

## ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 656.073

МОДЕЛЬ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНОЇ ВАНТАЖНОСТІ АВТОМОБІЛІВ  
ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДРІБНОПАРТІОННИХ ВАНТАЖІВ

Н.Ю. Шраменко, доц., д.т.н.,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

*Анотація.* Запропоновано формалізацію витрат, пов'язаних з організацією перевезень дрібно-партійних вантажів. Розроблено модель вибору раціональної вантажності автомобіля при організації дрібнопартійних перевезень залежно від середнього розміру партії вантажу та кількості вантажовласників, що обслуговуються.

*Ключові слова:* вантажність автомобіля, розвізні маршрути, дрібнопартійні вантажі, модель.

МОДЕЛЬ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ  
АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК МЕЛКОПАРТИОННЫХ  
ГРУЗОВ

Н.Ю. Шраменко, доц., д.т.н.,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

*Аннотация.* Предложена формализация затрат, связанных с организацией перевозок мелко-партийных грузов. Разработана модель выбора рациональной грузоподъемности автомобиля при организации мелкопартийных перевозок в зависимости от среднего размера партии груза и количества обслуживаемых грузовладельцев.

*Ключевые слова:* грузоподъемность автомобиля, развозочные маршруты, мелкопартийные грузы, модель.

MODEL OF SELECTION OF RATIONAL VEHICLE CARRYING CAPACITY AT  
ORGANIZING SMALL-LOT GARGO TRANSPORTATION

N. Shramenko, Assoc. Prof., D. Sc. (Eng.),  
Kharkiv National Automobile and Highway University

*Abstract.* Formalization of the costs associated with the organization of small-lot cargo transportation is offered. The model of the rational choice of vehicle carrying capacity in the organization of small-lot cargo transportation depending on the average size of the consignment and the number of serviced cargo owthers is developed.

*Key words:* carrying capacity vehicle, delivery routes, small-lot goods, model.

## Вступ

Зміни в характері попиту на транспортні послуги привели до того, що на сьогоднішній день у структурі вантажообігу дрібнопартійні вантажі складають 80 %. Для ефективного використання транспортних засобів при

здійсненні дрібнопартійних перевезень, коли розмір відправленої чи отриманої партії вантажу значно менший вантажності автомобіля, доцільно формувати розвізні маршрути. При цьому планування розвізних маршрутів пов'язане з необхідністю врахування великої кількості технологічних обмежень і

обробки вихідної інформації значного обсягу. У результаті доставки дрібнопартійних вантажів стає значно дорожчою, ніж доставка масових вантажів. Для якісного обслуговування вантажовласників при перевезенні вантажів необхідно не тільки доставити зазначений об'єм вантажу, але й зробити це в певний час, що ускладнює формування розвізних маршрутів та вибір раціональної вантажності автомобілів, що виконують перевезення.

Враховуючи те, що рівень організації перевезень дрібнопартійних вантажів недостатньо ефективний, необхідно здійснювати пошук нових науково-практичних рішень, методів і моделей оптимізації процесу перевезення для скорочення використання ресурсів автотранспортного підприємства та підвищення якості транспортного обслуговування.

### Аналіз публікацій

Питаннями вдосконалення організації дрібнопартійних перевезень займалися і займаються вітчизняні й зарубіжні вчені: О.І. Воркут, А.Е. Горев, А.В. Вельможин, Л.Б. Міротін, В.А. Гудков, Б.Л. Героніmus, В.А. Житков, А.М. Гаджинський, Є.В. Нагорний, М.А. Нефьодов, К.В. Ким, Дж. Літл, М. Крістофідес, З. Ейлон та інші [1–3].

Останнім часом розвиток дрібнопартійних перевезень у містах йде швидкими темпами; у зв'язку з цим для ефективного використання рухомого складу та зменшення транспортних витрат великого значення набуває задача маршрутизації.

У [4] запропоновано класифікацію методів вирішення задач маршрутизації перевезення дрібнопартійних вантажів. Зазначені методи формування розвізних маршрутів базуються на визначенні найкоротших маршрутів, однак не враховують пріоритетності клієнтів та будь-яких стратегій їхнього обслуговування. Найчастіше завдання маршрутизації автотранспортних засобів здійснюються простими й ефективними методами евристики, що дозволяють швидко знайти потрібне рішення. Проте вона не гарантує знаходження оптимального рішення. Нині розробляються методи, які об'єднують гнучкість евристики і точність моделей лінійного програмування, що дозволяє отримати оптимальне або, принаймні, доказове краще рішення [5].

У попередніх дослідженнях [6] визначено, що оптимальною стратегією обслуговування вантажовласників в умовах невизначеності з постійно змінюваним попитом є обслуговування за періодами доби, що обумовлює підвищення якості транспортного обслуговування та формування гнучкої тарифної політики транспортних підприємств, спрямованої на більш повне задоволення вимог вантажовласників.

Отже, необхідно розробляти та удосконалювати існуючі підходи та моделі щодо формування технології організації розвізних маршрутів з урахуванням інтересів як вантажовласника щодо термінів доставки вантажу, так і перевізника щодо скорочення використання ресурсів автотранспортного підприємства.

### Мета і постановка завдання

Об'єкт дослідження – процес організації перевезень дрібнопартійних вантажів у міському сполученні.

Мета дослідження – вибір раціональної марки та вантажності автомобілів при організації перевезень дрібнопартійних вантажів у міському сполученні для підвищення якості транспортного обслуговування та економії ресурсів автотранспортного підприємства.

Задачі дослідження:

- розробити структурну схему об'єкта дослідження;
- сформувати критерій ефективності роботи автомобілів на розвізних маршрутах та систему обмежень;
- розробити модель вибору раціональної вантажності автомобілів при організації перевезень дрібнопартійних вантажів у міському сполученні.

### Формалізація процесу обслуговування вантажовласників на розвізних маршрутах

У ході вивчення стану дрібнопартійних перевезень вантажів у міському сполученні розроблено структурну схему об'єкта дослідження (рис. 1). Вхідними параметрами є:  $q_{ij}$  – номінальна вантажність  $j$ -ї марки автомобілів, які використовуються для роботи на розвізних маршрутах, т;  $N$  – кількість споживачів, од.;  $\bar{q}$  – середній розмір партії вантажу, т.

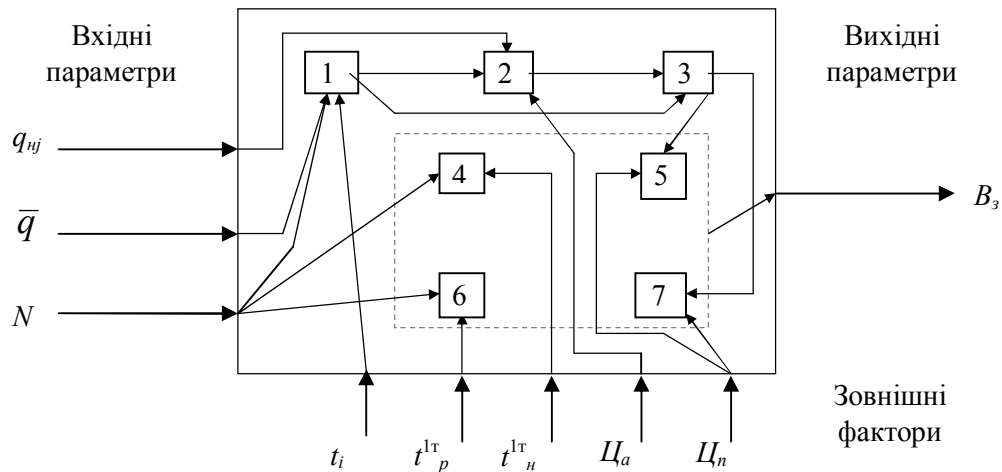


Рис. 1. Структурна схема об'єкта дослідження: 1 – обробка заявок клієнтів; 2 – вибір марки автомобіля для роботи на розвізних маршрутах; 3 – формування розвізних маршрутів перевезення вантажів; 4 – навантаження транспортного засобу на термінали; 5 – їздка з вантажем до  $i$ -го клієнта; 6 – розвантаження у  $i$ -го клієнта; 7 – повернення порожнього рухомого складу від останнього місця розвантаження на термінал

Зовнішні фактори:  $t_i$  – вимоги споживачів щодо часу завезення вантажу, год;  $C_a$  – вартість автомобілів, грн.;  $C_n$  – вартість 1 л палива, грн/л;  $t_n^{1r}$ ,  $t_p^{1r}$  – відповідно час навантаження та розвантаження 1т вантажу, год.

Як вихідні параметри обрано загальні витрати на розвезення дрібнопартійних вантажів за добу  $B_3$ , грн/доб.

Обробка заявок споживачів передбачає визначення таких параметрів заявок як: розмір партії вантажу, вимоги вантажовласників щодо часу завезення вантажу. Вибір марки автомобіля здійснюється зважаючи на кількість клієнтів, характеристики заявок, вантажність автомобіля та його ціну. Формування розвізних маршрутів виконується з урахуванням характеристик заявок, обраної вантажності автомобіля та характеризується загальною довжиною пробігу автомобілів на розвізних маршрутах за добу. Сукупність елементів 4, 5, 6 та 7 складає процес розвезення дрібнопартійних вантажів. Процеси навантаження та розвантаження вантажів характеризуються витратами на навантаження та розвантаження відповідно. Їздка з вантажем та повернення порожнього рухомого складу від останнього місця розвантаження на термінал характеризуються витратами на перевезення дрібнопартійних вантажів.

Визначено, що для вибору ресурсозберігаючої технології роботи автомобілів на розвізних маршрутах необхідно обрати раціональну вантажність та марку автомобіля.

Серед комплексу критеріїв ефективності, які використовуються при вирішенні різних задач організації перевезень, обрано мінімальні загальні витрати на розвезення дрібнопартійних вантажів за добу, які враховують експлуатаційні витрати на розвізну діяльність та витрати на утримання транспортних засобів

$$B_3 = B_{\text{експл}} + B_{\text{утр}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $B_{\text{експл}}$  – експлуатаційні витрати при організації розвізних маршрутів, грн/доб.;  $B_{\text{утр}}$  – витрати на утримання транспортних засобів, грн/доб.

Система обмежень має такий вигляд

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^k q_{\phi i} \leq q_{nj} \\ T_{nj} \leq T_p \\ \sum_{i=1}^N q_{\phi i} \leq W_q \end{cases}, \quad (2)$$

де  $T_{nj}$  – час в наряді  $j$ -го автомобіля, год;  $T_p$  – час роботи підприємства, год;  $k$  – кількість споживачів, що обслуговуються на сформованому маршруті, од.;  $W_q$  – продуктивність парку рухомого складу, т/доб.

Загальні витрати на розвезення дрібнопартійних вантажів за добу складаються з витрат на перевезення дрібнопартійних вантажів та витрат, пов'язаних із простоем автомобілів

під навантаженням та розвантаженням. Пропонується загальні витрати на розвезення товарів дрібними партіями за сформованими маршрутами за добу визначати таким чином

$$B_3 = L_{\text{заг}} \cdot \left( C_{\text{зм}} + \frac{C_{\text{пост}} \cdot A_c}{V_e} \right) + (t_{\text{н}}^{1\Gamma} + t_{\text{п}}^{1\Gamma}) \cdot \sum_{i=1}^N q_{\Phi i} \cdot C_{\text{год}}^{\text{н/р}} \quad (3)$$

де  $C_{\text{зм}}$  – змінні витрати на 1 км пробігу, грн/км;  $C_{\text{пост}}$  – постійні витрати на 1 год. роботи, грн/год;  $L_{\text{заг}}$  – загальна довжина пробігу автомобілів на розвізних маршрутах, км/доб;  $V_e$  – експлуатаційна швидкість автомобіля, км/год;  $A_{cj}$  – необхідна кількість автомобілів для роботи на розвізних маршрутах на автотранспортному підприємстві, од.;  $q_{\Phi i}$  – фактичний обсяг  $i$ -ї партії вантажу, т;  $C_{\text{год}}^{\text{н/р}}$  – вартість простою автомобіля під навантаженням (розвантаженням), грн/год. Потрібна кількість автомобілів для обслуговування розвізних маршрутів

$$A_c = \Sigma t_{\text{об}} / T_{\text{н}}, \quad (4)$$

де  $T_{\text{н}}$  – час роботи автомобіля в наряді, год;  $\Sigma t_{\text{об}}$  – загальний час обертання автомобілів на маршруті за добу, год.

Загальний час обертання автомобілів на маршруті за добу

$$\Sigma t_{\text{об}} = \frac{L_{\text{заг}}}{V_{\text{т}}} + (t_{\text{н}}^{1\Gamma} + t_{\text{п}}^{1\Gamma}) \cdot \sum_{i=1}^N q_{\Phi i}, \quad (5)$$

де  $V_{\text{т}}$  – технічна швидкість автомобілів, км/год.

Експлуатаційна швидкість автомобілів на маршрутах

$$V_e = \frac{L_{\text{заг}}}{\Sigma t_{\text{об}}}. \quad (6)$$

Оскільки переважна кількість параметрів перевезення дрібнопартійних вантажів у міському сполученні є випадковими величинами, для моделювання об'єкта дослідження обрано імітаційне моделювання, що дозволить більш точно врахувати характер внутрішніх процесів, розглянути стан системи в різних умовах.

Для проведення імітаційних експериментів розроблено програмне забезпечення, відмінною особливістю якого є формування раціональних розвізних (збірних) маршрутів при перевезенні дрібнопартійних вантажів у міському сполученні для великої кількості замовників [7]. У полі програми випадково генерується розміщення клієнтури та терміналу, а також обсяги перевезень і час доставки вантажу клієнтам (рис. 2).

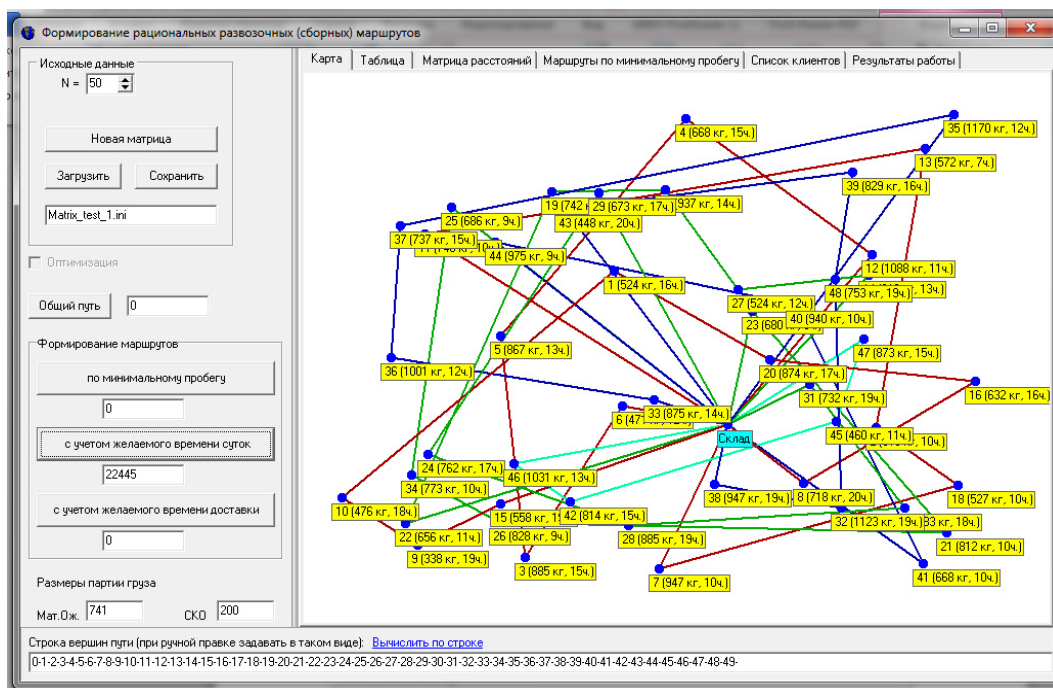


Рис. 2. Вікно програми «Формування раціональних розвізних (збірних) маршрутів»

Таким чином, під час планування та організації розвізних маршрутів для великої кількості замовників рекомендується застосовувати сучасні методи, що дають найменшу похибку при оптимізації загального пробігу. Використовуючи запропоновану модель, за результатами проведеного моделювання для альтернативних марок автомобілів має здійснюватися вибір раціональної вантажності автомобілів для роботи на розвізних маршрутах залежно від середнього розміру партії вантажу та кількості вантажовласників, що обслуговуються.

### Висновки

Сформовано критерій ефективності процесу організації розвізних маршрутів та відповідну систему обмежень. Як критерій ефективності запропоновано мінімальні загальні витрати на розвезення дрібнопартійних вантажів за добу, які враховують експлуатаційні витрати на розвізну діяльність та витрати на утримання транспортних засобів.

Проведено аналіз технології та запропоновано формалізацію витрат, пов'язаних з організацією перевезень дрібнопартійних вантажів.

Розроблено модель вибору раціональної вантажності автомобіля для формування ресурсозберігаючої технології організації розвізних маршрутів при обслуговуванні вантажовласників, яка дозволяє врахувати стохастичні характеристики попиту.

Подальші дослідження слід спрямувати на врахування ризиків та формування гнучкої тарифної політики транспортних підприємств, спрямованої на більш повне задоволення вимог вантажовласників щодо терміну доставки вантажів.

### Література

1. Васильев С.А. Разработка методики перевозки мелкопартийных грузов автомобильным транспортом с учетом вероят-

ностных факторов: автореф. дис. ... на соискание учён. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / С.А. Васильев. – С.Пб., 2009. – 22 с.

2. Прокофьева О.С. Разработка методики оптимизации развозочных маршрутов: автореф. дис. на соискание учён. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.10 «Эксплуатация автомобильного транспорта» / О.С. Прокофьева. – Иркутск: ИГТУ, 2004. – 20 с.
3. Никоноров В.М. Математические методы решения задачи маршрутизации мелкопартийных перевозок / В.М. Никоноров // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. – 2011. – №6(137). – С. 222–226.
4. Шраменко Н.Ю. Методи маршрутизації при дрібнопартійних перевезеннях в транспортних системах міст та шляхи їх удосконалення / Н.Ю. Шраменко // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – 2009. – № 86. – С. 364–367.
5. Лучко М.І. Удосконалення транспортного обслуговування збірних та розвізних маршрутів у логістичному ланцюгу поставачань / Лучко М.І., Фатеев М.І. // Вісник СХУ ім. В. Даля: науковий журнал – 2010. – №4, Ч. 2. – С. 120–126.
6. Шраменко Н.Ю. Вибір оптимальної стратегії обслуговування вантажовласників на розвізних маршрутах / Н.Ю. Шраменко, А.В. Галаган // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2009. – Вып. 44. – С. 78–82.
7. А.с. Програма для формування раціональних розвізних (збірних) маршрутів при перевезенні дрібнопартійних вантажів в міському сполученні / Н.Ю.Шраменко (Україна). – № 51210; опубл. 10.09.13 р., Бюл. №32.

Рецензент: П.Ф. Горбачов, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 25 березня 2015 р.