалів при

вирішенні завдань в матричній формі є одним з що найшвидше приводять до оптимуму.

Дані плану-матриці розподілу рухомого складу зводяться в таблицю оптимального плану розподілу (табл. 4.1), а загальні результати - в таблицю сумарних витрат на доставку продукції в різних типах рухомого складу (табл. 4.2). Таким чином, рішення задачі дозволяє отримати:

- оптимальний план розподілу вантажних ресурсів по мінімуму транспортних витрат;
- моменти розузгодження виробничої програми по відвантаженню готової продукції і надходженню порожнього рухомого складу, а так само визначити ступінь їх розузгодження:

\* по кількості фактів розузгодження;

\* за часом розузгодження;

	$B_1(1)$	$B_1(2)$	$B_1(3)$	.....	$B_1(T)$	$B_2(1)$	$B_2(2)$	$B_2(3)$	.....	$B_2(T)$	.....	$B_n(1)$	$B_n(2)$	$B_n(3)$	.....	$B_n(T)$	
$A_1(1)$	$U_{11}(1)$			.....		$U_{12}(1)$			.....			$U_{1n}(1)$					$a_1(1)$
$A_2(1)$	$U_{21}(1)$			.....		$U_{22}(1)$			.....			$U_{2n}(1)$					$a_2(1)$
$A_3(1)$	$U_{31}(1)$			.....					.....			$U_{3n}(1)$					$a_3(1)$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$A_m(1)$	$U_{m1}(1)$			.....		$U_{m2}(1)$			.....			$U_{mn}(1)$					$a_m(1)$
$A_1(2)$		$U_{11}(2)$		.....			$U_{12}(2)$		.....				$U_{1n}(2)$				$a_1(2)$
$A_2(2)$		$U_{21}(2)$		.....			$U_{22}(2)$		.....				$U_{2n}(2)$				$a_2(2)$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$A_m(2)$		$U_{m1}(2)$		.....			$U_{m2}(2)$		.....				$U_{mn}(2)$				$a_m(2)$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$A_1(T)$				.....	$U_{11}(30)$				.....	$U_{12}(30)$						$U_{1n}(30)$	$a_1(T)$
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
$A_m(T)$				.....	$U_{m1}(30)$				.....	$U_{m2}(30)$						$U_{mn}(30)$	$a_m(T)$
	$b_1(1)$	$b_1(2)$	$b_1(3)$	.....	$b_1(T)$	$b_2(1)$	$b_2(2)$	$b_2(3)$	.....	$b_2(T)$	.....	$b_n(1)$	$b_n(2)$	$b_n(3)$	.....	$b_n(T)$	

Рис. 4.5 План – матриця перевезення продукції в різних типах рухомого складу

- \* по кількості вагонів;
- \* по долі вартості втрат від розузгодження;
- на підставі оптимального плану і виявлених фактів розузгодження за наявності можливості ухвалити рішення по корекції виробничої програми.

Таблиця 4.1

## Оптимальний план-розподілу рухомого складу

Поставщик	Потребитель	Объём перевозки	Время*	Время**	Стоимость перевозки	Потери от опоздания	Потери от простоя	Общая стоимость
$A_i$	$B_j$	$U_{ij}$	$t^*$	$t^{**}$	$U_{ij}C_{ij}$	$X_jC'_i$	$X_iC''_j$	$F$

\* – запізнення відвантаження продукції через відсутність рухомого складу;

\*\* – простій рухомого складу в очікуванні відвантаження.

Таблиця 4.2

## Сумарні витрати на одиницю продукції

Загальний об'єм перевезень, ваг	Загальний час затримки, ваг/доб.	Загальний час простою, ваг/доб.	Сумарна вартість перевезення, грн..	Сумарні витрати від затримки, грн..	Сумарні витрати від простою, грн..	Сумарна загальна вартість, грн..
$\sum U_{ij}$	$\sum t^*$	$\sum t^{**}$	$\sum U_{ij}C_{ij}$	$\sum X_jC'_i$	$\sum X_iC''_j$	$\sum F$

## 4.4.1. Втрати із-за очікування рухомого складу

Відвантаження готової металопродукції здійснюється на основі договорів постачання, що укладаються між постачальником (виробником) і покупцем готової продукції. Невчасне відвантаження продукції через відсутність необхідного рухомого складу може привести до порушення

термінів постачання передбачених договором, що у свою чергу накладає на постачальника відповідальність у вигляді штрафних санкцій.

Так в середньому по типових договорах постачання продукції крупних вітчизняних металургійних підприємств за порушення термінів постачання продукції, передбачених договором, покупець має право стягнути з постачальника неустойку у розмірі 0,03% вартості не поставленої (що недопоставляє) в строк продукції за кожен день прострочення, але не більше 2% від її вартості.

#### *4.4.2. Втрати із-за вимушеного простою рухомого складу в очікуванні відвантаження*

Вимушений простій рухомого складу в очікуванні відвантаження готової продукції приводить до додаткових витрат зв'язаним, як з не використанням рухомого складу, так і із заняттям вагонами станційних шляхів в очікуванні вантаження.

Витрати пов'язані з невикористанням рухомого складу (непродуктивний простій) визначаються залежно від приналежності:

- для орендованих вагонів - ці витрати пов'язані із сплатою орендної плати за вагон за весь час непродуктивного простою;

- для власних вагонів - це так звана «упущена вигода», що є неотриманим доходом від невикористання власних вагонів. Умовно як упущена вигода можна так само прийняти середню ринкову вартість оренди даного типу рухомого складу;

- для вагонів загального парку - це плата за користування і штрафні санкції, що нараховуються за знаходження вагону на внутрішній мережі залізниць підприємства понад нормативний термін обороту вагонів загального парку відповідно до укладеного договору Єдиного технологічного процесу роботи під'їзного шляху і станції підприємства.

Витрати пов'язані із заняттям станційних шляхів рухомим складом в очікуванні відвантаження можна визначити як амортизацію капітальних

вкладень в будівництво 1 км. станційних шляхів що доводиться на 1 вагон в добу (грн./доб.):

$$A_{\text{ваг}}^{\text{ваг}} = \frac{l_{\text{ваг}}^{\text{полн}} \cdot K_{\text{пути}}}{T_{\text{ок}} \cdot 365} \quad (4.17)$$

де  $l_{\text{ваг}}^{\text{полн}}$  – повна довжина вагону, м ;

$K_{\text{пути}}$  – вартість капітальних вкладень в будівництво 1 км. залізничних колій (від 3 до 6 млн. грн./км. залежно від типу шляху і використовуваних матеріалів), грн./км.

#### 4.5. Розрахунок оптимального плану розподілу вантажних ресурсів

Застосуємо математичний апарат динамічного транспортного завдання мінімізації транспортних витрат для пошуку оптимального плану розподілу парку рухомого складу, призначеного для перевезення стали в рулонах. Перевезення інших типів готової металопродукції (наприклад, слябів і відповідних їм спеціалізованих платформ) на пряму ніяк не взаємозв'язане з перевезеннями стали, оскільки спеціалізований пересувний склад для перевезення стали і для перевезення інших типів готової металопродукції не можуть бути взаємозамінні, тому було ухвалено рішення не враховувати ці перевезення при побудові математичної моделі.

Оскільки початкові дані по плановому відвантаженню стали і надходженню рухомого складу із зовнішньої мережі були узяті з реальної дійсності (статистичні дані) і вже проводилися різного роду спроби по оптимізації парку вагонів для здійснення даних перевезень, те рівняння балансу потрібних наявних ресурсів (4.15) виконується і завдання спочатку є закритим.

Розрахунки проводяться на підставі даних про план відвантаження стали за контрактом на металургійному підприємстві за 30 діб і прогнозі

надходження вантажних ресурсів із зовнішньої мережі залізниць в цей же період.

Умовно прийнято, що об'єми постачань і споживання вимірюватимуться у вагонах, пересувний склад для основних типів сталі, що випускається, в рулонах є на 100% взаємозамінним між собою, за винятком випадків, коли певний тип рухомого складу абсолютно не придатний для перевезення продукції певного споживача-цеху, що виражається в системі заборон. Хай дані:

- система постачальників рухомого складу  $A$  різного типу  $i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$  (спеціальні платформи типу «правдинські», «модернізовані», «важкі», «штир'єві», піввагони власні, орендовані і загального парку відповідно). Під орендованими піввагонами тут маються на увазі вагони, що знаходяться в короткостроковій оренді, тобто використовувані під разові перевезення. Вагони, що знаходяться в довгостроковій оренді, при рішенні даної задачі враховувалися як власні піввагони, оскільки повна вартість перевезень в них трохи відрізняється від вартості перевезень у власних піввагонах;
- система споживачів-цехів  $B$  з пунктами споживання  $y = 1, 2, 3$ ; (цех по виробництву гарячого прокату (ПГП), цех по виробництву холодного прокату і сталі з полімерними покриттями (ПХПП), цех по виробництву динамної сталі (ПДС);
- відомі об'єми підходу вантажних ресурсів, змінні в часі, ваги. у момент часу  $t$ ;
- відомі об'єми споживання вагонів виробничими цехами, змінні в часі, ваги. у момент часу  $t$ ;
- відома повна вартість використання даного типу рухомого складу для перевезення готової продукції не залежна від споживача, грн.

$$C_{ij} = \begin{vmatrix} \times\times\times\times & 88282 & 88282 \\ 87172 & 87172 & 87172 \\ 87816 & 87816 & 87816 \\ 86497 & \times\times\times\times & \times\times\times\times \\ 81836 & 81836 & 81836 \\ 72100 & 72100 & 72100 \\ 103900 & 103900 & 103900 \end{vmatrix},$$

де  $\times\times\times\times$  позначена неможливість використання ресурсів даного постачальника вагонів для задоволення потреб даного цеху по технічних причинах (рід рухомого складу не підходить для перевезення продукції цеху). У подальше при рішенні задачі, щоб заборонити перевезення від окремих постачальників до окремих споживачів, необхідно призначити скільки завгодно велику величину вартості перевезень відповідну цим кліткам.

Повна вартість використання вагонів для перевезення розрахована згідно методиці приведеною в п. 4.2. для кожного типу рухомого складу для середньозваженому тарифу і обороту вагонів, що враховують, яка частка вагонів в якому напрямі буде відвантажена. відома величина середньої вартості збитку із-за відвантаження продукції із запізненням на добу, грн. (п.4.4.1). При експортній вартості російського холоднокатаного прокату в рулонах 660-670\$/тн і гарячекатаного прокату в рулонах 560-570\$/тн, середній місткості рухомого складу 61 т і офіційному курсі долара 27 грн. середня вартість неустойки за прострочення доставки 1 вагону на одну добу складе:

$$C_{cp}' = 33764 \text{ грн.}$$

Відома вартість втрат від вимушеного простою рухомого складу за одна доба (п.4.4.2). грн.:

$$C''_{a1} = 706; \quad C''_{a2} = 566; \quad C''_{a3} = 575; \quad C''_{a4} = 587; \quad C''_{a5} = 1123; \quad C''_{a6} = 746; \\ C''_{a7} = 5600.$$



Потрібно знайти оптимальний план розподілу рухомого складу по критерію мінімуму транспортних витрат.

На підставі початкових даних побудований план-матриця перевезення вантажів розміром 90x210. Знаходження оптимального плану для вирішення матриці такого розміру і за таких умов доцільного проводити з використанням спеціального програмного забезпечення і сучасних електронно-обчислювальних машин (ЕОМ).

Підсумкові результати розрахунків зводяться в таблиці. 4.3, в якій приводяться основні техніко-економічні параметри розподілу вантажних ресурсів: (розрахунковий об'єм, час запізнення і простою вагонів, витрати).

Таблиця 4.3

## Сумарні витрати на одиницю продукції

Загальний об'єм перевезень, ваг	Загальний час затримки, ваг/доб.	Загальний час простою, ваг/доб.	Сумарна вартість перевезення, грн..	Сумарні витрати від затримки, грн..	Сумарні витрати від простою, грн..	Сумарна загальна вартість, грн
5264	135	81	452185	45412	51236	498110

Для того, щоб проаналізувати зв'язок надлишку або дефіциту одного типу рухомого складу з надлишком/дефіцитом інших типів вагонів, на основі результатів була побудована загальна діаграма динамічної потреби і надлишку різних типів рухомого складу в одне і теж час (рис. 4.6).

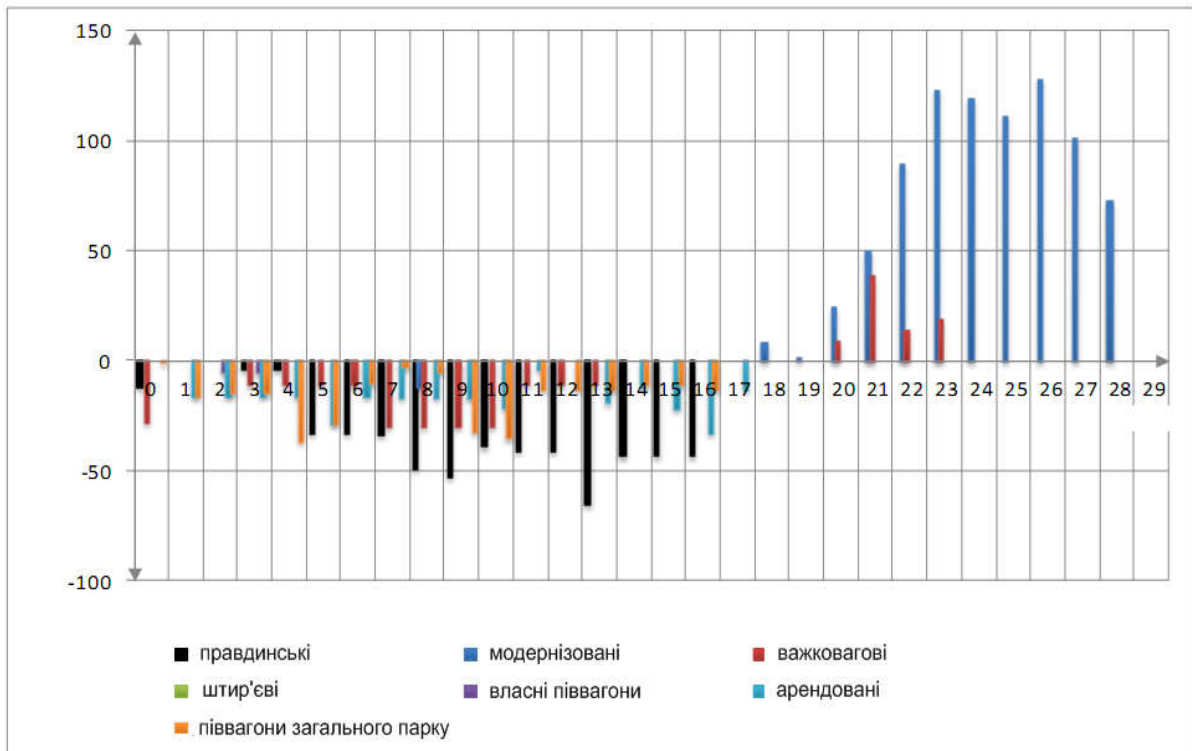


Рис. 4.6 Діаграма динамічної потреби і надлишку рухомого складу для перевезення стали

Як видно із загальної діаграми, не було виявлено моментів розузгодження зв'язаних з надміром одних типів рухомого складу і дефіцитом інших в один і той же час, що обумовлене досить високим ступенем взаємозамінюваності вагонів в структурі парку.

У першій половині досліджуваного періоду ми спостерігаємо дефіцит всіх типів вагонів, що означає загальний брак рухомого складу для виконання плану відвантаження. Це можна пояснити тим, що в кінці попереднього періоду був великий об'єм відвантаження продукції, і пересувний склад ще не встиг повернутися із зовнішньої мережі залізниць після вивантаження у вантажоодержувача (перевантаження на інший вигляд транспорту). У другій половині досліджуваного періоду ми, навпаки, спостережуваній простий деяких типів рухомого складу («модернізованих» і «важких» платформ), який згодом ліквідується за рахунок наростання

темпів відвантаження готової продукції протягом декількох останніх діб досліджуваного періоду.

Всього за наслідками оптимального плану розподілу рухомого складу виявлено 65 моментів розузгодження виробничої програми. Як видно із загальної діаграми, велика частина розузгоджень пов'язана з дефіцитом вагонів, коли відвантаження продукції здійснюється із запізненням через відсутність в наявності порожнього рухомого складу і це приводить до істотних додаткових матеріальних витрат (45 924 грн.). Отримані результати дозволяють сформувати схему управління ТВК з метою оптимізації розподілу його ресурсів.

#### **4.6 Формування перспективної схеми управління ТВК з метою оптимізації розподілу його ресурсів.**

Раніше було визначено, що основним і найбільш відповідним підходом до управління логістичними системами є прийняття рішень на підставі результатів імітаційного моделювання даних систем для відповідно спланованих і сформованих наборів вихідних даних.

Елементарною одиницею попиту на послуги ТВК запропоновано вважати обслуговування вагону, що надійшов у складі поїзду. Елементарну одиницю попиту  $w$  на послуги ТВК визначаємо як сукупність виділених характеристик:

$$w = \{q; \Gamma; k; FO\} \quad (4.18)$$

де  $q$  – вантажопідйомність вагону, т;

$\Gamma$  – коефіцієнт використання вантажопідйомності вагону;

$k$  – код типу вагону;

$FO$  – власник вантажу (вагону).

Сукупність вагонів формує вантажний поїзд. Характеристиками поїзду як одиниці попиту є кількість вагонів та інтервал його прибуття до ТВК.

Формально вантажний поїзд є наступною сукупністю:

$$T = \left\{ \bigcup_{i=1}^{N_w} w_i; \text{ж} \right\} \quad (4.19)$$

де  $T$  – вантажний поїзд;

$N_w$  – кількість вагонів в поїзді;

$\text{ж}$  – інтервал прибуття поїзду до ТВК, год.

Використовуючи запропонований апарат визначень при розгляді попиту на послуги ТВК протягом деякого періоду часу, можна стверджувати, що обсяг попиту є сумою випадкових величин кількості вагонів  $N_w$  в складі вантажних поїздів, які надходять до ТВК з деяким випадковим інтервалом  $\text{ж}$ . Формально дане твердження можна записати наступним чином:

$$Q_w = \sum_{i=1}^{N_T} \tilde{N}_{wi} \quad (4.20)$$

де  $Q_w$  – попит на послуги ТВК, вагони/період;

$N_T$  – кількість вантажних поїздів, що надійшли до ТВК протягом періоду часу, що розглядається, поїзди/період;

$\tilde{N}_{wi}$  – випадкова величина кількості вагонів у складі вантажного поїзду, вагони/поїзд.

При виконанні попереднього аналізу було встановлено, що формування цільової функції для оптимізації процесів в ТВК необхідно проводити окремо для рівнів управління процесу функціонування ТВК.

В якості критерію ефективності на стратегічному рівні вирішено було використовувати питомий показник, використання якого з однієї сторони, враховує цілі функціонування ватажного комплексу на ринку транспортних послуг, а з іншої – ефективність використання інвестованих в матеріальну базу ТВК фінансових засобів:

$$\Pi_{\text{ОФ}} = \frac{\Pi_t}{\text{ОФ}_t} \rightarrow \max \quad (4.21)$$

де  $\Pi_{\text{ОФ}}$  – питомий прибуток підприємств ТВК на одиницю вартості основних фондів ватажного комплексу;

$\Pi_t$  – прибуток підприємств ТВК за період часу  $t$ , грн;

$\text{ОФ}_t$  – вартість основних фондів ТВК на момент закінчення періоду  $t$ , грн.

Прибуток ТВК оцінюється як різниця сумарного доходу підприємств вантажного комплексу і витрат за відповідний період часу:

$$\Pi_t = D_t - V_t \quad (4.22)$$

де  $D_t$  – дохід підприємств вантажного комплексу за період часу  $t$ , грн;  $V_t$  – сумарні витрати ТВК на протязі періоду  $t$ , грн.

Сумарні доходи за період  $t$  визначаються на підставі добутку обсягів вантажної роботи і тарифів на виконання відповідних видів робіт:

$$D_t = \sum_{i=1}^{\tilde{N}_T} \sum_{j=1}^{\tilde{N}_W} q_{ij} \cdot \Gamma_{ij} \cdot T_{ij} \quad (4.23)$$

де  $T_{ij}$  – зведена до 1 т сума тарифів на виконання операції з обслуговування в ТВК  $i$ -ого вагону в складі  $j$ -ого поїзда, грн/т.