

## **ФОРМУВАННЯ ГНУЧКОЇ СИСТЕМИ ЛОГІСТИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖУ ЗАЛІЗНИЦЯМИ УКРАЇНИ**

**Буцько Т.В., д.т.н., проф., Ломотько Д.В., Мкртчян Д.І., к.т.н., доценти  
(УкрДАЗТ)**

*Запропоновано підхід до рішення задачі оптимізації логістичного ланцюгу доставки вантажів за критерієм отримання ефекту як вантажовласником, так і залізницею. Для пошуку оптимального рішення в моделі використано нечіткий термін доставки вантажів з урахуванням принципу скорочення часу прямування. На базі розглянутої моделі з єдиних методологічних позицій можливо створити єдину систему підтримки прийняття управлінських рішень щодо перерозподілу вантажопотоків на залізницях.*

### **1. Вступ**

Залізничний транспорт є базовою складовою єдиного транспортного комплексу України: на нього припадає більше 80% загальних обсягів вантажних перевезень. Залізниці України мають найбільш розвинуту і протяжну інфраструктуру на транспортній мережі, охоплюють всі стратегічні і економічно важливі регіони та є основою системи міжнародних транспортних коридорів. Все це сприяє заснуванню та розвитку системи логістичних центрів Укрзалізниці та формуванню логістичних ланцюгів доставки вантажів у процесі управління вантажопотоками у масштабах всього транспортного комплексу країни. При цьому слід враховувати те, що при виборі того чи іншого виду транспорту для перевезення, вантажовласник висуває свої вимоги до якості функціонування транспортної системи.

### **2. Постановка проблеми**

В умовах транспортного ринку підвищення конкурентоспроможності залізниць можливо тільки за рахунок надання транспортно-логістичних послуг з принципово новою якістю, що максимально відповідають вимогам і побажанням вантажовласників до системи доставки вантажів. При рішенні логістичних проблем надзвичайно важливо всебічно враховувати не тільки динаміку розвитку підприємств-споживачів транспортних послуг, але і зміни у системі, яка забезпечує зберігання, переробку і транспортування товарних ресурсів. Ці фактори суттєво впливають на структуру каналів постачання, і каналів збуту, які є складовими елементами логістичних ланцюгів.

Роль і значення транспортно-складського забезпечення у логістиці може змінюватись залежно від конкретних умов просування матеріального потоку. Очевидно, що чим менший час вантаж перебуває у путі прямування та на складі,

тим ефективніше вважається логістичний ланцюг. З класичної точки зору оптимальної вважається система доставки "з коліс" при відсутності складів. На практиці реалізація цієї системи просування матеріального потоку з урахуванням принципу "точно в строк" майже нереальна. Тому для якісної роботи залізниці повинні планувати обслуговування з урахуванням наявності найвигідніших напрямків прямування вантажів з мінімальними затримками на шляху прямування.

### **3. Аналіз нормативних актів, досліджень і публікацій**

Рішенню задачі скорочення терміну доставки, як однієї з основних вимог вантажовласників, у нормативних та наукових джерелах присвячено багато уваги. Згідно до /1/ відповідальність залізниці закріплено у статті 116, де зазначено, що за несвоєчасну доставку вантажу у найгіршому випадку вантажовласнику відшкодується до 30 % від провізної плати. Спроба компенсувати додаткові витрати залізниці при перевезенні вантажів великою швидкістю полягає у збільшенні у 2 рази відповідної тарифної схеми згідно до п. 23 /2/. В багатьох випадках ці підходи не привабливі ні для залізниці, ні для вантажовласника.

Дослідження проблеми формування оптимального маршруту прямування поїздів з урахуванням скорочення часу перевезення в рамках логістичного обслуговування здійснюється як в Україні /3, 4/, так і за кордоном /5, 6/. Нажаль у більшості публікацій використовуються детерміновані математичні моделі і відсутня прив'язка до конкретних умов мережі залізниць та вимог вантажовласників.

### **4. Формулювання цілей (постановка завдання)**

Транспортне обслуговування на залізницях України повинно бути спрямовано на формування системи логістичних центрів, важливими функціями яких є оптимізація маршрутів прямування поїздів на базі логістичних ланцюгів доставки при безумовному виконанні договірних термінів перевезення. Конкурентна ситуація на ринку транспортних послуг вимагає всебічного врахування інтересів і вимог вантажовласників, в першу чергу – з точки зору якості обслуговування. Аналіз динаміки показників роботи транспортного комплексу підтверджує актуальність рішення задачі формування на мережі залізниць логістичних ланцюгів, ефективність функціонування яких полягає у тому числі в отриманні позатранспортного ефекту від зменшення транспортної кількості руху, що виміряється в тоно-годинах або вагоно-годинах.

### **5. Формування гнучкої системи логістичних ланцюгів доставки вантажу залізницями України**

Важливу роль у підвищенні якості транспортно-логістичного сервісу можуть відігравати наступні чинники:

– створення високоефективного інформаційного середовища для визначення маршруту прямування і управління доставкою вантажів у прямому та

змішаному сполученнях;

- організація контролю за транспортними та вантажними одиницями на всьому шляху прямування та інформування про це вантажовласників;
- надання комплексних логістичних послуг у співробітництві з експедиторськими та іншими транспортними організаціями, у т.ч. закордонними;
- забезпечення схоронності перевезених вантажів;
- неухильне дотримання договірних термінів доставки;
- проведення гнучкої тарифної політики при тісній взаємодії з іншими видами транспорту, банками, митницями, податковими інспекціями та іншими контролюючими органами.

В логістичних технологіях термін доставки вантажу має важливе значення як для вантажовласника, так і для економіки країни, оскільки він істотно впливає на оборотній капітал, тобто на матеріальні оборотні кошти /7/. Якщо скорочується термін доставки, то він не затримується на складі і швидше надходить у процес виробництва або споживання. Той самий вантаж, що перебуває в русі від виробника до споживача, може мати різну вартість (рис. 1). Це відбувається в наслідок того, що через технологічні особливості термін доставки вантажу може досить значно коливатися.

Управління ланцюгом доставки можливо здійснити за рахунок мінімізації загальної величини вартості  $N$  товарних ресурсів, які перебувають на транспорті

$$B_{\text{шл}} = \sum_{j \in N} \left[ \frac{Q_j b_j}{365} \sum_{i \in D_j} (T_{ij} (1 + v_{ij})) \right] \rightarrow \min, \quad (1)$$

- де  $Q_j$  – річна потреба у  $j$ -му матеріальному ресурсу, т;  
 $b_j$  – питома вартість  $j$ -го матеріального ресурсу, грн./т;  
 $T_{ij}$  – договірний термін доставки  $j$ -го ресурсу по  $i$ -му логістичному ланцюгу, діб;  
 $v_{ij}$  – коефіцієнт варіації коливань терміну  $T_{ij}$ ;  
 $D_j$  – множина логістичних ланцюгів для доставки  $j$ -го типу ресурсу.

Перевізник може здійснити мінімізацію загальної вартості матеріальних ресурсів на шляху прямування  $B_{\text{шл}}$  за рахунок зменшення терміну доставки на величину  $\Delta T_{ij}$  з використанням іншого виду транспорту, застосування сучасних навантажо-розвантажувальних технологій, переходу на транспортні пакети і контейнери. Очевидно, що при розрахунку ефекту різниця в терміні доставки  $\Delta T_{ij}$  буде мати першочергове значення для матеріальних потоків, які містять у себе високовартісну продукцію або для масових вантажів. Значення  $\Delta T_{ij}$  на практиці може бути використано у якості критерію вибору тих логістичних ланцюгів, які забезпечують надходження матеріальних ресурсів безпосередньо до споживача без зберігання на складі та призводять до скорочення необхідного парку вагонів.

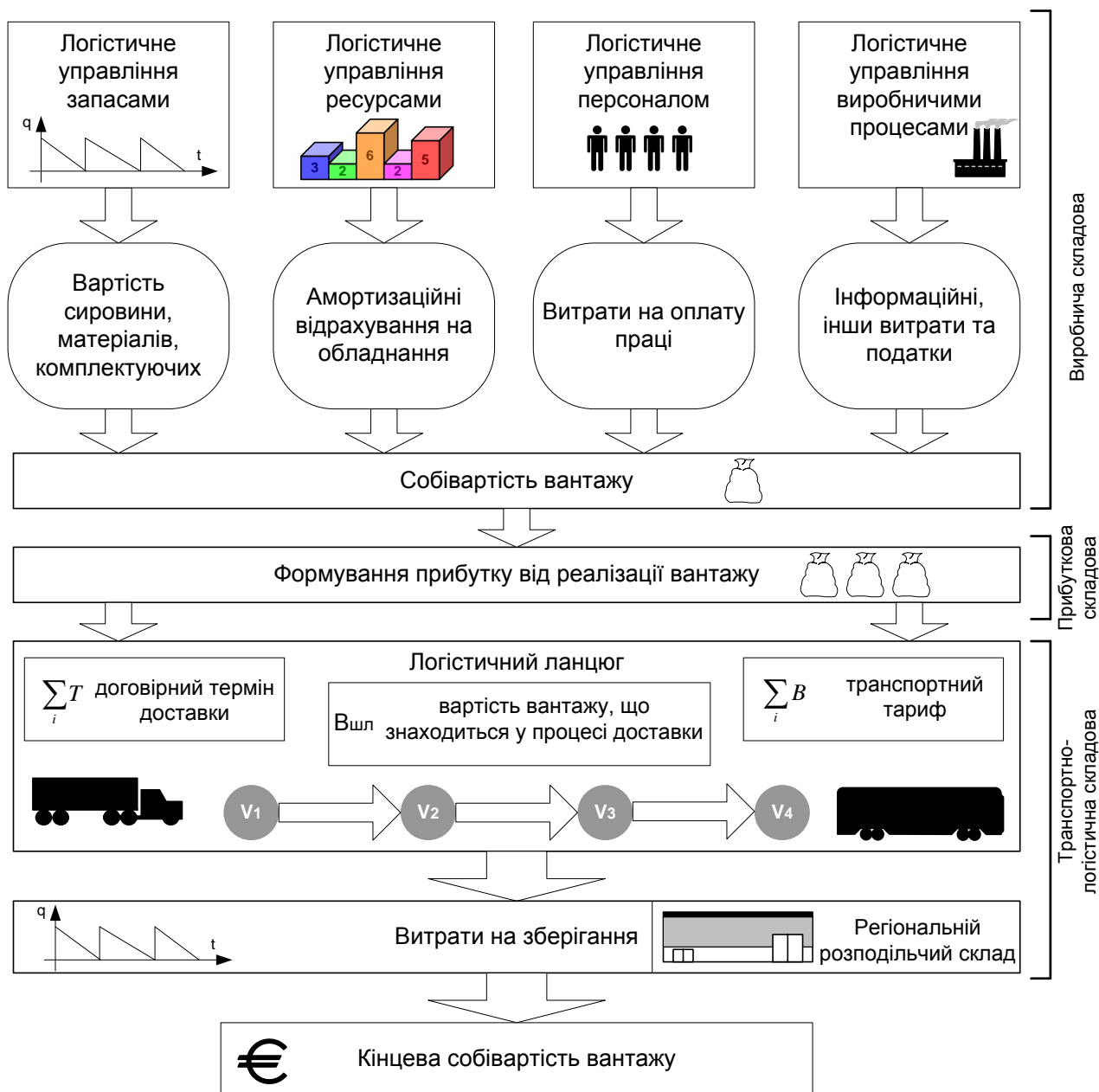


Рисунок 1 – Формування логістичних витрат і кінцевої собівартості вантажу

Представимо мережу залізниць України (рис. 2) у вигляді неорієнтованого графу  $\mathbf{G}(V, D)$ , де  $V$  – множина вузлових (сортувальних та дільничних) станцій, які є вершинами графу  $v_i \in V, i \in [1; n]$  (табл.1),  $D$  – множина залізничних дільниць, які примикають до станцій,  $d_{ij} \in D, i, j \in [1; n], i \neq j$ . Кожний логістичний ланцюг  $\lambda \in \Lambda$  на мережі  $\mathbf{G}$  з початкової вершини (витік) до кінцевої (стік) характеризує процес перевезення. Будемо вважати, що пункти зародження та погашення вантажопотоків знаходяться у районі тяжіння вершин  $V$ , тому з точки зору формування логістичного ланцюгу доставки задачу буде зведено до знаходження

маршруту  $\lambda$ , який забезпечує мінімальний термін доставки з можливо мінімальними витратами.

Розглянемо наступну модель. Кожної ділянки  $d_{ij}$  мережі поставимо у відповідність провізну спроможність  $q_{ij}$  і час прямування  $t_{ij}^o$  по ділянці. Витрати від переробки вантажопотоку та його затримки, що пов'язані з обробкою на станціях, мають місце у вершинах  $v_j$  графу  $\mathbf{G}$ , кожній з котрих поставимо у відповідність тривалість обробки  $\sum_{k \in V_j} t_k$ .



Рисунок 2 – Граф мережі залізниць України

Таблиця 1 – Позначення до графу мережі залізниць України

| Вершина        | Тип станції | Назва          |
|----------------|-------------|----------------|
| V <sub>1</sub> | сорт.       | Дебальцеве     |
| V <sub>2</sub> | сорт.       | Іловайськ      |
| V <sub>3</sub> | сорт.       | Волноваха      |
| V <sub>4</sub> | сорт.       | Ясинувата      |
| V <sub>5</sub> | сорт.       | Красноармійськ |
| V <sub>6</sub> | сорт.       | Микитівка      |
| V <sub>7</sub> | сорт.       | Красний Ліман  |
| V <sub>8</sub> | дільн.      | Попасна        |

| Вершина         | Тип станції | Назва           |
|-----------------|-------------|-----------------|
| V <sub>9</sub>  | дільн.      | Родакове        |
| V <sub>10</sub> | дільн.      | Кондраш Нов.    |
| V <sub>11</sub> | сорт.       | Куп'янськ       |
| V <sub>12</sub> | сорт.       | Лозова          |
| V <sub>13</sub> | сорт.       | Основа          |
| V <sub>14</sub> | сорт.       | Харьков Сорт.   |
| V <sub>15</sub> | сорт.       | Полтава-Південа |
| V <sub>16</sub> | сорт.       | Кременчук       |

| Вершина         | Тип станції | Назва          |
|-----------------|-------------|----------------|
| V <sub>17</sub> | дільн.      | Верховцеве     |
| V <sub>18</sub> | сорт.       | НД Вузол       |
| V <sub>19</sub> | сорт.       | Запоріжжя Ліве |
| V <sub>20</sub> | сорт.       | Кр.Ріг Сорт.   |
| V <sub>21</sub> | сорт.       | Джанкой        |
| V <sub>22</sub> | сорт.       | Знаменка       |
| V <sub>23</sub> | сорт.       | Одеса Сорт.    |
| V <sub>24</sub> | сорт.       | Одеса Застава  |
| V <sub>25</sub> | сорт.       | Роздільна      |
| V <sub>26</sub> | сорт.       | Миколаїв       |
| V <sub>27</sub> | дільн.      | Ворожба        |
| V <sub>28</sub> | сорт.       | Конотоп        |
| V <sub>29</sub> | дільн.      | Бахмач         |
| V <sub>30</sub> | сорт.       | Дарниця        |
| V <sub>31</sub> | дільн.      | Київ-Волинськ  |

| Вершина         | Тип станції | Назва     |
|-----------------|-------------|-----------|
| V <sub>32</sub> | сорт.       | Фастів    |
| V <sub>33</sub> | сорт.       | Козятин-1 |
| V <sub>34</sub> | сорт.       | Жмеринка  |
| V <sub>35</sub> | сорт.       | Шепетівка |
| V <sub>36</sub> | сорт.       | Коростень |
| V <sub>37</sub> | сорт.       | Сарни     |
| V <sub>38</sub> | сорт.       | Ковель    |
| V <sub>39</sub> | сорт.       | Здолбунів |
| V <sub>40</sub> | сорт.       | Клепарів  |
| V <sub>41</sub> | сорт.       | Львів     |
| V <sub>42</sub> | сорт.       | Ужгород   |
| V <sub>43</sub> | сорт.       | Стрий     |
| V <sub>44</sub> | сорт.       | Хриплін   |
| V <sub>45</sub> | дільн.      | Коломия   |
| V <sub>46</sub> | сорт.       | Чернівці  |

Кожний маршрут прямування вантажопотоку  $\lambda \in \Lambda$  має у своєму складі вершини трьох типів: станція формування (тип витік), станція розформування (тип стік) і транзитні станції (тип транзитна вершина). Кожний тип вершини має свої технологічні особливості і характеризується своїм набором витрат на скорочення часу прямування. Визначення сумарного часу обробки  $\sum_{\substack{k \in V_j \\ z \in Z}} t_k^z$  на станціях

здійснено за критерієм мінімуму втрат від затримок  $\sum_{z \in Z} B_{ij}^z$  та додаткових витрат на їх усунення  $\sum_{z \in Z} M_{ij}^z$ , де  $Z$  – множина підсистем станції, у яких можуть виникнути затримки. Блок-схеми розрахунку показників вершини мережі наведено: на рис. 3 – для вершини типу «витік», на рис. 4 – для вершини типу «стік», на рис. 5 – для транзитної вершини.

Таким чином, пошук оптимального маршруту  $\lambda \in \Lambda$  на мережі **G** формалізуємо наступним чином

$$\lambda^* = \sup_{\lambda \in \Lambda} \min_{\tilde{T}_{ij}} \left[ \sum_{l \in N} Q_l \sum_{i, j \in \lambda} T_{ij}; \left( \sum_{i, j \in D} t_{ij}^{\partial} + \sum_{\substack{k \in V_j \\ z \in Z}} t_k^z \right) \right];$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{\substack{k \in V_j \\ z \in Z}} t_k^z = f \left( \sum_{z \in Z} B_{ij}^z; \sum_{z \in Z} M_{ij}^z \right) \rightarrow \min; \\ v_i \in V, i \in [1; n]; \\ d_{ij} \in D, i, j \in [1; n]; \\ \sum_{i, k \in \lambda} q_{ik} = \sum_{k, j \in \lambda} q_{kj}; \\ Q_j \leq \sum_{i, j \in \lambda} q_{ij}. \end{array} \right. \quad (2)$$

де  $\mu_{\tilde{T}_{ij}}(\bullet)$  - функція приналежності нечіткого фактичного терміну доставки за маршрутом  $\lambda$  договірному терміну  $\sum_{i, j \in \lambda} T_{ij}$ .

Особливістю цільової функції (2) є те, що сумарний час обробки вантажопотоку у вершині визначено як мінімум відповідних витрат.

Обмеження  $\sum_{i, k \in \lambda} q_{ik} = \sum_{k, j \in \lambda} q_{kj}$  є умовою нерозривності вантажопотоку у вершинах графу. В свою чергу, останнє обмеження необхідно для перевірки відповідності провізної спроможності діляниць можливості освоєння заданих вантажопотоків. Якщо провізної спроможності недостатньо, то вершину, яка передує критичної ділянці, умовно розділяють на дві, у яких здійснюється «перелом» вантажопотоку. В результаті перейдемо від графу  $\mathbf{G}$  до графу  $\mathbf{G}_0$  таким чином, що кожній вершині поставимо у відповідність дві  $v_j^+, v_j^- \in \mathbf{G}_0, v_j \Leftrightarrow (v_j^+, v_j^-)$ , причому кожному ребру  $d_{ij}$ , інцидентному вершині  $v_j$  у графі  $\mathbf{G}$ , відповідають ребра  $d_{ij}^+, d_{ij}^-$  у графі  $\mathbf{G}_0$ . Дузі між вершинами  $v_j^+, v_j^-$  поставимо у відповідність показники сумарних витрат у вершині. Таким чином вантажопотік, вимоги якого до терміну доставки нижче, ніж у інших, буде спрямовано на альтернативний маршрут.

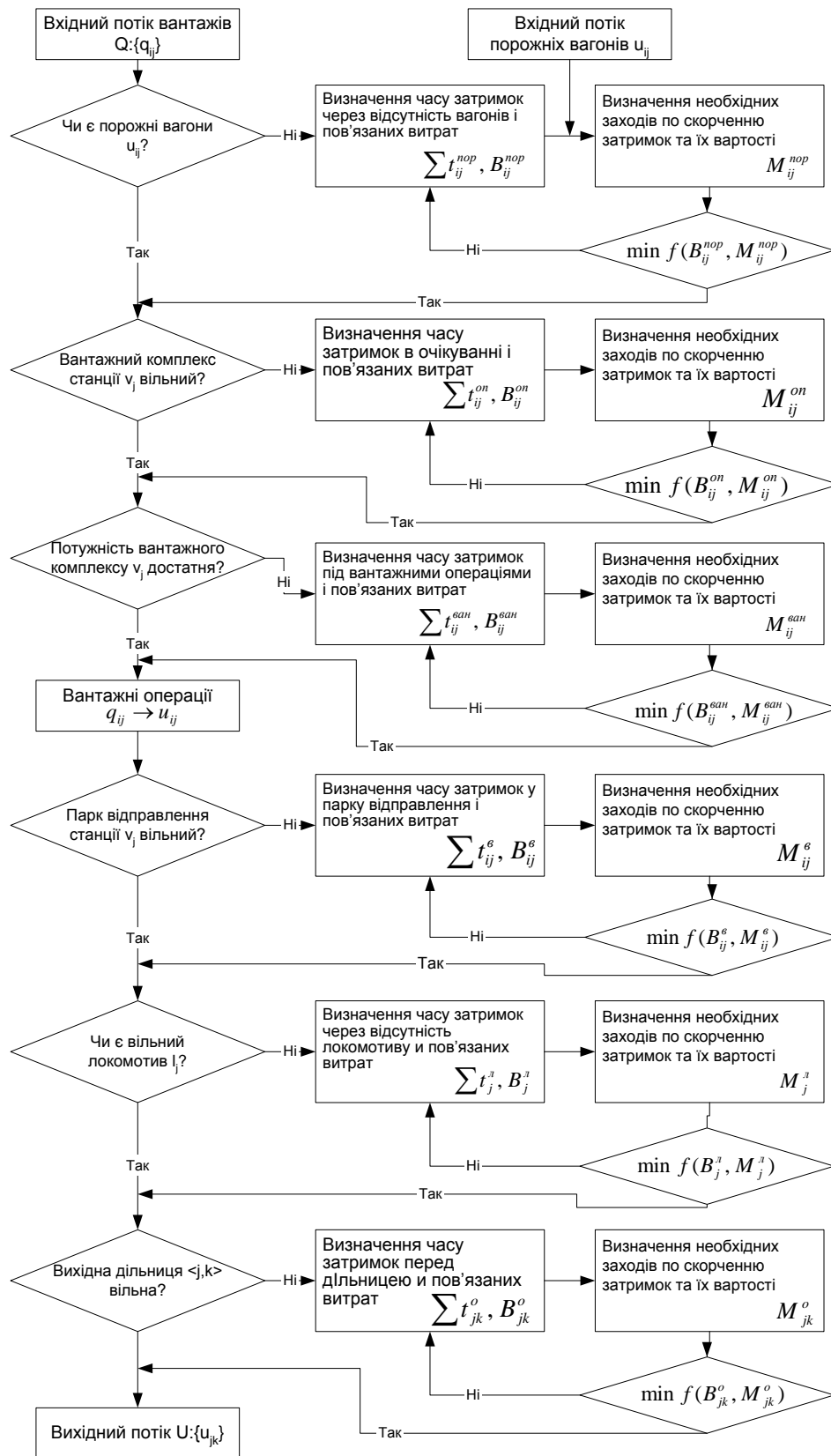


Рисунок 3 – Блок-схема розрахунку показників вершини мережі (витік)



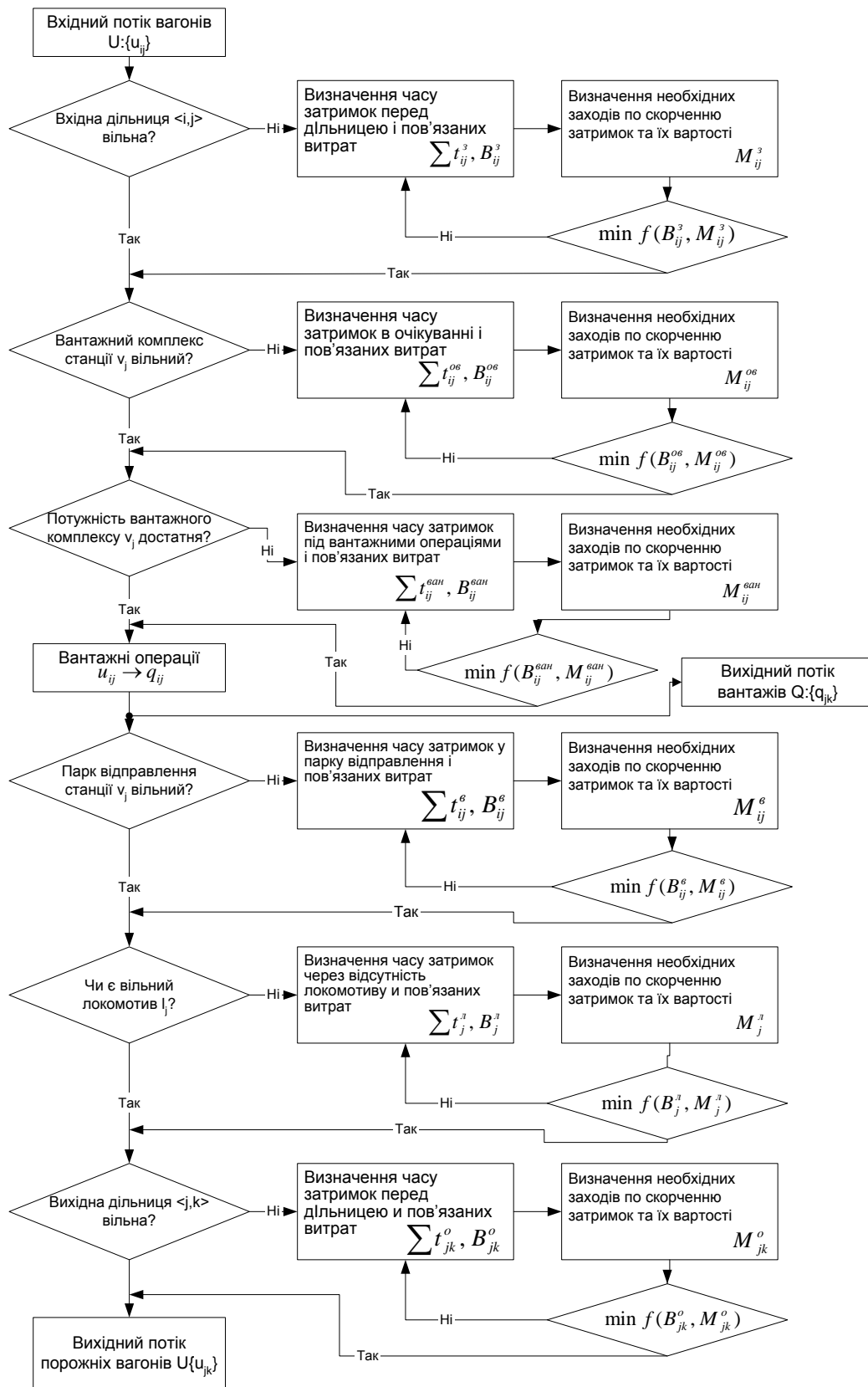


Рисунок 4 – Блок-схема розрахунку показників вершини мережі (стік)

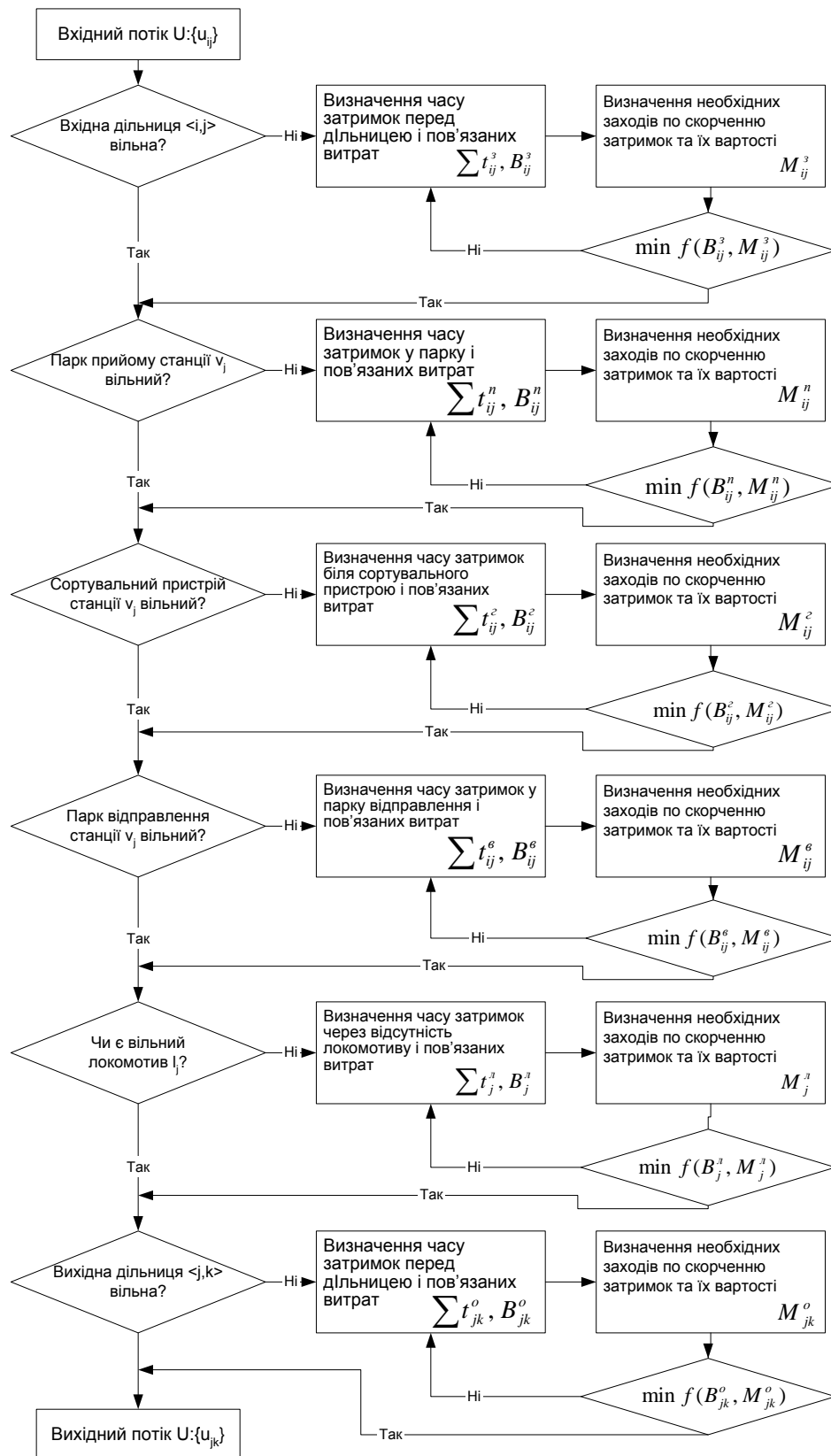


Рисунок 5 – Блок-схема розрахунку показників вершини мережі (транзит)

## **6. Висновки**

Запропонований підхід до рішення задачі оптимізації логістичного ланцюгу доставки вантажів на полігоні враховує критерії отримання ефекту як вантажовласником, так і залізницею. Для пошуку оптимального рішення в моделі використано нечіткий термін доставки вантажів з урахуванням принципу скорочення часу прямування. Це відбиває інтереси всіх учасників перевізного процесу і задовольняє ресурсозберігаючому підходу за рахунок скорочення потрібного парку вагонів.

На базі розглянутої моделі з єдиних методологічних позицій можливо створити єдину систему підтримки прийняття управлінських рішень щодо перерозподілу вантажопотоків на залізницях з метою підвищення ефективності функціонування транспортно-логістичної системи у цілому.

## **Література**

- 1 Статут залізниць України. – К.: Транспорт України, 1998.
- 2 Збірник тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом України. Тарифне керівництво №1. Наказ Міністерства транспорту України від 15 листопада 1999 року N 551.
- 3 Сіконенко Г.М. Методика визначення оптимальної кількості та раціональної схеми розташування сортувальних станцій на мережі залізниць України // Зб. наук. праць. – Харків: УкрДАЗТ. – № 53.- 2003. – С. 29 - 35.
- 4 Ломотько Д.В. Формування логістичного ланцюгу доставки вантажів на базі оптимізації маршруту прямування поїздів Зб. наукових праць ДонІІЗТ УкрДАЗТ. Випуск 6. Донецьк, 2006.- с. 19-27
- 5 Галабурда В.Г. Оптимальное планирование перевозок и маркетинг //Железнодорожный транспорт. - 1991.- №8. С. 60 - 63.
- 6 Шапкин И. Н., Кожанов Е. М. Технология обеспечения полновесности и полносоставности поездов, отправляемых по твердым ниткам графика. // Вестник ВНИИЖТ.- 2005.- № 4
- 7 Чеботаев А.А., Чеботаев А.Д. Логистика и маркетинг (Маркетологистика). Учебник для вузов. М.:Экономика, 2005 – 247 с.

**Буцько Т.В., Ломотько Д.В., Мкртич'ян Д.І. Формування гнучкої системи логістичних ланцюгів доставки вантажу залізницями України.**

Запропоновано підхід до рішення задачі оптимізації логістичного ланцюгу доставки вантажів за критерієм отримання ефекту як вантажовласником, так і залізницею. Для пошуку оптимального рішення в моделі використано нечіткий термін доставки вантажів з урахуванням принципу скорочення часу прямування. На базі розглянутої моделі з єдиних методологічних позицій можливо створити єдину систему підтримки прийняття управлінських рішень щодо перерозподілу вантажопотоків на залізницях.

**Буцько Т.В., Ломотько Д.В., Мкртыч'ян Д.И. Формирование гибкой системы логистических цепочек доставки груза железными дорогами Украины.**

Предложен подход к решению задачи оптимизации логистической цепи доставки грузов по критерию получения эффекта как владельцем груза, так и железной дорогой. Для поиска оптимального решения в модели использован нечеткий срок доставки грузов с учетом принципа сокращения времени следования. На базе рассмотренной модели исходя из единых методологических позиций возможно создать единую систему поддержки принятия управленческих решений относительно перераспределения грузопотоков на железных дорогах.

**But'ko T.V., Lomot'ko D.V., Mkrtych'jan D.I. Formation a flexible system of logistical chains delivery of cargo by railways Ukraine.**

The approach to the decision a problem of optimization logistical circuit of delivery cargoes by criterion of reception effect as is offered by the owner a cargo, and the railway. For search of the optimum decision in model indistinct term of delivery cargoes is used in view of a principle reduction time of following. On the basis of the considered model proceeding from uniform methodological positions it is possible to create uniform system of support of acceptance of administrative decisions concerning redistribution of freight traffics on railways.