

Н.В. Потаман, О.О. Шуліка, О.О. Орда

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ ДОСТАВКИ ШВИДКОПСУВНИХ ВАНТАЖІВ У РЕГІОНАЛЬНОМУ СПОЛУЧЕННІ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕРЕЖ ПЕТРІ

Проведеними дослідженнями визначено особливості організації і технології доставки швидкопсувних вантажів дрібними партіями автомобільним транспортом у регіональному сполученні. Побудована модель доставки швидкопсувних вантажів за допомогою використання інструментарію мереж Петрі дозволяє враховувати часові та кількісні параметри, які впливають на процес доставки. Враховуючи результати моделювання процесу доставки швидкопсувних вантажів, за допомогою методу найкоротшої зв'язуючої мережі в роботі побудована раціональна маршрутна мережа.

Ключові слова: швидкопсувний вантаж, дрібні партії, час доставки, регіональне сполучення, мережа Петрі.

Постановка проблеми

Перевезення швидкопсувних вантажів є специфічним видом транспортних послуг, так як швидкопсувні вантажі потребують при перевезенні застосування спеціалізованого рухомого складу, що забезпечує підтримку певного температурного режиму [1, 2]. Транспортування є одним з найважливіших елементів ланцюгів постачань такого роду продукції. До неї пред'являється система вимог, в яку входять точне виконання заявок за обсягами та строками; оперативне та безпомилкове оформлення документів, супроводжуючих доставку продукції; збереження на заданому рівні споживчих характеристик продукції. Норми одночасного завезення швидкопсувних вантажів встановлюють з таким розрахунком, щоб забезпечити продаж продукції у свіжому вигляді, що і визначає періодичність і розміри завезення на протязі доби [3].

У реальних умовах найчастіше на перше місце ставиться мінімізація собівартості доставки вантажів, що дозволяє знизити частку транспортної складової в ціні кінцевого продукту і забезпечити отримання максимально можливого прибутку. При цьому скороченню часу доставки даних вантажів за рахунок технологічних рішень приділяється не достатня увага. Багато в чому це пов'язано з тим, що в даний час ще не створено механізму управління доставкою швидкопсувних вантажів, що відповідає вимогам ринкової системи господарювання. В таких умовах учасники зазначеного процесу діють неузгоджено. Це позначається на ефективності діяльності всіх учасників, так як низька ефективність процесу доставки негативно впливає на кінцевий результат процесу доставки.

Таким чином, зазначені обставини дозволяють зробити висновок про актуальність теми, пов'язаної з розробкою ряду технологічних рішень, спрямованих на скорочення часу доставки швидкопсувних вантажів дрібними партіями у регіональному сполученні з використанням автомобільного транспорту. Це дозволить підвищити ефективність діяльності всіх учасників процесу доставки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У сучасних ринкових умовах управління технологічними процесами в логістичних системах через збільшення кількості виробничих об'єктів, пов'язаних з розширенням номенклатури транспортних послуг стає значно складнішим [4]. Логістичний підхід до організації доставки вантажів автомобільним транспортом обумовлює пошук найкращих організаційних і технологічних рішень, що забезпечують максимальну ефективність доставки вантажів. «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року» [5] одними з основних напрямків підвищення попиту на транспортні послуги й ефективності функціонування виробничої сфери визначає удосконалення транспортних технологій. Підвищення ефективності функціонування логістичної системи доставки швидкопсувних вантажів дозволить скоротити витрати на транспортні операції в собівартості продукції.

Питання підвищення ефективності доставки вантажів розглянуто в роботах [6–12]. Автори дослідження [6] розробили методику, яка враховує зміни обсягів потреби вантажу у замовників за часом доби, але не враховує аналіз часу виконання кожної фази доставки. У роботі [7] для системи

доставки дрібнопартійних вантажів пропонується використовувати інтегровану транспортну систему, яка може обслуговувати декілька виробничих структур, але математичний опис функціонування системи доставки не представлено.

Інший підхід до функціонування логістичної системи доставки вантажів дрібними партіями наведений у роботі [8], в якій модель функціонування логістичної системи розглядається через процеси трансформації. Однак не наведено конкретних моделей та методик щодо планування й оптимізації розвізних маршрутів. У дослідженні [9] авторами розроблений імітаційний модуль технологічного процесу доставки в логістичній системі, однак розглядається специфіка роботи залізничного транспорту.

У роботах [10, 11] значна увага приділена розробці системи доставки вантажів, однак розглядаються вантажі широкої номенклатури, які не потребують специфічних умов перевезення, та у критерії ефективності функціонування системи доставки час доставки врахований лише опосередковано. Так, авторами дослідження [10] детально розглянута модель формування оптимальної схеми доставки вантажів в міжміському сполученні, однак у якості критерію ефективності виступають загальні витрати.

Критерієм вибору раціональної схеми доставки дрібнопартійних вантажів у роботі [11] прийнятий мінімум ризику несвоєчасної доставки (надійність перевезення), а у дослідженні [12] – це приведені сумарні витрати на доставку, які враховують рекламну складову для автотранспортних підприємств.

Таким чином, вважаючи специфіку доставки швидкопсувних вантажів до точок збуту за мінімальний час, необхідно розробити методику формування раціональної маршрутної мережі доставки, основу на мінімізації часу доставки швидкопсувних вантажів у регіональному сполученні. Це дозволить приймати обґрунтовані рішення щодо найбільш ефективної системи доставки швидкопсувних вантажів у міжміському сполученні.

Формулювання мети статті

Метою даної роботи є моделювання маршрутної мережі доставки швидкопсувних вантажів дрібними партіями у регіональному сполученні для зниження часу доставки швидкопсувних вантажів у логістичній системі доставки.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- проаналізувати сучасний стан питання підвищення ефективності доставки швидкопсувних вантажів у регіональному сполученні;
- провести теоретичні та експериментальні дослідження питання формування маршрутної мережі доставки швидкопсувних вантажів у регіональному сполученні;
- проаналізувати результати дослідження та надати практичні рекомендації щодо ефективного використання маршрутної мережі доставки швидкопсувних вантажів.

Виклад основного матеріалу

Дослідження формування раціональної маршрутної мережі доставки швидкопсувних вантажів та її моделювання пропонується проводити на прикладі логістичної системи доставки швидкопсувних вантажів дрібними партіями у регіональному сполученні.

Модель процесу доставки швидкопсувних вантажів дрібними партіями наведена на рис. 1. В якості вхідних факторів у роботі визначені наступні параметри системи доставки: A – кількість автомобілів, од.; N кількість заявок, що поступають, од.; g – кількість партій вантажу, готових до відправлення, од.; N – кількість вантажників. Зовнішніми факторами виступають наступні параметри моделі: V_T – технічна швидкість автомобіля, км/год.; t_{1T}^P – час розвантаження 1 т вантажу, год, t_{1T}^H – час навантаження 1 т вантажу, год.

Так як у якості критерію ефективності прийнятий час доставки швидкопсувних вантажів, загальний вид цільової функції наступний:

$$T_{\text{дост}} = f(A, g, N, V_T, t_{1T}^H, t_{1T}^P) \rightarrow \min \quad (1)$$

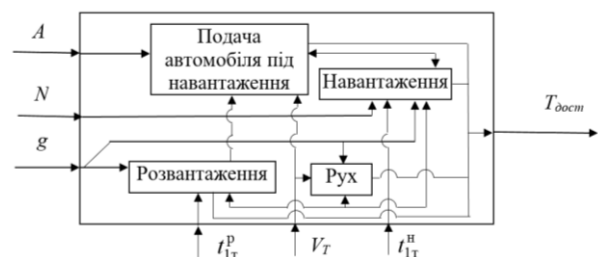


Рис. 1. Модель процесу доставки швидкопсувних вантажів дрібними партіями

Система обмежень та допущень була сформована на підставі даних підприємства-перевізника ФОП «Самойленко А.І.» та має наступний вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} 6 \leq A, \text{од} \leq 8 \\ 1 \leq N, \text{чол} \leq 4 \\ 6 \leq g, \text{од} \leq 8 \\ V_T, \text{км/год} > 15 \\ t_H, \text{год} > 0 \\ t_P, \text{год} > 0 \end{array} \right. , \quad (2)$$

де t_H – час навантаження автомобіля, год.,

t_P – час розвантаження автомобіля, год.

Декомпозиція критерію ефективності наступна:

$$T_{\text{оочм}} = \frac{L_0}{V_T} + \frac{13 + 3 \cdot (q_n \cdot \gamma_c - 1)}{60} + \frac{2 \cdot \bar{l}_i + (n_3 - 1) \cdot \bar{l}_{(i-1)-i}}{V_T} + n_3 \cdot (\bar{t}_{1T}^p \cdot \bar{g} + t_3) , \quad (3)$$

де L_0 – нульовий пробіг автомобіля, км;

q_n – номінальна вантажність автомобіля, т;

γ_c – статичний коефіцієнт використання вантажності автомобіля;

\bar{l}_i – середня відстань доставки вантажів, яка визначає умови перевезень (віддаленість вантажоодержувачів), км;

$\bar{l}_{(i-1)-i}$ – середня відстань пробігу автомобіля між суміжними пунктами заводу вантажів, км;

n_3 – кількість пунктів заїзду на маршруті, од.

t_3 – додаткова норма часу на кожний заїзд автомобілю в проміжні пункти навантаження-розвантаження, 9 хв.;

\bar{g} – середній розмір вантажу, що розвантажується у одного одержувача, т;

\bar{t}_{1T}^p – середній час розвантаження 1 т вантажу у одержувача, хв.

Раціональна маршрутна мережа доставки швидкопсувних вантажів формується за допомогою методу найкоротшої зв'язуючої мережі при заданих умовах експлуатації автомобільного транспорту. Основною характеристикою раціональної маршрутної мережі є мінімальний час доставки швидкопсувних вантажів у регіональному сполученні.

Моделювання процесів доставки вантажів автомобільним транспортом може бути виконано різними методами [10, 13]. Для виконання моделювання процесу доставки швидкопсувних вантажів у даному дослідженні була розроблена модель логістичної системи доставки швидкопсув-

них вантажів на основі теорії мереж Петрі. За допомогою апарату мережі Петрі можливо аналізувати час на виконання кожної фази доставки швидкопсувних вантажів і враховувати часові параметри та кількісні фактори, що впливають на процес доставки продукції при доставці в регіональному сполученні. Експеримент проведений за методикою планування повнофакторного експерименту. Для проведення 8 серій дослідів прийнято наступні входні фактори (параметри) моделі: $X1$ – кількість автомобілів; $X2$ – кількість партій вантажу, готових до відправлення; $X3$ – кількість вантажників. Значення кожного з факторів встановлено для двох рівнів варіювання факторів: максимальне значення фактору ($X1=8$; $X2=8$; $X3=4$) та мінімальне значення ($X1=6$; $X2=6$; $X3=1$).

В загальному випадку мережа Петрі N складається з чотирьох множин [14]

$$N = (P, T, I, O), \quad (4)$$

де $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – скінченна множина позицій, $n > 0$;

$T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$ – скінченна множина переходів, $m > 0$;

I : T – входна функція, що зіставляє переходу мультимножина його входних позицій;

O : T – вихідна функція, що зіставляє переходу мультимножина його вихідних позицій.

Фрагмент укрупненої моделі мережі Петрі, яка описує процес доставки швидкопсувних вантажів по 6 маршрутам у регіональному сполученні, наведений на рис. 2.

Розроблена модель процесу доставки швидкопсувних вантажів у регіональному сполученні складається з множини елементів (етапів) та характеризується множиною позицій та переходів (рис. 2): позиції $P2$ – наявність готових партій вантажу до відправлення, $P1, P8$ – наявність потрібної кількості ресурсів в пункті відправлення (автомобілів та вантажників); $P3-P117$ – позиції завантажених автомобілів на кожному етапі просування вантажів системою доставки; переходи $T1, T3-T118$ – часові параметру процесу доставки. Передбачається, що декілька автомобілів можуть відправлятися на маршрути одночасно, тому перехід $T2$ має вигляд переходу-перемикача типу TX , який розподіляє виїзд автомобілів по маршрутах з однаковою вірогідністю.

За побудованою моделлю кількість спрацювань складо 1. Визначені часові параметри доставки продукції у змодельованому процесі кожному маршруту представлені. Загальний час доставки за першим експериментом на основі побудованої моделі складає 621 хв.

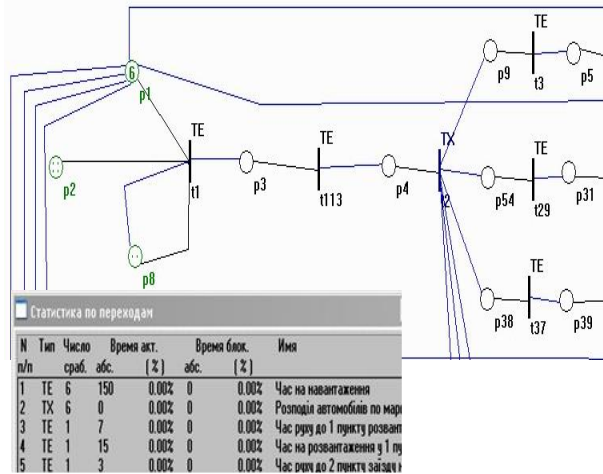


Рис. 2. Фрагмент моделі процесу доставки швидкопсувних вантажів у регіональному сполученні

Оцінку відтворюваності експерименту проведено за критерієм Кохрена, який згідно даних, отриманих по моделі, дорівнює 0,2688. За таблицею критичних значень критерію Кохрена дорівнює $G = 0,2829$. Оскільки $G < G_{\text{табл}}$, то експеримент вважається відтворюваним.

Для обробки результатів експериментальних досліджень за допомогою інструментарію регресійного аналізу встановлено функціональний взаємозв'язок між часом доставки та параметрами системи доставки. На першому етапі регресійного аналізу виконано формування альтернативних гіпотез про вид регресійної моделі. На другому – визначено значення коефіцієнтів регресійних моделей по висунутим альтернативним гіпотезам.

Порівнявши результати регресійного аналізу, обрано ступеневу модель регресії, оскільки сума квадратів відхилення менше ніж у моделі лінійної залежності і складає 0,286.

Результат регресійного аналізу показав, що найбільший вплив на час доставки продукції має кількість партій вантажу, готових до відправлення. Для визначення впливу даного фактору на часові параметри системи було встановлено залежності між часом доставки вантажу та його кількістю. Проведено моделювання при мінімальному значенні кількості вільних партій вантажу, готових до відправлення, та максимальному значенні кількості партій вантажу. Для інших факторів приймалося середнє значення.

Характер впливу зовнішніх факторів на час доставки швидкопсувного вантажу є лінійним: кількість часу збільшується зі збільшенням кількості готових до відправлення партій вантажу (рис. 3).

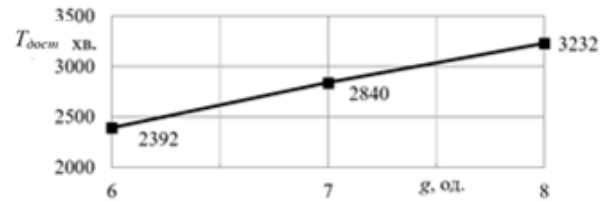


Рис. 3. Графік залежності витрат часу доставки від кількості партій вантажу, готових до відправлення

Порівняння результатів моделювання процесу доставки продукції за побудованою моделлю зі статистичними звітними проводилося за допомогою окремих похибок по кожній фазі процесу доставки продукції та інтегральної похибки. Похибка розходження результатів по фазі становить 4,17%. Інтегральна похибка розходження даних по всій системі становить 1%. Таким чином можна вважати, що побудована модель процесу доставки швидкопсувних вантажів адекватно відтворює процеси доставки в реальних умовах експлуатації автотранспорту.

Ефект від впровадження раціональної маршрутної мережі доставки оцінено як абсолютну величину, що являється різницею між витратами часу доставки швидкопсувних вантажів існуючою мережею та витратами часу доставки швидкопсувних вантажів раціональною мережею.

Таким чином, побудована модель процесу доставки продукції адекватно відтворює процеси доставки швидкопсувних вантажів, а ефект від впровадження сформованої маршрутної мережі полягає у скороченні часу доставки на 131 хв.

Висновки

Проведеними дослідженнями встановлено особливості організації і технології доставки швидкопсувних вантажів дрібними партіями у регіональному сполученні, які полягають у необхідності розробки таких маршрутів перевезень, при яких час доставки вантажів буде мінімальний. Маршрутна мережа доставки швидкопсувних вантажів з мінімальним часом доставки вважається раціональною і дає можливість максимізувати ефект від організації доставки для всіх учасників транспортного процесу.

Дослідження з моделювання маршрутної мережі доставки швидкопсувних вантажів проведено на прикладі логістичної системи доставки швидкопсувних вантажів дрібними партіями у регіональному сполученні. В якості вхідних факторів моделі процесу доставки швидкопсувних вантажів у роботі визначені наступні параметри

системи доставки: кількість автомобілів; кількість заявок, що поступають; кількість партій вантажу, готових до відправлення; кількість вантажників. У якості критерію, що визначає раціональність побудови маршрутної мережі доставки, обрано час доставки швидкопсувних вантажів дрібними партіями.

Для аналізу часу виконання кожної фази доставки і врахування часових та кількісних параметрів, які впливають на процес доставки, в дослідженні побудована модель доставки швидкопсувних вантажів на основі теорії мереж Петрі. До моделі було введено часові параметри та кількісні фактори, які впливають на процес доставки вантажів. Отримане значення критерію Кохрена підтверджує відтворюваність експерименту.

За розробленими регресійними моделями залежності часу доставки від параметрів системи доставки визначено, що час доставки швидкопсувних вантажів зростає зі збільшенням кількості партій вантажу, готових до відправлення. В результаті порівняння результатів процесу доставки продукції за побудованою моделлю та існуючої маршрутною мережею отримано ефект від впровадження сформованої маршрутної мережі, що полягає у скороченні часу доставки на 131 хв.

Отримані результати дослідження дають змогу використовувати надану методику формування раціональної маршрутної мережі доставки швидкопсувних вантажів для доставки дрібними партіями у регіональному або міському сполученнях і досягати мінімізації часу доставки. Однак сформована у роботі раціональна маршрутна мережа і аналіз отриманих за даною мережею результатів можуть бути застосовані лише для заданих у системі обмежень та допущень умов експлуатації автомобільного транспорту. Проте це не зменшує наукову цінність розробки. В роботі доведено доцільність і адекватність застосування даного підходу. Внесення до блоку вхідних даних розробленої моделі інших обмежень по умовам експлуатації дасть можливість отримати відповідну новим умовам раціональну маршрутну мережу доставки, при якій час доставки буде мінімальним.

Література

1. Шуліка О.О. Сучасний стан питання управління «холодними ланцюгами постачань» / Шуліка О.О., Приходько А.Ю. // Інтелектуальні технології управління транспортними процесами : зб. матер. Міжнар. наук.-техн. конф. – Харків, 2020. – С. 82–83.
2. Shulika O.O. Improving the efficiency of regional delivery of temperature controlled products / Shulika O.O., Severyn O.O., Potaman N.V. // Міжнародна транспортна інфраструктура, індустриальні центри та корпоративна логістика : матер. XVI наук.-практ. міжнар. конф. – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – С. 58–59.

3. Василенко І.В. Управління економічною ефективністю доставки спеціальних вантажів : автореф. дис. к. е. н. 08.00.04 – економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності). – Київ: НАУ, 2015. – 23 с.
4. Karimi H.R. Modeling, Planning, and Control of Complex Logistic Processes / Karimi H.R., Duffie N., Freitag M., Lütjen M., Chadli M. // *Mathematical Problems in Engineering*. – 2015. – 501. – 184267. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/184267>
5. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#n13> (дата звернення 06.06.2021).
6. Яковлева Я.С. Удосконалення методики організації перевезення штучних дрібнопартійних вантажів автомобільним транспортом / Яковлева Я.С., Дудніков О.М., Сокирко В.М. // *Вісті Автомобільно-дорожнього інституту*. – 2009. – № 2(9). – С. 81–87.
7. Bowersox D.J. *Supply Chain Logistics Management* / Bowersox D.J., Closs D.J., Bixby Cooper M. – 3d. ed. Boston : McGraw-Hill, 2010. – 498 p.
8. Blaik P. *Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarzadzania*. – Warszawa: PWE, 2010.
9. Lalinská J., Martin K., & Juraj Č. (2015). *Simulation of Logistic Operations*. In *Industrial Engineering, Management Science and Applications*. Springer Berlin Heidelberg. – Pp. 341–346.
10. Naumov V. Results of experimental studies on choice of automobile intercity transport delivery schemes for packaged cargo / Naumov V., Shulika O., Velikodnyi D. // *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. – 2015. – V. 17, N 7. – Pp. 87–91.
11. Bozarth C. *Wprowadzenie do zarzadzania operacjami i lancuchem dostaw* / Bozarth C., Handfield R.B. – Gliwice: Helion, 2007. – 728 p.
12. Nagornyi Ye. Improving the efficiency of road transport companies by optimizing the costs of information and advertising activities / Ye. Nagornyi, O. Shulika, O. Severyn, O. Orda // *SHS Web of Conferences- EDP Sciences*. – 2019. – 67. – 03009. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196703009>
13. Holovnia S. Method of ensuring the technical readiness of companies' technics due to the region's capabilities / Holovnia S., Naumov V., Shulika O. // *Research Methods in Modern Urban Transportation Systems and Networks. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 207. Springer, Cham. 2021. – P. 1–11. https://doi.org/10.1007/978-3-030-71708-7_1
14. Aleshinskiy E.S. Using the Petri nets for forming the technological lines of the passenger trains processing in Ukraine / Aleshinskiy E.S., Naumov V.S., Prymachenko G.O. // *Archives of Transport*. – 2016. – V. 38, Is. 2. – Pp. 7–15.

References

1. Shulika, O.O., Prihodko, A.Yu. (2020). The current state of management of “cold supply chains”. *Collected papers of International scientific and technical conference “Intelligent technologies for transport process management”*. Kharkiv. [in Ukrainian]
2. Shulika, O.O., Severyn, O.O., Potaman, N.V. (2020) Improving the efficiency of regional delivery of temperature controlled products. *Proceedings of the Sixteenth scientific-*

practical international conference "International transport infrastructure, industrial centers and corporate logistics". UkrDUZT, Kharkiv. [in Ukrainian]

3. Vasilenko, I.V. (2015). Management of economic efficiency of delivery of special cargoes. *PhD Thesis, 08.00.04 – Economics and management of enterprises (by type of economic activity)*. NAU, Kyiv. [in Ukrainian]

4. Karimi, H.R., Duffie, N., Freitag, M., Lütjen, M., & Chadli, M. (2015). Modeling, Planning, and Control of Complex Logistic Processes. *Mathematical Problems in Engineering*, 501, 184267. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/184267>

5. National Transport Strategy of Ukraine for the period up to 2030. (2018). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018%D1%80#n13> [in Ukrainian]

6. Yakovltva, Ya.S., Dudnikov, O.M., Sokirko, V.M. (2009). Improving the methodology of organization of transportation of artificial small consignments by road. *News of the Automobile and Road Institute: research and production collection*, 2(9), 81–87. [in Ukrainian]

7. Bowersox, D.J., Closs, D.J., Bixby Cooper, M. (2010). *Supply Chain Logistics Management*. McGraw-Hill, Boston.

8. Blaik, P. (2010). *Logistyka. Koncepcja zintegrowanego zarządzania*. PWE, Warszawa. [in Polish]

9. Lalinská, J., Martin, K., Juraj, Č. (2015). Simulation of Logistic Operations. In *Industrial Engineering, Management Science and Applications*. Springer Berlin Heidelberg.

10. Naumov, V., Shulika, O., Velikodnyi, D. (2015) Results of experimental studies on choice of automobile intercity transport delivery schemes for packaged cargo. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*, 17 (7), 87–91.

11. Bozarth, C., Handfield, R.B. (2007). *Wprowadzenie do zarządzania operacjami i łańcuchem dostaw*. Gliwice, Helion. [in Polish]

12. Nagornyi, Ye., Shulika, O., Severyn, O., Orda, O. (2019). Improving the efficiency of road transport companies by optimizing the costs of information and advertising activities. *SHS Web of Conferences- EDP Sciences*, 67, 03009. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196703009>

13. Holovnia, S., Naumov, V., Shulika, O. (2021). Method of ensuring the technical readiness of companies' technics due to the region's capabilities. *Research Methods in Modern Urban Transportation Systems and Networks. Lecture Notes in Networks and Systems*, 207, 1–11. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-71708-7_1

14. Aleshinskiy, E.S., Naumov, V.S., Prymachenko, G.O. (2016). Using the Petri nets for forming the technological lines of the passenger trains processing in Ukraine. *Archives of Transport*, 38 (2), 7–15.

Рецензент: д-р техн. наук, професор І.С. Наглюк, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна.

Автор: ПОТАМАН Наталія Володимирівна
к. т. н., доцент, доцент кафедри транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

E-mail – potaman81@ukr.net

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9545-5002>

Автор: ШУЛІКА Ольга Олександрівна,
к. т. н., доцент, доцент кафедри транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

E-mail – shulika.khnahu@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1912-1115>

Автор: ОРДА Олександра Олександрівна,
к. т. н., доцент кафедри транспортних технологій
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

E-mail – kost.alexandra@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7213-8469>

MODELLING OF THE ROUTE NETWORK FOR PERISHABLE CARGO DELIVERY IN THE REGIONAL TRAFFIC ON THE BASIS OF PETRI NETS

N. Potaman, O. Shulika, O. Orda

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

The article is devoted to the features of the organization and technology of delivery of perishable goods in small batches by road in regional traffic. It has been established that when planning this type of cargo delivery, it becomes necessary to determine such routes bypassing specified points, at which the time of delivery of perishable goods to points of sale will be minimal. Thus, as a criterion that determines the rationality of building a route network for the delivery of perishable goods in regional traffic, has been defined the time of cargo's delivery in small batches in regional traffic. The route network for the delivery of perishable goods with a minimum delivery time is considered rational.

To analyze the execution time of each delivery phase and take into account the time and quantitative parameters that affect the delivery process, the study built a model which is based on the theory of Petri nets. The parameters of the model were established on the basis of the reporting data of the private enterprise "Samoilenko A.I.". The model took into account time parameters and quantitative factors affecting the process of delivery of perishable goods in regional traffic. An experiment was carried out using the developed model. The obtained value of the integral error of the data discrepancy throughout the system allows us to assume that the constructed model adequately reproduces the process of delivery of perishable goods in small batches by road in regional traffic.

Taking into account the results of delivery process' modeling, using the method of a short connecting network, a rational route network was built in the study, which consists of six routes.

The effect was determined as a time difference for the delivery system along the network of rational route network and along the existing network, which amounted to 131 minutes.

Keywords: rational route network, Petri net, perishable cargo, delivery time, regional traffic.