

УДК 656.073

## **МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ РІЗНИХ ФАКТОРІВ ПАРАМЕТРІВ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ НА ТРАНСПОРТНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ МІСТ**

**Кутья О.В.**

**Бережна Н.Г., к.т.н.**

**Насіров А.Е.**

Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка

### **Abstract**

The analysis of scientific information and the positive practical results obtained in the organization of small-scale urban freight traffic suggest that the cost of transport services is a significant factor in decision-making. However, the search for solutions to improve the efficiency of freight transportation in the city remains relevant. This is due to the stochastic nature of the busy city highways and streets at different hours of the day, as well as the dynamic changes in the intensity or density of traffic flow on city streets. The influence of the logistics center (capacity of the logistics center) on the specific costs of transport service is shown. Insufficient power of the LC increases the time of processing one application, which leads to an increase in the total unit costs. This leads to the conclusion that the capacity of the logistics center must be managed.

**Keywords:** transportation process, transport service, urban freight, logistics center capacity, unit costs.

### **Вступ**

Аналіз наукової інформації та отримані позитивні практичні результати по організації міських вантажних перевезень малими партіями дозволяє стверджувати, що витрати на транспортні послуги є вагомим фактором в прийнятті рішень. Однак, пошук рішень по підвищенню ефективності вантажних перевезень у місті залишається актуальним. Пов'язано це зі стохастичною природою завантаженості магістралей і вулиць міста в різні години робочого дня, а також динамічністю зміни інтенсивності або щільності транспортного потоку на вулицях міста.

### **Аналіз попередніх досліджень**

У роботі [1] проведено аналіз процесу функціонування транспортно-складського комплексу та формалізовано критерій ефективності.

Авторами роботи [2] виконано аналіз тенденцій розвитку міських вантажних перевезень та розроблено критерій його економічної доцільності. Представлено метод оцінки вантажних перевезень міста на основі інформації

про вантажопотоки. Авторами роботи [3] наведено аналіз існуючої системи ціноутворення на вантажні перевезення та зроблено висновок, що при розрахунках витрат перевізники не враховують час простоїв, паркування, а також податок.

У роботі [4] наведено методи оптимізації витрат на вантажні перевезення. Доведено, що сумарні витрати необхідно розділити на три категорії: тарифи на перевезення; оцінка заторів і збільшення часу знаходження на маршруті; витрати на будівництво і ремонт доріг.

Дослідження, представлені в роботі [5], враховують не тільки параметри перевізного процесу, а й тип транспортних засобів. Це дозволяє авторам враховувати не тільки витрати на паливо, а й витрати на технічне обслуговування та ремонт транспортних засобів.

Становить інтерес методичний підхід до розрахунків витрат, що було наведено у роботі [6]. Автори роблять висновок, що при розрахунках загальних витрат на транспортне обслуговування не враховується показник надійності логістичних операцій. У роботах [7, 8] при розрахунках сумарних витрат застосовуються питомі показники, грн/т. При цьому сумарні витрати враховують три складові: тарифи на перевезення; витрати на паливо та технічне обслуговування транспортних засобів; заробітна плата, податки та амортизаційні відрахування.

### **Постановка проблеми**

Одним із напрямків отримання прогнозу на витрати є розробка математичних моделей які враховують не тільки тарифи на транспортне обслуговування, а також тип транспортних засобів, витрати на паливо та технічне обслуговування, податки та амортизаційні відрахування. Отриманий результат дозволить обґрунтувати вибір типу транспортного засобу, раціональний маршрут доставки вантажу в реальному масштабі часу, тим самим знизити загальні витрати на доставку.

Виходячи з вищевикладеного, основною аргументацією наукового дослідження є пошук рішень по розрахунку питомих витрат на вантажні перевезення у місті. Шляхами такого пошуку є розробка математичної моделі, яка враховує всі складові транспортного процесу. Практичною значимістю такого дослідження є зменшення витрат на транспортне обслуговування в межах міста.

### **Мета та завдання**

Метою цього дослідження є розробка інтегрального критерію питомих витрат на міські вантажні перевезення та отримання залежностей зміни критерію від впливу різних факторів і робочих параметрів транспортного процесу.

### **Результати вирішення основних завдань**

На підставі робіт [7, 8], які присвячені економічним критеріям, можна зробити висновок, що доцільніше застосовувати питомі критерії або параметри, які враховують витрати на одну тону перевезеного вантажу.

Першою складовою витрат є поточні витрати, які формує прийнятий тариф на перевезення вантажу. Такий тариф визначається ринком і має розмірність грн/км.

Вираз, по якому можна визначити питомі витрати, пов'язані з ринковою величиною тарифу, можна представити в наступному вигляді:

$$B_1 = \frac{l_m^2 \cdot T_{пер} \cdot \omega}{m \cdot v_{тех} \cdot K_H}, \text{ грн/т}, \quad (1)$$

де  $B_1$  - витрати на транспортне обслуговування, які залежать від тарифу, грн/т;  $l_m$  - відстань маршруту, км;  $T_{пер}$  - тариф на перевезення, грн/км;  $\omega$  - частота надходження заявок на обслуговування у ЛЦ, 1/година;  $m$  - маса вантажу, т;  $v_{тех}$  - технічна швидкість транспортного засобу на маршруті, км/год;  $K_H$  - коефіцієнт, який оцінює надійність функціонування логістичної системи, розраховується за роботою [9].

Другою складовою витрат є поточні витрати, пов'язані з витратою палива транспортними засобами під час виконання замовлення. Ґрунтуючись на роботах [7, 8], можна записати вираз:

$$B_2 = \frac{N_{авт} \cdot v_{тех} \cdot t_{\Sigma} \cdot C_{лп} \cdot 0,01G_{лп}}{m \cdot K_H \cdot \beta \cdot \gamma}, \text{ грн/т}, \quad (2)$$

де  $N_{авт}$  - кількість автомобілів, що перебувають в наряді;  $t_{\Sigma}$  - сумарний час виконання замовлення з урахуванням затримок, година;  $C_{лп}$  - вартість одного літра палива, грн/л;  $G_{лп}$  - витрата палива автомобілем у міському циклі руху, л/100 км;  $\beta$  - коефіцієнт, який враховує наявність холостого пробігу (коефіцієнт використаного пробігу);  $\gamma$  - коефіцієнт використання вантажопідйомності автомобіля.

Збільшення коефіцієнта надійності  $K_H$ , а також коефіцієнтів використання пробігу  $\beta$  і використання вантажопідйомності  $\gamma$ , буде сприяти зниженню витрат  $B_2$ .

Третьою складовою витрат є витрати, які враховують заробітну плату водіїв, витрати на технічне обслуговування автомобілів та амортизаційні витрати, які залежать від початкової вартості автомобіля.

Вираз для розрахунків третьої складової витрат можна представити в наступному вигляді:

$$B_3 = \frac{N_{авт} \cdot K_{Б-Р} \cdot t_{\Sigma} \cdot C_{\text{г,зн}}}{m \cdot K_H} + \frac{0,00041 \cdot C_{авт} \cdot N_{авт}}{m \cdot K_H}, \text{ грн/т}, \quad (3)$$

де  $K_{Б-Р}$  - коефіцієнт, який враховує збільшення сумарного часу доставки вантажу на вантажно-розвантажувальні роботи,  $K_{Б-Р} = 1,15 - 1,3$ ;  $C_{\text{г,зн}}$  -

погодинна ставка заробітної плати водія, грн/год;  $C_{авт}$  - початкова вартість автомобіля, грн.

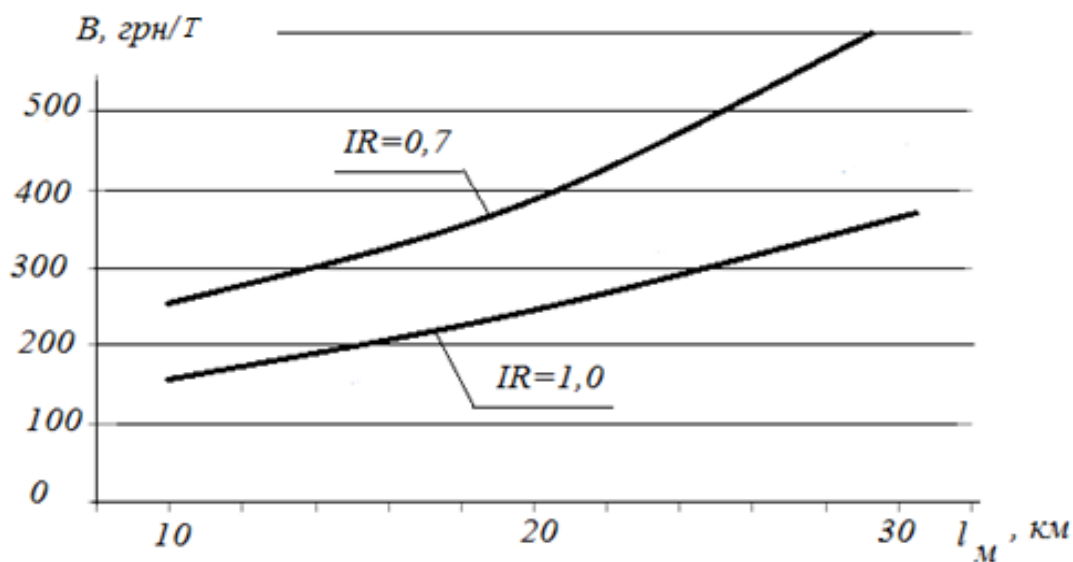
Інтегральні питомі витрати на міські вантажні перевезення виразимо наступною формулою:

$$B = B_1 + B_2 + B_3, \quad (4)$$

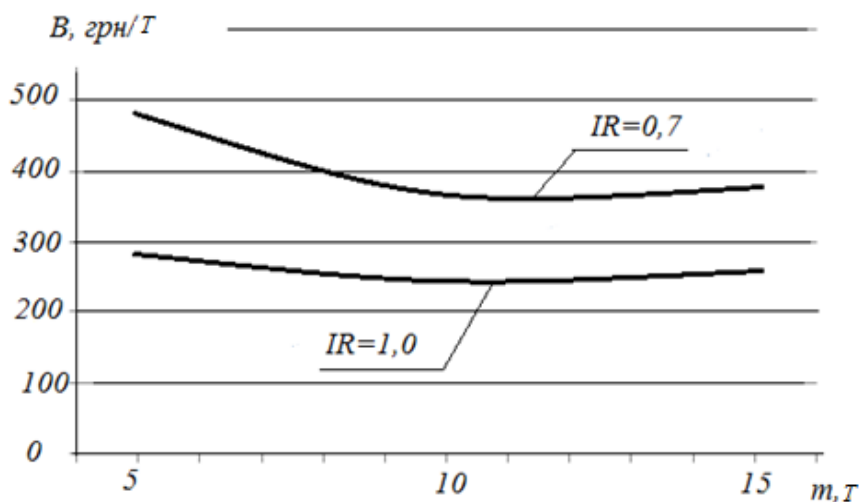
Аналіз отриманих формул (1) - (4) дозволяє зробити висновок, що питомі витрати на транспортне міське обслуговування залежать від дальності перевезення, маси вантажу, коефіцієнтів надійності, використання пробігу й вантажопідйомності, сумарного часу знаходження в наряді, тарифу на перевезення і витрат палива. Представлена величина питомих витрат, формула (4), може виступати економічним інтегральним критерієм міських вантажних перевезень у процесі розв'язку оптимізаційних задач на вибір маршрутів.

Виконаємо моделювання впливу різних параметрів транспортного процесу на сумарні питомі витрати, які відображають ефективність міських вантажних перевезень.

Залежності зміни сумарних питомих витрат  $B$  при зміні довжини маршруту  $l_m$  і наявності заторів на маршруті  $IR$  [10-12], представлено на рис. 1, а при зміні маси перевезеного вантажу  $m$  і наявності заторів на маршруті, на рис. 2.



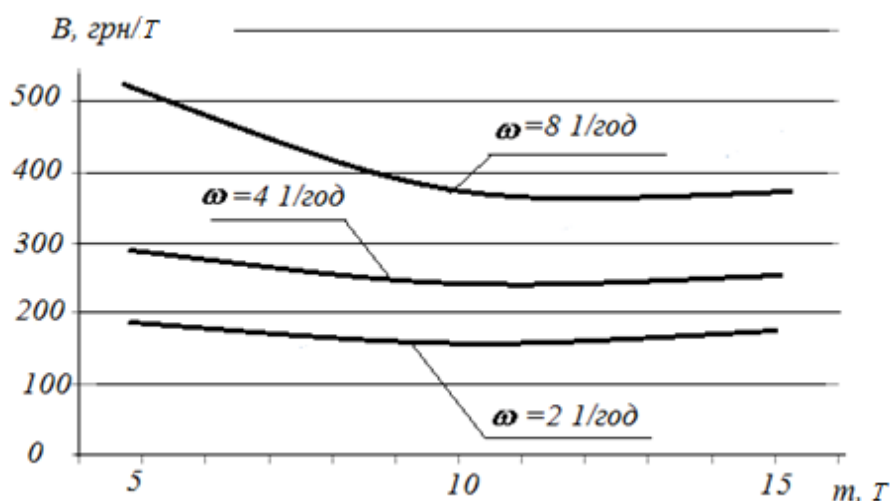
**Рисунок 1** - Залежності зміни величини питомих витрат  $B$  логістичної системи при різній довжині маршруту  $l_m$  і наявності заторів на маршруті  $IR$



**Рисунок 2** - Залежності зміни величини питомих витрат  $B$  логістичної системи при різній масі перевезеного вантажу  $m$  і наявності заторів на маршруті  $IR$

Як впливає із аналізу результатів моделювання, збільшення довжини маршруту  $l_m$  збільшує питомі витрати в 2-3 рази, отже  $l_m$  є більш значимим параметром, ніж наявність заторів на маршруті  $IR$ . Результати моделювання показують, що при зменшенні  $IR$  від 1 до 0,7, питомі витрати збільшуються в 1,59-1,6 раз.

Аналіз залежностей на рис. 2 дозволяє стверджувати: вплив величини маси перевезеного вантажу на питомі витрати має оптимум. Якщо збільшення заторів на маршруті ( $IR$  зменшується від 1 до 0,7) приводить до збільшення питомих витрат в 1,49-1,6 раз, то при зміні маси перевезеного вантажу існує оптимум.



**Рисунок 3** - Залежності зміни величини питомих витрат  $B$  логістичної системи при різній масі перевезеного вантажу  $m$  і частоті вступу заявок у ЛЦ  $\omega$

Вплив частоти надходження заявок на обслуговування в логістичному центрі (ЛЦ),  $\omega$ , яке представлено залежностями на рис. 3, дозволяє зробити висновок, що при зміні маси перевезеного вантажу існує оптимум, який характерний для  $m = 10$  т. Збільшення кількості заявок на обслуговування в одиницю часу збільшує  $B$ , тому що вимагає збільшення потужності ЛЦ.

### Висновки

1. Розроблено математичну модель питомих витрат на транспортне обслуговування міських вантажних перевезень. Модель враховує три види витрат: питомі витрати, пов'язані із прийнятим тарифом на перевезення вантажу; питомі витрати, пов'язані з витратами палива транспортними засобами з урахуванням коефіцієнтів використання пробігу і вантажопідйомності і питомі витрати на заробітну плату водіїв, технічне обслуговування автомобілів і амортизаційними витратами.

2. Проведено моделювання впливу різних факторів і робочих параметрів транспортного процесу міських вантажних перевезень дозволяє стверджувати, що питомі витрати на транспортне обслуговування  $B$ , грн/т, однозначно збільшуються при збільшенні довжини маршруту, однак, при цьому, мають оптимум при зміні маси перевезеного вантажу.

3. Показано роль ЛЦ на питомі витрати транспортного обслуговування. Недостатня потужність ЛЦ збільшує час оформлення однієї заявки, що приводить до збільшення сумарних питомих витрат.

### Література

1. Shramenko, N. Y. Effect of process-dependent parameters of the handling-and-storage facility operation on the cargo handling cost. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 5/3 (77). 2015. P. 43–47.

2. Zhang, R.M., Huang, L. Application of the freight rate on freight flow forecast, Advances in Transportation Studies . Special Issue. Vol. 3. 2017. P. 61-68.

3. Hansen I. Determination and Evaluation of Traffic Congestion Costs. European Journal of Transport and Infrastructure Research . 1. no.1, P. 61 – 72. 2001.

4. Xiaoning Z. Editorial: Optimisation methods of road pricing. European Journal of Transport and Infrastructure Research. Issue 14(1). 2014. P. 1-6

5. Аземша С. Зависимость себестоимости международных автомобильных перевозок грузов от параметров транспортных средств и перевозочного процесса. Transport and Telecommunication. Vol.7. No 4. 2006. с. 57-60.

6. Lukinskiy, V., Lukinskiy, V., Evaluation of the Influence of the Logistic Operations Reliability on the Total Costs of a Supply Chain. Transport and Telecommunication. volume 17. no. 4, 307–313. 2016.

7. Войтов, В. А., Музильов, Д. О., Бережна, Н. Г., Щербакова, В. В. Економічна ефективність функціонування транспортно-логістичного комплексу під час збирання цукрового буряку з урахуванням показника надійності. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: ХНТУСГ. 2018. №. 12. С. 272–280.

8. Vojtov, V.A., Muzylyov, D.A., Berezchnaja, N.G. Integrated approach in calculation of the economic effect of the functioning of the transport and logistic complex with the account of the risk factor. International academy journal Web of Scholar. March 2018. 3(21). Vol.1. P. 12–18.

9. Vojtov, V., Kutiya, O., Berezchnaja, N., Karnaukh, M., Bilyaeva, O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 4. no. 3 (100). pp. 15-21. 2019.

10. Кутья О.В. Разработка математической модели городских грузовых перевозок. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів, 2019, вип.15, с.159-163.

11. Aulin V.V. Lyashuk O., Pavlenko O., Velykodnyi D., Hrynkiv A., Lysenko S., Holub D., Vovk Y., Dzyura V., Sokol M. Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system. Communication – Scientific Letters of the University of Zilina.. 2019. Vol.21 (2). P. 5-14.

12. Аулин В. В., Замота Т. М., Гриньків А. В., Замота О.М., Чернай А. Е. Преимущества интеллектуальной стратегии технической эксплуатации с точки зрения экономической эффективности. Вісник Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка. 2018. Вип. 192, С. 29-40

13. Hrynkiv A. Operational evaluation of motor oils of trucks by their thermal oxidative stability. Технологический аудит и резервы производства. - Харків : Технологічний центр, 2019. - № 3 (1). - С. 25-30.