

УДК 656.025.4

В.С. Скрипін, Є.І. Куш

Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ВАНТАЖОПІДЙОМНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗАЛЕЖНО ВІД СХЕМ РОЗВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ В ЛОГІСТИЧНІЙ СИСТЕМІ

Наведено результати математичного моделювання технологічного процесу перевезення вантажів розвізними маршрутами. Розраховано параметри схем доставки вантажів розвізними маршрутами в залежності від вантажопідйомності транспортного засобів і кількості поставок протягом тижня. Визначено оптимальні значення вантажопідйомності транспортних засобів для різних схем доставки вантажів в логістичній системі. Отримано залежність оптимальної вантажопідйомності транспортного засобу від кількості поставок.

Ключові слова: вантаж, вантажопідйомність, транспортний засіб, логістична система, маршрут, загальний пробіг, вантажооборот.

Постановка проблеми

Ефективність логістичної системи просування матеріального потоку залежить від ефективності діяльності її учасників і узгодженості їх роботи. Транспортний учасник є найважливішим елементом логістичної системи. Він виконує переміщення вантажу від місця утворення матеріального потоку до кінцевого споживача, при цьому пов'язуючи всі елементи системи між собою. Тому можна стверджувати, що ефективність роботи транспорту в багатьох випадках буде визначати ефективність роботи системи просування потоку в цілому.

В сучасних ринкових умовах питання ефективності транспорту є досить важливим, через нестабільну економічну ситуацію в країні, підвищення конкуренції серед учасників роздрібної мережі, постійне змінення попиту на матеріальний потік. У зв'язку з цим питання удосконалення роботи транспорту, зниження витрат і збільшення надійності його роботи є досить актуальними.

Зменшення витрат на перевезення, а отже підвищення ефективності функціонування логістичної системи, можна досягти шляхом удосконалення роботи транспорту, а саме: розробка раціональної схеми доставки, вибір оптимальної вантажопідйомності, встановлення доцільних інтервалів поставки матеріального потоку.

Тому вирішення цих питань повинно розглядатись з єдиних системних позицій, що є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Визначення раціональних схем доставки матеріального потоку, що призводить до зменшення транспортних витрат, можливо з використанням сучасних методів і підходів до організації цього процесу.

Під раціональною схемою розвезення вантажів розуміється формування маршрутів, вибір транспортного засобу і визначення інтервалів поставок, які давали б найбільшу ефективність перевізного процесу. Зниження витрат на перевезення є основною задачею підвищення ефективності транспортного процесу [1, 2].

При цьому вченими пропонується визначати витрати на перевезення з врахуванням виду транспортних засобів, що використовуються, відстані перевезення, витрат на виконання вантажно-розвантажувальних робіт, витрат, пов'язаних з пошкодженням, втратою вантажу, з порушенням терміну поставки та ін. [3-5].

Одним із методів підвищення ефективності транспорту є вибір виду рухомого складу, підхід до якого розроблявся багатьма науковцями. Одні вчені пропонують здійснювати вибір на підставі критеріїв, до яких відносяться [3]:

1. Витрати на створення і експлуатацію парку транспортних засобів.
2. Витрати на оплату послуг транспортних фірм.
3. Швидкість (час) транспортування.
4. Якість транспортування (надійність доставки, збережність вантажу і та ін.).

Інші вчені пропонують вибір ефективного автотранспортного засобу на підставі фізико-

механічних властивостей вантажу та розміру партії [3, 6]. Природно-кліматичні умови, партійність перевезень, характер і структура вантажопотоку, дорожні умови, забезпечення безпеки руху є також критеріями вибору оптимального вантажного автомобіля [3, 4, 7].

Задачу вибору автотранспортного засобу за вантажністю можна вирішувати як завдання формування парку автомобілів оптимальної структури [8].

Крім того вченими пропонується вибір вантажопідйомності і місткості транспортного засобу з урахуванням обсягу перевезень [9, 10].

Деякими авторами проблема вибору вантажопідйомності автомобіля вирішується в детермінованій постановці. При цьому ймовірнісно-статистичний підхід застосовується при маятникових маршрутах [8,11].

Багатьма вченими пропонується обирати транспортний засіб виходячи зі собівартості перевезення 1 тони вантажу, або загальних витрат на транспортування [4, 8, 12, 13].

Аналіз попередніх досліджень показав, що задачу вибору автотранспорту оптимальної вантажопідйомності доцільно вирішувати з урахуванням переліку факторів, що впливають на технологічний процес перевезення вантажів. На даний момент ця проблема не достатньо повно вирішена, і розв'язувати її можливо з використанням імітаційного моделювання розвізного процесу вантажів.

У зв'язку з цим метою даної роботи є визначення оптимальної вантажопідйомності транспортних засобів залежно від схем розвезення вантажів та інтервалів поставок в логістичній системі.

Виклад основного матеріалу

Для досягнення поставленої мети було розроблено програмне забезпечення, що дозволяє формувати розвізні маршрути в залежності від параметрів транспортної мережі, вантажів, автотранспортних засобів, роздрібною мережі. Після цього було проведено математичне моделювання процесу розвезення вантажів в логістичній системі з використанням розробленого алгоритму [14].

Для цього було змодельовано процес перевезення вантажів в районі м. Харкова з пункту відправлення, який має запас в достатньому розмірі для забезпечення потреб в матеріальному потоці учасниками роздрібною мережі. При цьому в якості вихідних даних математичної моделі було використано параметри технології перевезення вантажів в логістичній системі.

До параметрів, що характеризують транспортну мережу були віднесені

місцезнаходження вузлів мережі, відправника і одержувача вантажу, довжини дуг, швидкість руху дугою залежно від напрямку руху і часу доби, схема організації дорожнього руху, час проїзду перехрестя в залежності від його складності і маневру. Вони впливають на процес формування розвізних маршрутів в місті.

Вантажі характеризувалися габаритами, масою, об'ємом, умовами перевезення. Дані параметри впливають на процес вибору транспортного засобу для перевезення.

До параметрів роздрібною мережі належать кількість і місцезнаходження пунктів завезення, попит на матеріальний потік, що формує обсяги перевезення транспортною мережею і періоди завезення вантажів до споживачів.

Моделювання розвізного процесу вантажів містом було проведено при таких вхідних даних:

1. Кількість вузлів транспортної мережі – 1376 од.
2. Швидкість руху дугами від 15 до 50 км/год. залежно від напрямку руху і години доби.
3. Кількість відправників – 1 од.
4. Кількість пунктів завезення дорівнює 70 од.
5. Потреба роздрібною мережі складає 140 т протягом тижня.
6. Обсяг завезення до споживача складає 2 т.
7. Час роботи водія складає 10 год.
8. Час початку руху маршрутами – 5:00.
9. Додатковий час (час на під'їзд до пунктів навантаження-розвантаження) дорівнює 15 хв.

При цьому варіювалися такі параметри:

1. Вантажопідйомність транспортного засобу від 1 т до 14,7 т.
2. Кількість поставок протягом тижня – від 1 до 6 од.

Попит на продукцію обумовлює потрібний обсяг завезення і кількість поставок до учасника роздрібною мережі. Розрахунки проводилися при умові, що попит незмінний серед учасників системи.

Обсяг завезення в залежності від кількості поставок розраховувався таким чином:

$$q_n = \frac{Q_m}{N \cdot n}, \quad (1)$$

де Q_m – потреба роздрібною мережі, т;

N – кількість учасників роздрібною мережі;

n – кількість поставок, од.

На наступному етапі дослідження було змодельовано різні схеми доставки вантажів розвізними маршрутами м. Харків в залежності від вантажопідйомності транспортних засобів і кількості поставок протягом тижня.

Приклад отриманої схеми, при умові використання автомобіля вантажопідйомністю 7 т і 4 поставках протягом тижня наведено на рис. 1. В результаті були отримані параметри змодельованого

технологічного процесу перевезення вантажів розвізними маршрутами, що наведені в табл. 1.

Аналогічним чином були отримані інші схеми доставки вантажів. Для порівняння результатів моделювання на рис. 2 наведено розвізні маршрути при умові використання транспортного засобу

вантажопідіймністю 3 т і 4 поставках протягом тижня.

Параметри змодельованого технологічного процесу при даних умовах наведено в табл. 2.

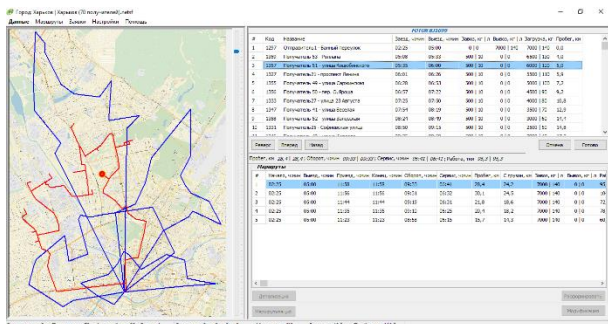


Рис. 1. Фрагмент програми формування розвізних маршрутів при умові вантажопідіймності 7 т і кількості поставок 4 од.

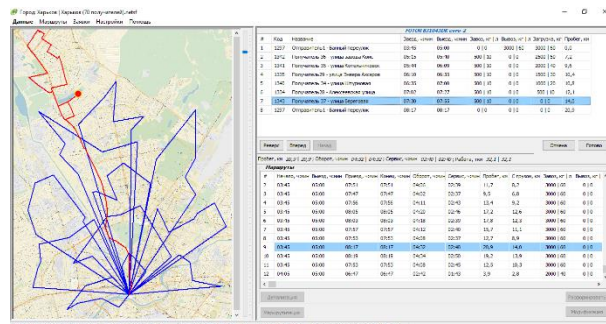


Рис. 2. Фрагмент програми формування розвізних маршрутів при умові вантажопідіймності 3 т і кількості поставок 4 од.

Таблиця 1. Параметри схеми доставки вантажів розвізними маршрутами при умові використання транспортного засобу вантажопідіймністю 7 т і 4 поставках протягом тижня

Номер маршруту	Кількість пунктів, од.	Час оберт, год	Час обслуговування, год	Загальний пробіг, км	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Вантажо-оберт, ткм
1	14	9,55	6,68	28,377	24,215	7000	95,33
2	14	9,52	6,53	30,112	24,547	7000	104,35
3	14	9,32	6,52	21,821	18,621	7000	72,13
4	14	9,17	6,42	20,423	18,206	7000	78,18
5	14	8,97	6,25	15,732	14,341	7000	60,88
Всього	70	46,53	32,5	116,465	99,93	35000	410,87

Таблиця 2. Параметри схеми доставки вантажів розвізними маршрутами при умові використання транспортного засобу вантажопідіймністю 3 т і 4 поставках протягом тижня

Номер маршруту	Кількість пунктів, од.	Час оберт, год	Час обслуговування, год	Загальний пробіг, км	Пробіг з вантажем, км	Обсяг перевезень, кг	Вантажо-оберт, ткм
1	6	3,98	2,65	8,155	6,764	3000	12,26
2	6	4,1	2,65	11,702	8,188	3000	17,81
3	6	4,03	2,62	9,542	6,829	3000	13,36
4	6	4,18	2,72	13,444	9,179	3000	17,74
5	6	4,33	2,77	17,195	12,611	3000	22,36
6	6	4,3	2,65	17,825	12,317	3000	27,03
7	6	4,2	2,67	15,71	11,096	3000	18,64
8	6	4,13	2,62	12,668	8,924	3000	20,53
9	6	4,53	2,67	20,937	13,987	3000	32,11
10	6	4,57	2,83	19,21	13,888	3000	26,13
11	6	4,13	2,75	12,459	10,322	3000	19,79
12	4	2,7	1,72	3,884	2,829	2000	3,99
Всього	70	49,2	31,3	162,731	116,934	35000	231,75

Отримані результати наведених прикладів свідчать про зміну параметрів технологічного процесу перевезення вантажів розвізними маршрутами залежно від вантажопідіймності транспортних засобів, часу руху по маршруту,

кількості поставок. Зі збільшенням вантажопідіймності транспортних засобів зменшується кількість маршрутів, необхідних для розвезення вантажів, зменшується кількість транспортних засобів, збільшується час на

навантаження-розвантаження, що призводить до підвищення часу оборту. В свою чергу час початку руху маршрутом і час оборту визначає швидкість руху автомобіля мережею, через нерівномірність швидкості транспортного потоку протягом доби.

Таким чином були отримані параметри процесу розвезення вантажів для кожної моделі транспортного засобу залежно від його вантажопідйомності і при доставках від 1 до 6 протягом тижня.

Визначення оптимальної вантажопідйомності транспортного засобу проводилося з використанням критерію – мінімум загальних транспортних витрат, що розраховувалися з використанням раніше розробленої багатofакторної регресійної моделі [15]:

$$C_o = (0,113 \cdot q_n^{0,339} + 0,067 \cdot R_n^{-0,092}) \cdot L + (0,0015 q_n^{0,92} + 0,0389 A^{-0,095}) \cdot T \quad (1)$$

де q_n – вантажопідйомність транспортного засобу, т,

R_n – питома витрата палива транспортного засобу, (л/100 км)/т,

L – довжина маршруту, км,

A – кількість транспортних засобів, од.,

T – час роботи транспортного засобу, год.

На наступному етапі було побудовано закономірність зміни загальних витрат, залежно від вантажопідйомності транспортних засобів і кількості поставок протягом тижня (рис. 3).

Аналіз отриманих закономірностей дозволяє зробити висновок про наявність оптимальної вантажопідйомності транспортних засобів для обслуговування роздрібної мережі при певних її параметрах.

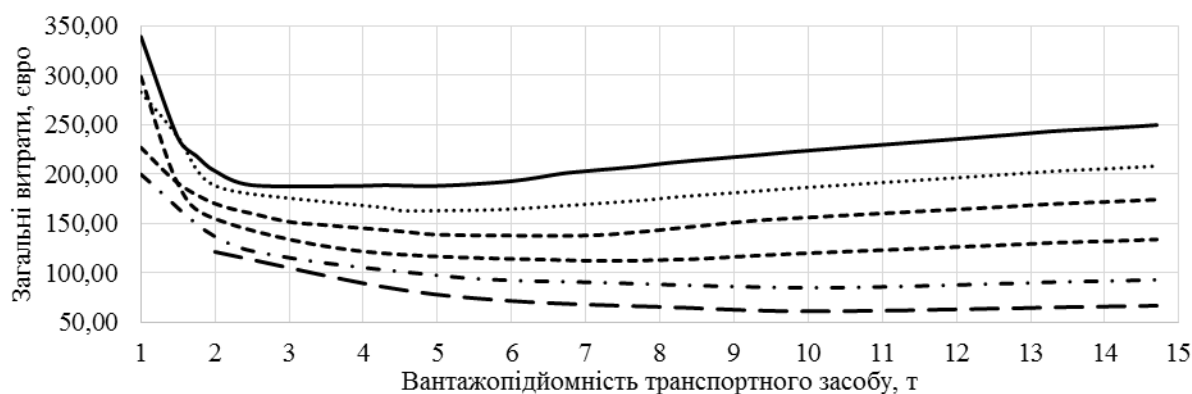


Рис. 3. Закономірність зміни загальних витрат, залежно від вантажопідйомності транспортних засобів і кількості поставок протягом тижня:

— n=6 n=5 - - - - n=4 - - - - n=3 - . - . n=2 - - - n=1

Оптимум кожної кривої на графіку має відповідні параметри технологічного процесу перевезення вантажів розвізними маршрутами (табл. 3).

Таблиця 3. Оптимальне значення вантажопідйомності транспортних засобів для різних схем доставки вантажів в логістичній системі

Кількість поставок, од	Оптимальна вантажопідйомність, т	Кількість автомобілів, од.	Кількість маршрутів, од.	Час роботи в мережі, год.	Загальний пробіг, км	Загальні витрати, євро
1	10	14	14	126,25	180,18	60,82
2	10	7	7	130,14	256,6	84,76
3	6,65	7	7	170,94	384,9	112,76
4	6	6	6	188,28	485,92	137,58
5	5	6	6	212,65	607,4	162,9
6	4,3	6	6	255,18	728,88	187,92

На підставі отриманих результатів моделювання розвізних маршрутів і визначення оптимальної вантажопідйомності транспортних засобів для кожної зі схем доставки вантажів було отримано залежність оптимальної вантажопідйомності від кількості поставок (рис. 4).

Вона з достатньою точністю описується експоненціальною кривою (коефіцієнт кореляції дорівнює 0,952):

$$y = 12,597e^{-0,183x}, \quad (3)$$

де x – кількість поставок, од.

Отримана закономірності свідчить про зменшення оптимальної вантажопідйомності транспортного засобу зі збільшенням кількості поставок.

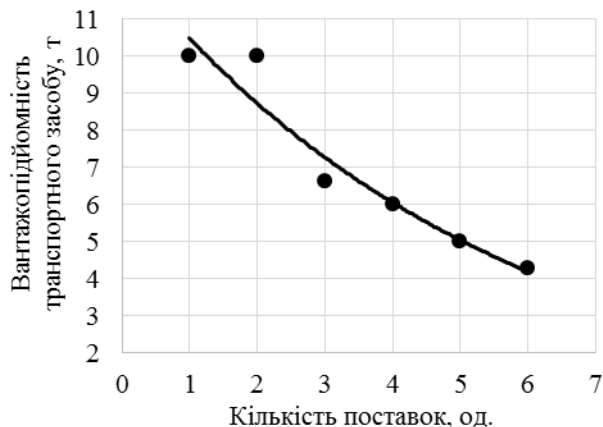


Рис. 4. Залежність оптимальної вантажопідйомності транспортного засобу від кількості поставок

Висновки

Оптимальна вантажопідйомність транспортних засобів для розвезення вантажів розвізними маршрутами в логістичній системі залежить від параметрів транспортної мережі, вантажів, автомобілів і попиту на продукцію. Збільшення кількості поставок до роздрібною мережі призводить до зменшення оптимальної вантажопідйомності. Однак при виборі вантажопідйомності транспортного засобу недостатньо керуватися лише транспортними витратами, бо вони не відбивають результати діяльності логістичної системи. Тому напрямом подальших досліджень є обґрунтування параметрів обслуговування роздрібною мережі виходячи з характеру функціонування всіх її учасників.

Література

1. Gerondeau C. *Transport in Europe*. / C. Gerondeau. – Artech House Publishers, 1997. – 432 p.
2. Hesse M. *The transport geography of logistics and freight distribution* / M. Hesse, J. P. Rodrigue // *Journal of transport geography*. – 2004. – Т. 12. – №. 3. – С. 171-184.
3. Вельможин А. В. *Грузовые автомобильные перевозки [Текст]: Учебник для вузов* / А. В. Вельможин, В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Куликов. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2006 – 560 с.
4. Воркут А. И. *Грузовые автомобильные перевозки* / А. И. Воркут. – К. : Вища школа., 1986. – 447 с.
5. McGinnis M. A. *A comparative evaluation of freight*

transportation choice models / M. A McGinnis. // *Transportation Journal*. – 1989. – С. 36-46.

6. Майборода М. Е. *Грузовые автомобильные перевозки* / М. Е. Майборода, В. В. Беднарский. Ростов н/Д : Феникс, 2008. 442 с.

7. Василенко Т. Є. *Підвищення ефективності роботи суб'єктів підприємницької діяльності при перевезенні дрібнопартійних вантажів автомобільним транспортом* / Т. Є. Василенко, О. С. Губін // *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. – 2014. – №. 1. – С. 28-33.

8. Шентура А. Н. *Повышение эффективности автомобильных перевозок партионных грузов при переменном спросе на перевозки: дисс... канд. техн. наук* / А. Н. Шентура. – Харьков, 2004. – 162 с.

9. Ковцур Е. Г. *Методика резервирования парка подвижного состава за счет собственного парка автомобилей* // *Технологический аудит и резервы производства*. – 2012. – Т. 6. – №. 4 (8). – С. 55-56.

10. Нефедов Н. А. *Оптимальная грузоподъемность автомобиля на развозочных маршрутах при переменном спросе на перевозки [Текст]* / Н. А. Нефедов, А. Н. Шентура // *Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета*. – Харьков: ХНАДУ, 2002. – Вып. 17. – С. 69-71.

11. Кузьменко А. І. *Підвищення ефективності перевезення харчових вантажів в умовах великого міста* // *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту*. – 2016. – №. 156. – С. 116-123.

12. Афанасьев Л. Л. *Автомобильные перевозки : Учебник для вузов* / Л. Л. Афанасьев, С. М. Цукерберг. – М. : Транспорт, 1973. – 320 с.

13. Janic M. *Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network* / M. Janic // *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. – 2007. – Т. 12. – №. 1. – С. 33-44.

14. Куш Є.І. *Формування розвізних маршрутів тарно-штучних вантажів в містах* / Є. І. Куш, В. С. Скрипін // *Збірник наукових праць української державної академії залізничного транспорту*. – Харків : УкрДУЗТ, 2016. – Вип. 160. – С. 97–105.

15. Куш Е. И. *Определение затрат на перевозку грузов автомобильным транспортом* / Е. И. Куш, В. С. Скрипин // *Национальная ассоциация ученых: ежемес. науч. журн.* – Екатеринбург: НАУ, 2016. – № 3 (13). – Ч. 1. – С. 18–20.

References

1. Gerondeau, C. (1997). *Transport in Europe*. 432.
2. Hesse, M., & Rodrigue, J. P. (2004). The transport geography of logistics and freight distribution. *Journal of transport geography*, 12(3), 171-184.
3. Vel'mozhin A. V., Gudkov, V. A., Mirotin, L. B., & Kulikov, A. V. (2006). *Trucking. M.: Hot line-telecom*, 560.
4. Vorkut, A. I. (1986). *Trucking. K.: High school*. 447.
5. McGinnis, M. A. (1989). A comparative evaluation of freight transportation choice models. *Transportation Journal*, 36-46.
6. Majboroda, M. E., & Bednarskij, V. V. (2008). *Trucking. Rostov n/D: Feniks*. 442.
7. Vasylenko, T. Ye., & Hubin, O. Ye. (2014). *Improving the efficiency of businesses at shot lot of supply items*

transportation by road. *Modern technologies in engineering and transport*, (1), 28-33.

8. Sheptura, A. N. (2004). *Improving the efficiency of lot trucking under variable demand for transportation. spec. 05.22.01.*

9. Kovcur Y. G. (2012). Method of reservation of fleet freight capacity taking into account own fleet freight capacity. *Technology audit and reserves production*, 6 (4 (8)). 55-56

10. Nefedov N. A. (2002). *Optimal vehicle carrying capacity on delivery routes with variable demand for transportation. Bulletin of the Kharkov State Automobile and Road Technical University – Kharkiv: KSARTU*, (17), 69-71.

11. Кузьменко, А. І. (2016). Improving the efficiency of food transportation cargo under the big city. *Proceedings of the Ukrainian State University of Railway Transport*, (156), 116-123.

12. Afanasiev, L. L. (1970). *Automobile transportations / Afanasiev L. L. Cukerberg CMM, Transport 320.*

13. Janic, M. (2007). Modelling the full costs of an intermodal and road freight transport network. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 12(1), 33-44.

14. Kush, Y. I., & Skrypin, V. S. (2016). Creating the multi-drop routes break-bulk cargo in cities. *Proceedings of the Ukrainian State University of Railway Transport*, (160), 97-105.

15. Kush, Y. I., & Skrypin, V. S. (2016). Determination of costs freight road transport. *The National Association of Scientists № 3 (13)*, 18–20.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю. О. Давідіч, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків.

Автор: КУШ Євген Іванович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Транспортні системи і логістика» Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова.
E-mail – kush_bush@mail.ru

Автор: СКРИПІН Василь Сергійович
аспірант кафедри «Транспортні системи і логістика» Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, Харків, доктор технічних наук, професор.
E-mail – skrypinvs@gmail.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СХЕМЫ РАЗВОЗКИ ГРУЗОВ В ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

В.С. Скрыпин, Е.И. Куш

Харьковский национальный университет городского хозяйства им. О.М. Бекетова, Харьков

Представлено результати імітаційного моделювання технологічного процесу перевезення вантажів розвозної маршрутами. Розраховані параметри схем доставки вантажів розвозної маршрутами в залежності від грузопідъемності транспортного засобу і кількості поставок в течение тижня. Визначені оптимальні значення грузопідъемності транспортних засобів для різних схем доставки вантажів в логістическій системі. Отримана залежність оптимальної грузопідъемності транспортного засобу від кількості поставок.

Ключевые слова: груз, грузоподъемность, транспортное средство, логистическая система, маршрут, общий пробег, грузооборот.

DETERMINING THE OPTIMAL CAPACITY OF VEHICLES DEPENDING ON CARGO DISTRIBUTION SCHEMES IN THE LOGISTICS SYSTEM

V.S. Skrypin, Y.I. Kush

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv

The article presents the results of simulation modeling of technological process of cargo transporting by delivery routes. The parameters of schemes of cargo distribution by delivery routes have been calculated. The efficiency evaluation of transport process was determined on the basis of the total transport costs, which are calculated based on the vehicles capacity, on the specific fuel consumption and on the number of cars. The regularity of the total cost change, depending on the vehicles capacity and the number of deliveries during the week have been identified. The optimal values of vehicles capacity for various schemes of cargo delivery in the logistics system have been determined. The dependence of the optimal capacity of the vehicle on the number of deliveries has been defined.

Keywords: cargo, capacity, vehicle, logistics system, route, total mileage, cargo turnover.