

<https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-154-1-95-101>

УДК 656.025.4

**І. Г. Лебідь<sup>1</sup>**  
**Т. Г. Ануфрієва<sup>1</sup>**  
**Н. О. Лужанська<sup>1</sup>**

## **МОДЕЛЮВАННЯ ВИТРАТ НА ДОСТАВКУ ПРОДУКЦІЇ ЗБІРНИМИ ВІДПРАВЛЕННЯМИ**

<sup>1</sup>Національний транспортний університет, Київ

*Зміни в дистрибуції харчових продуктів призвели до того, що реалізація продукції торговельними підприємствами відбувається на великій території дрібними партіями за індивідуальними замовленнями. У більшості випадків доставка продукції у торговельні заклади виконується автомобільним транспортом, але практично відсутні методичні рекомендації щодо вибору автотранспортних засобів, їх комплектації та кількості для перевезення збірних партій багатомономенклатурних вантажів. Тому потребує визначення ефективність використання автотранспортних засобів, яка на розвізних маршрутах характеризується лише собівартістю перевезення 1 т вантажу. Відсутність в загальному доступі статистичних показників експлуатаційних параметрів автомобілів значно ускладнює встановлення собівартості перевезення. При цьому розв'язання задач планування збірних відправлень, таких як: вибір автомобіля, маршруту його руху, структури автопарку тощо, потребує знання зміни собівартості перевезення залежно від вантажопідйомності автомобіля. Запропоновано визначення собівартості перевезень залежно від вантажопідйомності автомобіля виконувати шляхом екстраполяції параметрів автомобіля на основі даних фірми-виробника і сервісних підприємств, а також алгоритм моделювання функціонування розвізного маршруту. Виконане дослідження на прикладі автомобілів-рефрижераторів моделі Isuzu свідчить, що заміна одного рейсу автомобіля великої вантажопідйомності шляхом використання двох рейсів автомобілем меншої вантажопідйомності за критерієм зменшення вартості перевезення недоцільна. Порівняння витрат суміжних в модельному ряді вантажопідйомності автомобілів Isuzu свідчить, що пунктів рівноцінної вартості доставки товарів не існує. Тобто заміна автомобіля на більшу за вантажопідйомністю доцільна після повного використання вантажопідйомності автомобіля меншої вантажності.*

**Ключові слова:** автомобіль, модельний ряд, рівноцінна відстань перевезення, собівартість перевезень, вантажопідйомність, розвізний маршрут, моделювання маршруту.

### **Вступ**

В останні роки спостерігається підвищення інтересу споживачів до екологічно чистих харчових продуктів, значна кількість яких відноситься до швидкопсувних товарів. Реалізацією цих продуктів займається велика кількість великих та малих торговельних закладів, які її одержують від логістичних центрів постачання. З огляду на терміни придатності продукції та вартість її зберігання заклади торгівлі вимушені замовляти поставки дрібними партіями. При цьому кожний заклад самостійно визначає партію замовлення, асортимент продукції та термін доставки. Магазины, зазвичай мають тільки під'їзні дороги автомобільного транспорту. Тому доставку продукції із логістичних центрів в магазини здійснюють автомобільним транспортом. Продукція відправлення є багатомономенклатурною, що потребує різних температурних умов перевезень, які регламентовані міжнародними та національними нормативно-правовими актами. Наявність широкої лінійки моделей автотранспортних засобів та технологічного обладнання створює базис для розвитку та удосконалення таких перевезень в Україні. Перепоною для ефективної організації транспортного процесу доставки швидкопсувної продукції є відсутність науково-розроблених рекомендацій щодо вибору

автотранспортного засобу для перевезення конкретної збірної партії відправлення швидкокопсувального різномірного вантажу та формування структури автопарку за вантажопідйомністю, особливо для малих підприємств, що обслуговують об'єкти дистрибуції, розташовані на великій території з концентрацією одержувачів у містах, та умовах малопотужних вантажопотоків. Для розв'язання задачі ефективного перевезення збірної партії дрібних відправлень необхідно встановити модель формування партії відправлення, структуру автопарку та рекомендації щодо вибору автомобіля для роботи на розвізному маршруті. Вибір автомобіля визначається наявним автопарком, величиною партії відправлення та собівартістю перевезення. Перепоною для встановлення собівартості перевезення від вантажопідйомності автомобіля є відсутність статистичних даних в літературних джерелах.

### Аналіз досліджень і публікацій

Розв'язання задач планування збірних відправлень таких, як вибір автомобіля, маршруту його руху, структури автопарку тощо, потребує визначення ефективності використання автотранспортних засобів. Згідно з теоретичними положеннями [1]—[4] ефективність організації транспортного процесу на розвізних маршрутах характеризується лише собівартістю перевезення 1 т вантажу [1]

$$S_T = \frac{l_i}{q\gamma_c\beta} \left( C_z + \frac{C_p}{V_T} \right) + \frac{C_p t_{np}}{q\gamma_c}, \quad (1)$$

де  $q$  — вантажопідйомність автотранспортного засобу, т;  $\gamma_c$  — статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності;  $\beta$  — коефіцієнт використання пробігу;  $C_z$  — змінні витрати на 1 км пробігу автомобіля, грн/км;  $C_p$  — постійні витрати на 1 годину роботи автомобіля, грн/год;  $V_m$  — технічна швидкість автомобіля км/год;  $t_{np}$  — витрати часу на виконання навантажувально-розвантажувальних робіт, год.

Калькулювання собівартості автомобільних перевезень є продовженням системи бухгалтерського обліку витрат на автоперевезення. Всі витрати за одну їзду поділяються на змінні ( $C_z$ ) і постійні ( $C_p$ ). До змінних відносяться витрати, пов'язані з рухом автомобіля, і обчислюються на 1 км пробігу: витрати на паливо, мастильні та інші експлуатаційні матеріали; витрати на технічне обслуговування, ремонт і амортизацію рухомого складу.

До постійних належать витрати, які не залежать від пробігу автомобіля. Ці витрати визначають на день або годину перебування автомобілів у наряді. У цю групу входять накладні витрати, відрахування на відновлення рухомого складу, а також умовно заробітна плата водіїв.

У літературних джерелах достовірні дані про собівартість перевезень, які є комерційною таємницею, майже відсутні. Тому для її визначення використано розрахунковий метод з урахуванням рекомендацій [5]. Прийнято, що початком і закінченням розвізного маршруту є територія складу-відправника. З метою отримання результатів, стійких до інфляційних процесів, розрахунок собівартості виконували в доларах США

*Метою роботи є розробка математичної моделі витрат на доставку продукції збірними відправленнями.*

### Результати дослідження

Для розрахунку статей калькуляції собівартості перевезень вибрано автомобіль-рефрижератор моделі ISUZU, що отримав широке розповсюдження в транспортній галузі та має лінійку вантажопідйомності від 1 т до 20 т, конструкція моделей якого має єдину технологічну базу.

Витрати на оплату праці водія визначено на основі статистичних даних [6].

Витрати палива визначались згідно з розрахунком норм [7] для роботи авторефрижераторів на розвізному маршруті

$$Q_m = 0,01 [H_L \cdot L_M + H_W \cdot W_M] + H_0 \left( \frac{L_B}{V_T} + n(t_{np} + t_z) \right), \quad (2)$$

де  $H_L$  — норма витрат палива на 100 км пробігу, л;  $H_W$  — норма витрат палива на 100 т·км, л;  $H_0$  — норма витрат палива на роботу додаткового обладнання, л/год. [8];  $L_M$  — довжина маршруту, км;  $L_B$  — середня відстань перевезення 1 тону вантажу, км;  $W_M$  — транспортна робота на маршруті, т·км;  $V_m$  — технічна швидкість, км/год;  $t_{np}$  — тривалість виконання навантажувально-розвантажувальних робіт, год;  $t_z$  — додатковий час на маневрування, переважування вантажу та оформ-

лення документів в пункті розвантаження на маршруті, год;  $n$  — кількість пунктів призначення вантажу на маршруті, од.

Вихідними даними для визначення витрат на розвізному маршруті є: модель автомобіля, маса збірної партії відправлення, швидкість руху, довжина та кількість пунктів розвантаження на маршруті. Для спрощення побудови теоретичної моделі розвізного маршруту прийнято припущення, що всі його ділянки рівні між собою та в кожному пункті розвантаження надходить однакова маса вантажу. Тоді довжина ділянки маршруту становить

$$l_0 = \frac{L_M}{n+1}, \quad (3)$$

а середня відстань перевезення вантажу

$$L_B = L_M \left( 1 - \frac{1}{n+1} \right) = \frac{L_M \cdot n}{n+1}. \quad (4)$$

З урахуванням (3) транспортну роботу на маршруті визначають за моделлю

$$W = \frac{(n+1)n}{2} \cdot \frac{g_B}{n} \cdot \frac{L_M}{n+1} = \frac{g_B L_M}{2}, \quad (5)$$

де  $g_B$  — маса збірного відправлення, т.

Перевірка адекватності моделі (5) виконували на 50 реальних міських і міжміських маршрутах. Коефіцієнт кореляції між фактичними і розрахованими даними склав  $r = 0,976$ , що свідчить про достатню точність визначення транспортної роботи. Якщо розрахунок транспортної роботи виконувати на основі довжини поїздки з вантажем, то значення коефіцієнта кореляції підвищується до  $r = 0,982$ .

Аналіз даних, наведених в [9], дозволив встановити аналітичну залежність лінійної витрати палива від вантажопідйомності автомобіля ( $q$ ) (рис. 1).

Вартість палива ( $B_n$ ) визначаємо за формулою

$$B_n = Q_M \cdot \tau_p, \quad (6)$$

де  $\tau_p$  — вартість палива, \$/л.

Витрати на мастильні та інші експлуатаційні матеріали визначали як відсоток (12 %) від вартості палива. Витрати на сервісне технічне обслуговування і ремонт розраховували на основі даних [10], що дозволило визначити їх залежність від  $q$  (рис. 2).

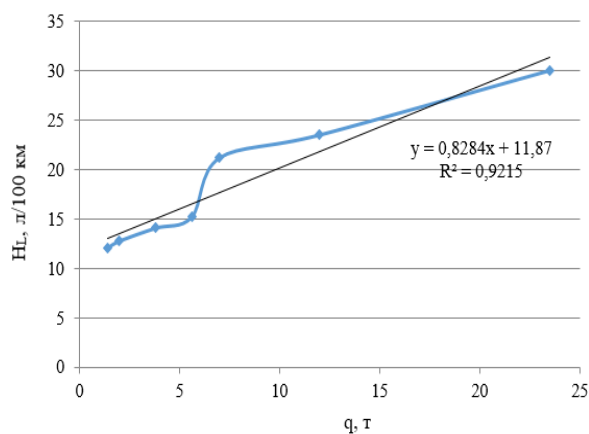


Рис. 1. Зміна норми витрати палива  $H_d$  від вантажопідйомності  $q$

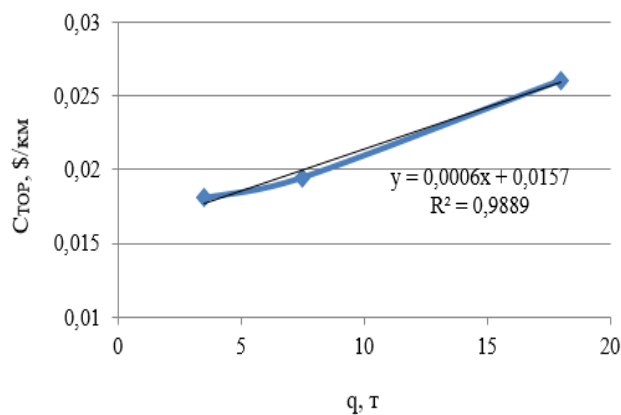


Рис. 2. Залежність витрат ТОР на 1 км пробігу в залежності від  $q$

Витрати на шини розраховували відповідно до методики [11] на основі прогнозованої вартості одного комплексу шин та норм середнього ресурсу пневматичних шин колісних транспортних засобів (рис. 3).

Транспортні засоби належать до п'ятої групи основних засобів, до яких можуть бути застосовані всі методи нарахування амортизації, такі як: прямолінійний, зменшення залишкової вартості, прискорене зменшення залишкової вартості, кумулятивний, виробничий. Мінімальні допустимі терміни їх експлуатації — 5 років. Для встановлення величини амортизаційних відрахувань використано прямолінійний метод з урахуванням залежності вартості автотранспортного засобу від його вантажопідйомності (рис. 4).

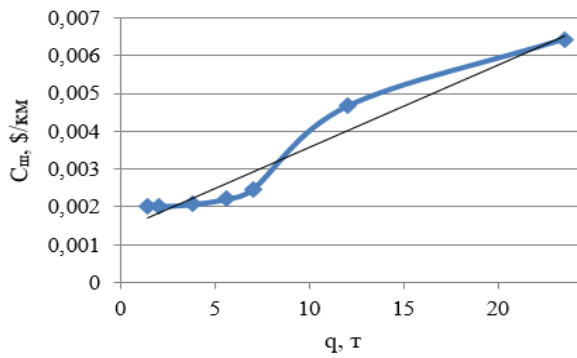


Рис. 3. Залежність витрат TOP на 1 км пробігу в залежності від  $q$

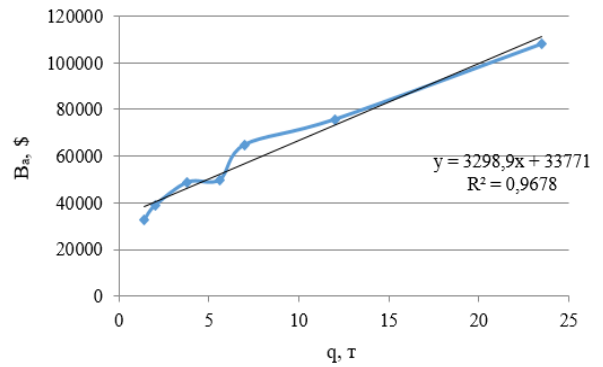


Рис. 4. Вартість автомобіля Isuzu в залежності від  $q$

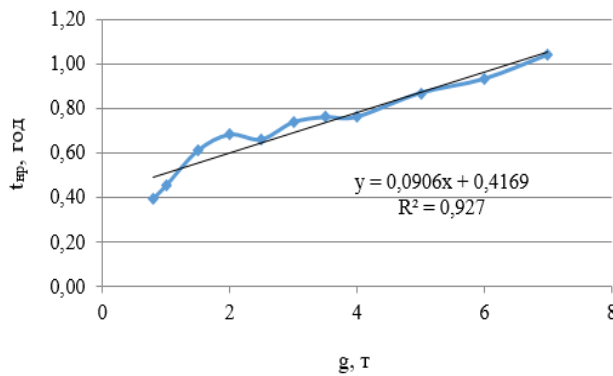


Рис. 5. Тривалість виконання операцій навантаження і розвантаження від маси збірного відправлення  $g$

Залежність часу виконання вантажних робіт від маси партії відправлення, що завантажується в ручну визначено з урахуванням рекомендацій [12] і показано на рис. 5.

Тривалість заїзду у кожний пункт вивантаження з переважуванням вантажу ( $t_{зз}$ ) розраховували згідно з нормативами [13].

Накладні витрати визначали як відсоток (10 %) від сумарної вартості постійних і змінних статей витрат.

Собівартість перевезення 1 тони вантажу розраховували за формулою

$$S_{1T} = \frac{S_{\Sigma}}{Q}, \quad (7)$$

де  $S_{\Sigma}$  — загальні витрати на перевезення по маршруту, \$;  $Q$  — маса перевезеного вантажу, т.

Дослідження впливу параметрів розвізного маршруту на вартість доставки продукції виконували шляхом моделювання функціонування маршруту. Метою дослідження було поперше: перевірка гіпотези про зменшення вартості перевезення рейсом автомобіля великої вантажопідйомності шляхом використання двох рейсів автомобілем меншої вантажопідйомності; по-друге: визначення мінімального ступеня завантаження автомобіля за якого максимально завантажений автомобіль меншої вантажопідйомності буде мати рівноцінну вартість доставки товару. Суть методу моделювання функціонування розвізного маршруту полягає в такому. Задається середня довжина перегону та маса одного відправлення, кількість пунктів заводу на маршруті, вантажопідйомність автомобіля, а також блок нормативних та розрахункових параметрів, викладених вище. Вантажопідйомність авторефрижераторів моделі Isuzu склав ряд значень в тонах: 1,4; 2; 3,8; 5,6; 12. Можливі значення вхідних даних приймалися на підставі натурних спостережень в інтервалах, поданих в табл. 1. Організований цикл з перебору можливих значень вхідних значень (рис. 6) дозволив отримати масив вихідних даних.

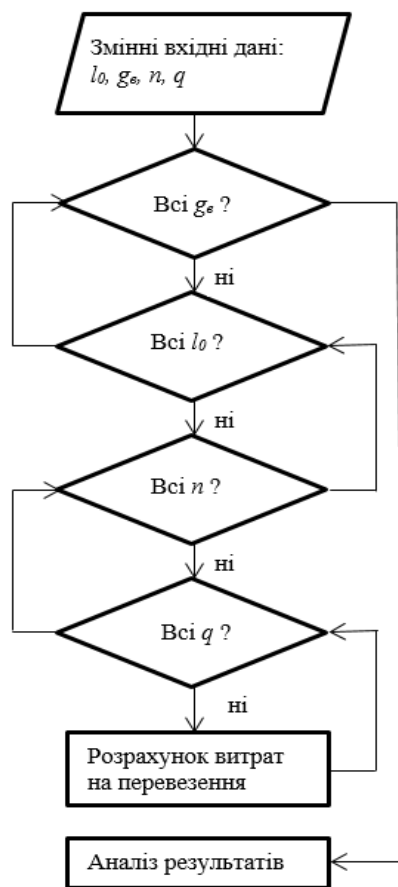


Рис. 6. Алгоритм моделювання функціонування маршруту

Характеристики розподілу відправлення рибної продукції

Характеристика маси відправлення	Вид відправлення	
	Одному вантажоодержувачеві	Збірне
Математичне очікування, кг	187	2463
Мінімальне значення, кг	3	168
Максимальне значення, кг	4527	5615
Середнє квадратичне відхилення, кг	244	1424
Дисперсія, кг <sup>2</sup>	59758	2027559

В результаті дослідження встановлено, що заміна одного рейсу автомобіля великої вантажопідйомності шляхом використання двох рейсів автомобілем меншої вантажопідйомності за критерієм зменшення вартості перевезення недоцільна.

Порівняння витрат суміжних в модельному ряді вантажопідйомності автомобілів Isuzu свідчить, що точок рівноцінної вартості доставки товарів не існує (рис. 7, 8). Наведені графіки отримані за вхідних даних  $l_0 = 10$  км і  $n = 10$ , але виявлені закономірності залишаються незмінними у всьому діапазоні зміни вхідних даних у разі використання автомобіля моделі Isuzu.

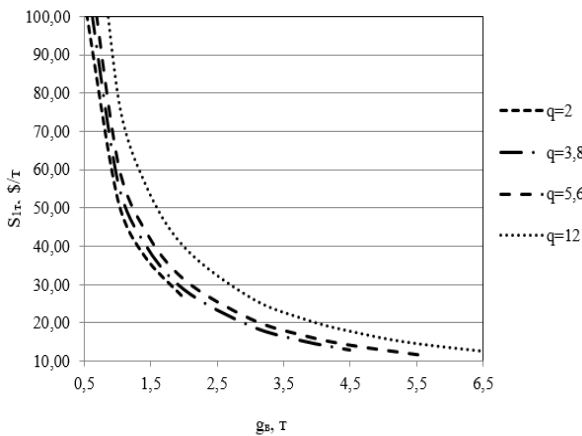


Рис. 7. Залежність питомих витрат на перевезення ( $S_{1r}$ ) від вантажопідйомності автомобіля ( $q$ ) та маси збірного відправлення ( $g_b$ )

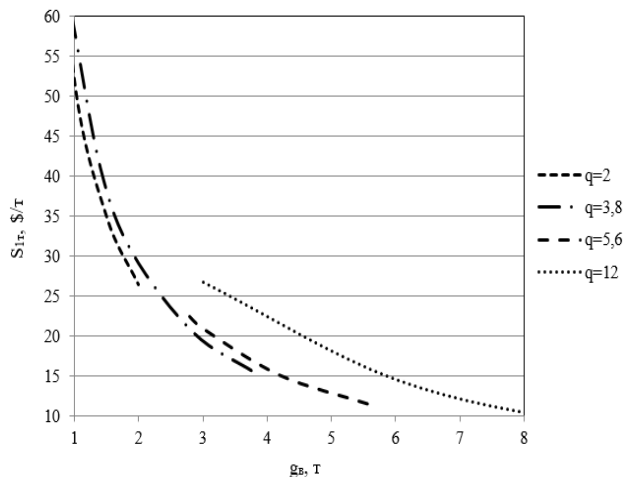


Рис. 8. Залежність питомих витрат на перевезення ( $S_{1r}$ ) від вантажопідйомності автомобіля ( $q$ ) та маси збірного відправлення ( $g_b$ ) в інтервалі зміни коефіцієнта використання вантажопідйомності  $\gamma = 0,25 \dots 1,0$

Необхідно зазначити, що не виключена можливість знаходження точок рівновигідної вартості перевезення для автомобілів з різним рівнем завантаження та різних виробників.

Отже, зі зростанням маси збірного відправлення, що перевозять автомобілями марки Isuzu, заміна автомобіля меншої вантажопідйомності на більшу доцільна після досягнення значення коефіцієнтом статичного використання вантажопідйомності  $\gamma_c = 1,0$  автомобілем меншої вантажності.

## Висновки

Розроблена математична модель витрат на перевезення вантажу на розвізному маршруті із суміжних ділянок міського та міжміського сполучення забезпечує отримання результатів контрольованих параметрів з коефіцієнтом кореляції в межах 0,976...0,982, що надає можливість її використання в інженерних і дослідницьких розрахунках.

Дослідженням впливу параметрів розвізного маршруту на вартість перевезення вантажу автомобілями одного модельного ряду встановлено, що заміна одного рейсу автомобіля великої вантажопідйомності шляхом використання двох рейсів автомобілем меншої вантажопідйомності за критерієм зменшення вартості перевезення недоцільна. Порівняння витрат суміжних в модельному ряді вантажопідйомності автомобілів Isuzu свідчить, що точок рівноцінної вартості доставки товарів не існує.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] А. И. Воркут, *Грузовые автомобильные перевозки*. Киев: Вища школа, 1986, 447 с.
- [2] В. Н. Нефедов, «Повышение эффективности автомобильных перевозок партионных грузов с использованием распределительных центров.» автореф. дис. канд. техн. наук., Харк. нац. авт.-дор. ун-т, Харьков, Украина, 2006.
- [3] В. А. Житков, и К. В. Ким, *Методы оперативного планирования грузовых перевозок*. Москва: Транспорт, 1984, 218 с.
- [4] Е. Е. Витвицкий, «Научные основы совершенствования теории мелкопартионных грузов автомобильных перевозок.» автореф. дис. докт. техн. наук., Сиб. гос. авт.-дор. акад. (СибАДИ), Тюмень, РФ, 2006.
- [5] Міністерство транспорту України, *Про затвердження Методичних рекомендацій з формування собівартості перевезень (робіт, послуг) на транспорті*. Наказ № 65 від 05.02.2001. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0065361-01> . Дата звернення: Груд. 10, 2020.
- [6] *Огляд статистики зарплатні професії «Водій в Україні»*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ua.trud.com/salary/2/5229.html> . Дата звернення: Лист. 15, 2020.
- [7] Міністерство інфраструктури України, *Про затвердження Змін до Норм витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті*. Наказ № 36 від 24.01.2012. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0036733-12#Text> . Дата звернення: Груд. 10, 2020.
- [8] *Нормы расхода топлива на холодильные установки автомобилей-рефрижераторов*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://putew.inrb.by/articledet.html?akod=36> . Дата звернення: Груд. 10, 2020.
- [9] *Модельный ряд и цены на автомобили ISUZU*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.isuzu.ru/models/> . Дата звернення: декабрь, 10, 2020
- [10] *Цены на ТО ISUZU*. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://tehnikom-piyer.ru/servis/models/tehnicheskoe-obsluzhivanie/tseny-na-to-isuzu/> . Дата звернення: декабрь. 10, 2020
- [11] Міністерство транспорту та зв'язку України, *Про затвердження Експлуатаційними нормами середнього ресурсу пневматичних шин колісних транспортних засобів і спеціальних машин, виконаних на колісних шасі*. Наказ № 488 від 20.05.2006 (редакція від 03.07.2018). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0712-06> . Дата звернення: Груд. 10, 2020.
- [12] С. Л. Голованенко, О. М. Жарова, Т. И. Маслова, и В. Г. Посыпай, *Справочник инженера-экономиста автомобильного транспорта*. Киев: Тэхника, 1991. 351 с.
- [13] Л. А. Александров, *Организация и планирование грузовых автомобильных перевозок*. Москва: Высшая школа, 1986. 335 с.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 26.01.2021

**Лебідь Ірина Георгіївна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, e-mail: [i.h.lebed@gmail.com](mailto:i.h.lebed@gmail.com) ;

**Ануфрієва Тетяна Геннадіївна** — старший викладач кафедри міжнародних перевезень та митного контролю, e-mail: [anufriyeva11@gmail.com](mailto:anufriyeva11@gmail.com) ;

**Лужанська Наталія Олександрівна** — старший викладач кафедри транспортних технологій, e-mail: [natali.luzhanska@gmail.com](mailto:natali.luzhanska@gmail.com) .

Національний транспортний університет, Київ

**I. H. Lebid<sup>1</sup>**  
**T. H. Anufriieva<sup>1</sup>**  
**N. O. Luzhanska<sup>1</sup>**

## Groupage transportation cost modeling

<sup>1</sup>National Transport University, Kyiv

*Changes in food distribution have led to the fact that sales of products by commercial enterprises take place in a large area by small batches fulfilling individual orders. In most cases, the delivery of products to commercial enterprises is made by road. However, there are virtually no guidelines for the choice of vehicles, their configuration and quantity necessary for groupage. Therefore, it is essential to determine road transportation efficiency, which on delivery routes is characterized by the transportation costs of 1 ton of freight only. The lack of publicly available statistical indicators of automobile operational parameters significantly complicates transportation costing. At the same time, solving such tasks of planning groupage shipments as the choice of a car, its route, fleet composition, etc. requires awareness of interdependences between transportation costs and the capacity of a car. It is proposed to determine transportation costs based on a vehicle capacity by extrapolating the vehicle parameters according to the manufacturer and service companies' data, as well as an algorithm for delivery route operation modeling. Through the example of Isuzu refrigerated vehicles, the study shows that the replacement of one ride of a car with a large capacity by two rides performed by cars with a lower capacity according to the transportation cost reduction criterion is impractical. A comparison of the costs for Isuzu vehicles with similar capacity shows that there are no points of equivalent transportation costs. That is, the replacement with a larger-capacity car becomes cost-effective after the complete consignment of a lower-capacity vehicle*

**Keywords:** car, model range, equivalent transportation range, transportation cost, capacity, delivery route, route modeling.

**Lebid Iryna H.** — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of International Transportation and Customs Control, e-mail: i.h.lebed@gmail.com ;

**Anufriieva Tetiana H.** — Senior Lecturer of the Chair of International Transportation and Customs Control, e-mail: anufriyeva11@gmail.com ;

**Luzhanska Nataliia O.** — Senior Lecturer of the Chair of Transport Technologies, e-mail: natali.luzhanska@gmail.com

**И. Г. Лебедь<sup>1</sup>**  
**Т. Г. Ануфриева<sup>1</sup>**  
**Н. А. Лужанская<sup>1</sup>**

## Моделирование затрат на доставку продукции сборными отправлениями

<sup>1</sup>Национальный транспортный университет, Киев

*Изменения в дистрибуции пищевых продуктов привели к тому, что реализация продукции торговыми предприятиями происходит на большой территории мелкими партиями по индивидуальным заказам. В большинстве случаев доставка продукции в торговые заведения осуществляется автомобильным транспортом, но практически отсутствуют методические рекомендации относительно выбора автотранспортных средств, их комплектации и количества для перевозки сборных партий многономенклатурных грузов. Поэтому требуется определение эффективности использования автотранспортных средств, характеризующейся на развозных маршрутах лишь себестоимостью перевозки 1 т груза. Отсутствие в общем доступе статистических показателей эксплуатационных параметров автомобилей значительно усложняет определение себестоимости перевозки. При этом решение задач планирования сборных отправок, таких как: выбор автомобиля, маршрута его движения, структуры автопарка и т.д., требует знания изменения себестоимости перевозки в зависимости от грузоподъемности автомобиля. Предложено определение себестоимости перевозки в зависимости от грузоподъемности автомобиля выполнять путем экстраполяции параметров автомобиля на основе данных фирмы-производителя и сервисных предприятий, а также алгоритм моделирования функционирования развозочного маршрута. Проведенное исследование на примере автомобилей-рефрижераторов модели Isuzu свидетельствует, что замена одного рейса автомобиля большой грузоподъемности путем использования двух рейсов автомобилем меньшей грузоподъемности по критерию уменьшения стоимости перевозки нецелесообразна. Сравнение расходов смежных в модельном ряду грузоподъемностей Isuzu свидетельствует о том, что пунктов равноценной стоимости доставки товаров не существует. То есть, замена автомобиля на большую грузоподъемность целесообразна после полного использования грузоподъемности автомобиля меньшей грузоподъемности.*

**Ключевые слова:** автомобиль, модельный ряд, равноценное расстояние перевозки, себестоимость перевозок, грузоподъемность, развозочный маршрут, моделирование маршрута.

**Лебедь Ирина Георгиевна** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры международных перевозок и таможенного контроля, e-mail: i.h.lebed@gmail.com ;

**Ануфриева Татьяна Геннадьевна** — старший преподаватель кафедры международных перевозок и таможенного контроля, e-mail: anufriyeva11@gmail.com ;

**Лужанская Наталья Александровна** — старший преподаватель кафедры транспортных технологий, e-mail: natali.luzhanska@gmail.com