

ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ

УДК 656.07

DOI: 10.30977/АТ.2219-8342.2020.47.0.44

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Нагорний Є.В.¹, Орда О.О.¹, Кондратенко Д.А.¹¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Проведено аналіз наявних методів підвищення ефективності процесу доставки в розподільчих системах. Для вирішення задачі з вибору оптимальної транспортно-технологічної схеми доставки вантажів обрано критерій сумарних витрат коштів на постачання продукції споживачам за умови заданих обмежень. Запропоновано дві математичні моделі об'єкта дослідження: однорівневої моноцентричної розподільчої системи та дворівневої моноцентричної розподільчої системи.

Ключові слова: процес доставки, розподільча система, витрати коштів.

Вступ

Глобалізація та інтеграція економіки є загальною тенденцією всіх країн світу. На сьогоднішній день 164 з 193 країн світу беруть участь у СОТ з метою посилення міжнародних торгових зв'язків [1].

Участь у СОТ вимагає від країн-членів відкриття своїх ринків товарів і послуг, зокрема транспортних, що призводить до безперервного збільшення міжнародних матеріальних потоків. В Україні за останні чотири роки збільшується зовнішньоторговельний баланс [2], що свідчить про становлення ринкових відносин в Україні з іншими державами.

Особливий інтерес науковців спрямовано до вже відпрацьованого в Європі й Америці інструментарію управління переміщенням продукції від виробника до кінцевого споживача. Свою увагу на цьому акцентують й представники бізнесу. Обумовлено це стрімким розвитком ринку, підвищенням рівня конкуренції, вимогами замовників щодо затребуваного рівня якості обслуговування. Ці виклики ставлять перед транспортними підприємствами нове завдання – оптимізація всього ланцюга створення вартості – від постачання сировини до сервісного обслуговування кінцевого споживача.

В оптимізації переміщення товарного потоку є великі можливості для підвищення конкурентоспроможності за рахунок зниження витрат, здебільшого на транспортування й зберігання продукції.

Аналіз публікацій

Підвищенню ефективності процесу доставки товарів у розподільчих системах присвя-

чені роботи багатьох національних та закордонних учених. Серед цих робіт можна виокремити такі напрямки: управління складськими запасами, проектування логістичних систем; організація автомобільних термінальних перевезень.

Найбільша кількість досліджень присвячена питанню управління складськими запасами. У деяких роботах автори вказують на те, що значна кількість запропонованих моделей в силу прийнятих припущень не може бути використана на практиці [3].

Значну увагу щодо аналізу проблем логістики постачання товарів від виробника до споживача приділяли такі світові вчені як: М. Вебер, К. Олівер, Дж. Сток, Д. Ламберт, Дж. Г. Шатт та ін. Вони розглядають систему постачання як сукупність ланцюгів постачання. Тому зосереджують увагу на управлінні цими ланцюгами [4,5].

Учений Нгуен Тху Хіонг [1] вважав, що ефективність системи доставки вантажів в умовах міжнародних перевезень потрібно здійснювати з урахуванням інтересів окремих суб'єктів. Наприклад, з точки зору постачальника товару, що є початковою ланкою структурованої логістичного ланцюга, економічна ефективність системи постачання залежить від рівня ціни-пропозиції товару в пункті призначення, що залежить від параметрів системи доставки; прибуткових надходжень від експорту, логістичних витрат і витрат, пов'язаних з експортом товару, часу оформлення банківських документів [6].

У праці [6] запропоновано прийняти критерій ефективності логістичної системи, як сумарні витрати коштів на постачання продукції споживачу за одиницю часу за умови

обмежень на рівень обслуговування споживачів, що враховує надійність постачань.

На особливу увагу заслуговує робота [7], у якій автор розглядає проблему надійності постачань. На його погляд ефективність ланцюгів постачань визначає три характеристики: надійність, економічність та безпечність. Тому підгрунтям його роботи є теорії надійності, ризиків та економіки.

Отже можна сказати, що основу розподільчої системи становлять складські та транспортні процеси. Виробничі процеси на різних підприємствах виконуються за власними технологіями, отже ланцюг постачань характеризується не тільки схемою, але й визначається певною технологією. Тому можна сказати, що структурна схема визначає ефективність функціонування розподільчих систем. Для оцінки ефективності системи доцільно обрати критерій мінімізації сукупних витрат коштів за умови заданих обмежень на рівень обслуговування за одиницю часу [3].

Мета та постановка завдання

Метою є підвищення ефективності процесу постачання товарів у міжнародному сполученні формування раціональної моноцентричної розподільчої системи.

Для досягнення поставленої мети необхідно розробити математичні моделі однорівневої та дворівневої розподільчої системи постачання товарів; визначити області ефективного використання.

Побудова математичних моделей розподільчих систем постачання товарів

Сучасними методами вивчення об'єкта є моделювання. За допомогою математичної моделі можна встановити вплив окремих параметрів системи на результат функціонування всієї системи. Після цього вже можна розробити дієві заходи щодо підвищення ефективності системи [8].

Було розроблено дві моделі об'єкта дослідження: однорівневої моноцентричної розподільчої системи та дворівневої моноцентричної розподільчої системи.

Цільовою функцією було обрано мінімізацію сумарних витрат коштів на постачання продукції споживачам за умови заданих обмежень.

Цільова функція для однорівневої моноцентричної розподільчої системи має вигляд

$$B_{3AG}^{ОДН} = \frac{\lambda \cdot S}{q} \cdot \frac{(B_{тр} + B_{оф} + B_{п})}{T} + \lambda \cdot S \times \\ \times b_{нр1т} \cdot \frac{\lambda \cdot S}{q} \cdot n_{нр} + \lambda \cdot S \cdot \eta \cdot (T + T_{рух} + \\ + T_{оф} + T_{рухр}) \rightarrow \min , \quad (1)$$

де λ – інтенсивність споживання товару з одиниці площі S на добу, т/(км²·доба);

S – площа території обслуговування, км²;

T – розрахунковий період, доба;

$b_{нр1т}$ – витрати на виконання навантаження-розвантаження 1т вантажу, грн;

$n_{нр}$ – кількість вантажних робіт у ланцюгу постачання товару;

η – показник іммобілізації капіталу однієї тони вантажу на добу, грн./(т·доба);

$T_{рух}$ – тривалість перевезення вантажу, доба;

$T_{оф}$ – тривалість виконання різних формальностей, доба;

$B_{тр}$ – витрати на перевезення вантажу, грн;

$B_{оф}$ – витрати на оформлення документів, грн;

$T_{рухр}$ – тривалість знаходження в регіоні обслуговування, доба;

q – вантажопідйомність автомобіля, т;

$B_{п}$ – витрати, пов'язані з втратою вантажу під час транспортування.

Система обмежень для цільової функції однорівневої моноцентричної розподільчої системи:

$$\begin{cases} 10 \leq T \leq 15 \text{ діб}; \\ 350 \leq S \leq 1400 \text{ км}^2; \\ 15 \leq q \leq 25 \text{ т}; \\ T_{оф} = 1 \text{ доба}; \\ T_{рух} = 1 \text{ доба}; \\ B_{оф} = 500 \text{ грн.} \\ 0,01 \leq \lambda \leq 0,1 \text{ т}/(\text{км}^2 \cdot \text{доба}). \end{cases} \quad (2)$$

Цільова функція для дворівневої розподільчої системи має вигляд:

$$B_{3AG}^{ДВ} = \frac{\lambda \cdot S \cdot T \cdot b_{зб}}{2} + \xi \cdot \sigma \cdot N \cdot b_{зб} + N \times \\ \times b_{уц} + \frac{\lambda \cdot S}{q} \cdot \frac{(B_{тр} + B_{оф} + B_{п})}{T} + \lambda \cdot S \times \\ \times b_{нр1т} \cdot \frac{\lambda \cdot S}{q} \cdot n_{нр} + \lambda \cdot S \cdot \eta \cdot (T + T_{рух} +$$

$$+T_{\text{оф}}) + \xi \cdot \sigma \cdot N \cdot \eta \rightarrow \min ,$$

де b_{36} – витрати на зберіганні 1 т продукції, грн/(т·доба);

ξ – показник достовірності для заданої довірчої ймовірності результату розрахунку;

σ – середнє квадратичне відхилення, т;

$b_{\text{ут}}$ – добові витрати на утримання одного складського приміщення, грн/доба;

$V_{\text{п}}$ – витрати, пов'язані з втратою вантажу.

Система обмежень для цільової функції дворівневої моноцентричної розподільчої системи:

$$\begin{cases} 10 \leq T \leq 15 \text{ діб}; \\ 350 \leq S \leq 1400 \text{ км}^2; \\ 15 \leq q \leq 25 \text{ т}; \\ T_{\text{оф}} = 1 \text{ доба}; \\ T_{\text{рух}} = 1 \text{ доба}; \\ V_{\text{оф}} = 500 \text{ грн.} \\ 0,01 \leq \lambda \leq 0,1 \text{ т}/(\text{км}^2 \cdot \text{доба}). \end{cases} \quad (4)$$

Аналіз результатів дослідження

Розроблено повнофакторний план експерименту для чотирьох вхідних параметрів, який складається з шістнадцяти серій дослідів. До того ж були використані різні комбінації вхідних параметрів. у результаті проведення експерименту отримали значення сумарних витрат коштів для однорівневої та дворівневої моноцентричної розподільчої системи.

На основі регресійного аналізу результатів експерименту визначена регресійна модель у степеневій формі, у якій кожний коефіцієнт вказує на ступінь впливу відповідного фактора на результативний показник.

Отримані такі регресійні моделі:

- для однорівневої розподільчої системи постачання товарів:

$$V_{\text{ЗАГ}}^{\text{ОДН}} = \lambda^{0,89} \cdot S^{1,25} \cdot T^{-1,32} \cdot q^{2,53}, \quad (5)$$

- для дворівневої розподільчої системи постачання товарів:

$$V_{\text{ЗАГ}}^{\text{ДВ}} = \lambda^{0,73} \cdot S^{1,09} \cdot T^{-1,18} \cdot q^{2,64}. \quad (6)$$

На основі отриманих регресійних моделей були проведені розрахунки за допомогою програми Microsoft Excel.

Розрахунки проведені для однорівневої та дворівневої розподільчої системи зі значенням інтенсивності споживання продукції з одиниці площі в діапазоні від 0,01 до 0,1 т/(км²·доба); площі території обслуговування від 350 до 1400 км²; розрахункового періоду в діапазоні від 10 до 15 діб; вантажопід'ємність автомобіля від 15 до 25 т.

Спочатку виконані розрахунки за умови зміни параметру інтенсивності споживання продукції з одиниці площі. Прийmemo, що площа території обслуговування становить $S=875 \text{ км}^2$, розрахунковий період $T = 10 \text{ діб}$, вантажність автомобіля $q = 20 \text{ т}$. Результати розрахунків представлені на рис. 1.

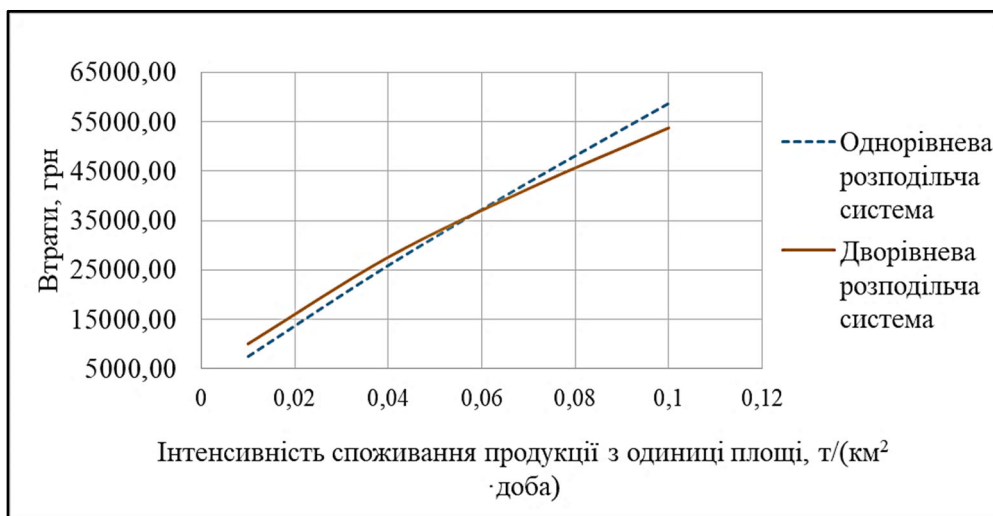


Рис. 1. Графік залежності сумарних витрат коштів на постачання продукції від інтенсивності споживання продукції

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що використання однорівневої розподільчої системи ефективно до значення інтенсивності споживання продукції 0,058 т/(км²·доба). За умови інтенсивності споживання продукції 0,01 т/(км²·доба) сумарні витрати на функціонування однорівневої розподільчої системи становили 58582,05 грн, а в разі дворівневої дорівнюють 53741,86 грн. Річний економічний ефект

у процесі введення дворівневої розподільчої системи за заданих умов становить 176665,7 грн.

Потім проведені розрахунки із зміною площі території обслуговування. У разі параметрів: інтенсивності споживання продукції з одиниці площі $\lambda = 0,055$ т/(км²·доба), розрахунковий період $T = 10$ діб, вантажність автомобіля $q = 20$ т. Результати розрахунків представлені на рис. 2.

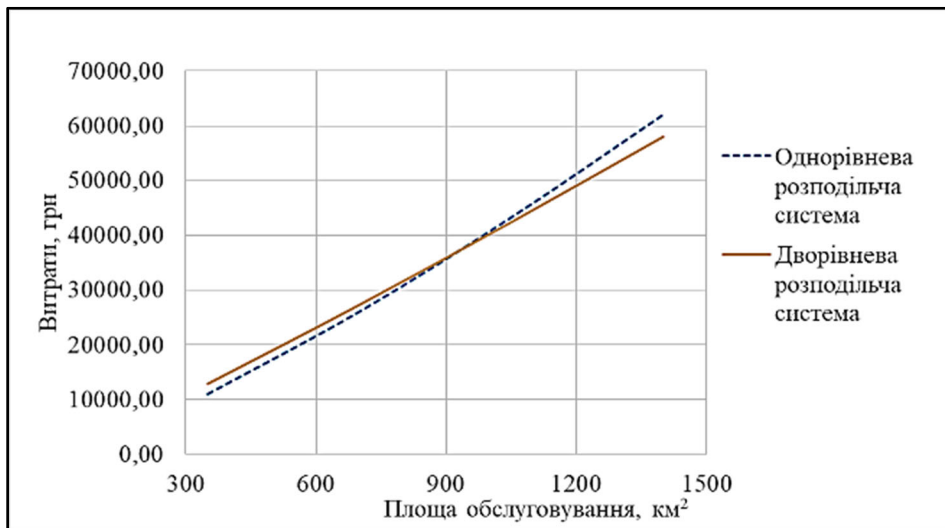


Рис. 2. Графік залежності сумарних витрат коштів на постачання продукції від площі території обслуговування

За результатами аналізу розрахунків можна зробити висновок, що використання однорівневої розподільчої системи ефективно до площі території обслуговування 925 км². Після цієї площі в заданих умовах краще використовувати дворівневу розподільчу систему.

За умови площі території обслуговування 1400 км² сумарні витрати коштів на функціонування однорівневої розподільчої системи становили 62055,16 грн, а дворівневої становлять 57983,89 грн. Річний економічний ефект від уведення дворівневої розподільчої системи становить 1486013,55 грн.

Далі виконано дослідження зміни сумарних витрат коштів від зміни розрахункового періоду, який змінюється в діапазоні від 10 до 15 діб.

Прийmemo інтенсивність споживання товару з одиниці площі $\lambda = 0,055$ т/(км²·доба), площу території обслуговування $S = 875$ км², вантажність автомобіля $q = 20$ т. Результати розрахунків наведені на рис. 3. На цьому діапазоні розрахункового періоду витрати на функціонування дворівневої розподільчої системи нижчі до 11 діб. Після 11-ї доби краще використовувати однорівневу розпо-

дільчу систему за умови заданих параметрів. Уведення дворівневої розподільчої системи недоцільно в розрахунковому періоді між постачаннями більше ніж 11 діб. У розрахунковому періоді 15 діб збитки від уведення дворівневої розподільчої системи, порівняно з однорівневою, становитимуть 1396,34 грн, а річні дорівнюють 509664,1 грн. Проведено розрахунки зі зміною вантажності автомобіля. Вантажність автомобіля буде змінюватися в діапазоні від 15 до 25т. Розрахунки будуть проведені в разі інтенсивності споживання продукції з одиниці площі $\lambda=0,055$ т/(км²·доба), розрахунковий період $T = 10$ діб, площі території обслуговування $S=875$ км². Результати розрахунків представлені на рис. 4.

У процесі аналізу результатів можна сказати, що використання дворівневої розподільчої системи ефективне для вантажопідйомності автомобіля 18,5 т за заданих умов. Якщо вантажність автомобіля 20 т, сумарні витрати на функціонування однорівневої розподільчої становлять 34435,34 грн, а дворівневої дорівнюють 34766,46. Тобто збитки від уведення дворівневої розподільчої системи за добу становитимуть 331,12 грн, а річні дорівнюють 120858,8 грн.

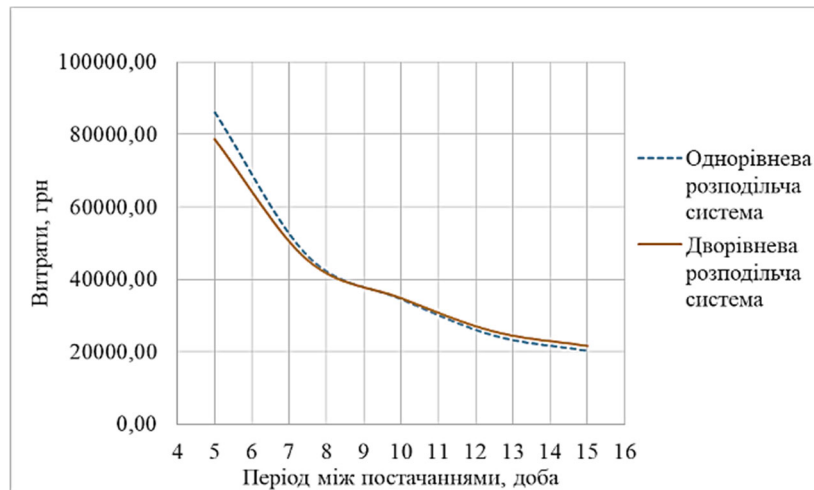


Рис. 3. Графік залежності сумарних витрат коштів на постачання продукції від періоду між постачаннями

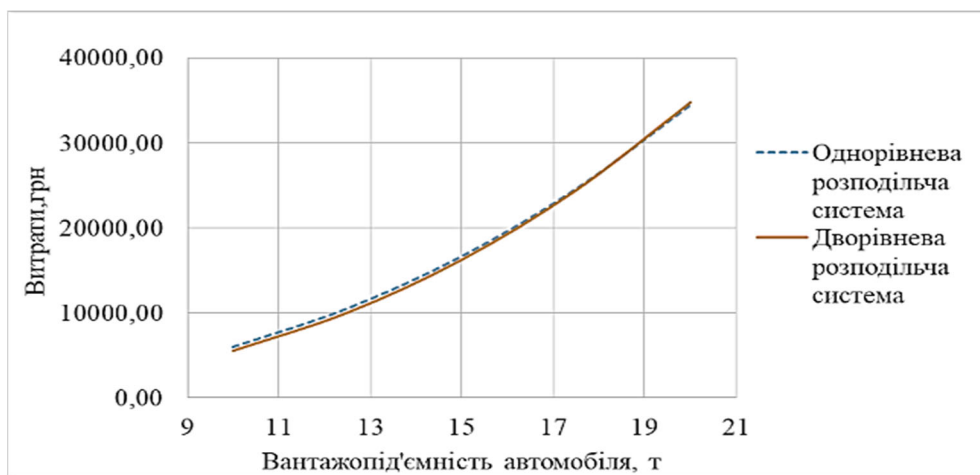


Рис. 4. Графік залежності сумарних витрат коштів на постачання продукції від вантажопідйомності автомобіля

Порівняно з іншими показниками вантажопідйомність автомобіля має незначний вплив на кінцевий результат.

Висновки

Унаслідок аналізу літературних джерел встановлено, що підвищенню ефективності процесу доставки товарів у розподільчих системах присвячені роботи багатьох національних та закордонних учених. Серед цих робіт можна виокремити такі напрямки: управління складськими запасами, проектування логістичних систем; організація автомобільних термінальних перевезень. Найбільша кількість досліджень присвячена питанню управління складськими запасами. Також встановлено, що структурна схема визначає ефективність функціонування розподільчої системи постачань товарів.

Розроблено дві математичні моделі об'єкта дослідження: однорівневої моноцентричної розподільчої системи та дворівневої моноцентричної розподільчої системи, у яких враховуються параметри впливу: інтенсивність споживання з одиниці площі продукції, площа території обслуговування, розрахунковий період між постачаннями та вантажопідйомність автомобіля.

Критерієм ефективності моноцентричної розподільчої системи є сумарні витрати коштів на постачання продукції споживачам за умови заданих обмежень.

На основі регресійного аналізу результатів експерименту визначена регресійна модель у степеневій формі.

За допомогою отриманих унаслідок регресійного аналізу ступеневих залежностей визначені області ефективного використання

оптимальних варіантів транспортно-технологічних схем доставки вантажів у міжнародному сполученні із застосуванням моноцентричної розподільчої системи. За результатами аналізу встановлені оптимальні значення параметрів (інтенсивність споживання продукції з одиниці площі, площа території обслуговування, розрахунковий період та вантажопідйомність автомобіля), за умови яких доцільно вводити дворівневу розподільчу систему замість однорівневої. Також встановлено, що вантажопідйомність автомобіля в разі заданих параметрів має незначний вплив на результат.

Величина економічного ефекту від застосування дворівневої моноцентричної розподільчої системи з терміном постачання $T \leq 11$ діб автомобілем вантажністю $q \leq 18,5$ т на територію площею обслуговування $S=1400$ км² за умови інтенсивності споживання продукції з одиниці площі $\lambda = 0,1$ т/(км²·доба) дорівнює 4098840,5 грн за рік.

Література

1. Нгуен Тху Хионг. Методы оценки экономической эффективности международных перевозок в транспортно-технологических системах: дис... канд. экон. наук. Москва, 2006. 57 с.
2. Экспорт и импорт Украины. URL: <https://index.minfin.com.ua/economy/gdp/eximp>. (дата звернення: 02.10.2020).
3. Мусатенко О. В. Підвищення ефективності логістичної системи постачань з використанням автомобільного транспорту: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.22.01. НТУ. Київ, 2018. 20 с.
4. Сергеева В. И. Корпоративная логистика в вопросах и ответах. Изд. 2-е, перераб. и доп. Москва, 2013. 634 с.
5. Сток Дж. Р., Ламберт Д. М. Стратегическое управление логистикой. Москва, 2005. 797 с.
6. Мусатенко О. В. Проектування моноцентричної структурно-технологічної схеми розподільчої системи доставки товарів. Вісник НТУ. Київ, 2017. № 1. С. 282–289.
7. Бочкарев П. А. Управление надежностью цепей поставок в логистике снабжения: дис... канд. экон. наук. Санкт-Петербург, 2015. 86 с.
8. Математичне моделювання URL: https://web.posibnyky.vtu.edu.ua/fksa/2vetnyj_ko_pyuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t1/11..htm (дата звернення: 02.10.2020).
9. Кондратенко Д. А., Нагорний Є. В. Вибір оптимальної транспортно-технологічної схеми доставки вантажів у міжнародному сполученні // Зб. матеріалів 82-ї Міжнар. наук. конф. студентів. Секція транспортних технологій (12–14 трав. 2020 р., ХНАДУ). Харків, 2020. С. 3–4.

References

1. Nguyen Thu Hiong. (2006). Metody ocenki jekonomicheskoy jeffektivnosti mezhdunarodnyh perevozk v transportno-tehnologicheskikh sistemah. [Methods for assessing the economic efficiency of international transport in transport-technological systems]. Extended abstract of candidate's thesis. Moskva [in Russian].
1. Jeksport i import Ukrainy. [Export and import of Ukraine]. Retrived from: <https://index.minfin.com.ua/economy/gdp/eximp>. (accessed: 02.10.2020).
2. Musatenko O.V. (2017). Pidvyshchennia efektyvnosti lohistrychnoi systemy postachan z vykorystanniam avtomobilnoho transportu. [Improving the efficiency of the logistics system with the use of road transport]. Extended abstract of candidate's thesis. Ky'yiv [in Ukrainian].
3. Sergeeva V.I. (2013). Korporativnaja logistika v voprosah i otvetah. [Corporate Logistics in Questions and Answers]. Moskva [in Russian].
4. Stok Dzh. R., Lambert D. M. (2005). Strategicheskoe upravlenie logistikoj. [Strategic Management of Logistics]. Moskva [in Russian].
5. Musatenko O.V. (2017). Proektuvannia monotsentrychnoi strukturno-tekhnologichnoi skhemy rozpodilchoi systemy dostavky tovariv [Designing of monocentric structural-technological scheme of distribution system of delivery of goods]. *Visnyk NTU*. 1. 282-289 [in Ukrainian].
6. Bochkarev P. A. (2015). Upravlenie nadezhnost'ju cepej postavok v logistike snabzhenija [Management of supply chain reliability in sleep logistics] Extended abstract of candidate's thesis. St. Petersburg [in Russian].
7. Matematychno modeliuвання [Mathematical modeling]. Retrived from: https://web.posibnyky.vtu.edu.ua/fksa/2vetnyj_ko_pyuterne_modelyuvannya_system_procesiv/t1/11..htm (accessed: 02.10.2020).
8. Kondratenko, D. A., Nagornyj Je. V. (2020) Vybir optymal'noi' transportno-tehnologichnoi' shemy dostavky vantazhiv u mizhnarodnomu spoluchenni [Selection of the optimal transport and technological scheme of cargo delivery in international traffic]. *Zb. materialiv 82-i' Mizhnar. nauk. konf. studentiv. Sekcija transportnyh tehnologij* (Kharkiv, 12-14 travnia 2020), 3-4 [in Ukrainian].

Нагорний Євген Васильович¹, д.т.н., проф., зав. каф. транспортних технологій, e-mail: ktt@khadi.kharkov.ua, тел. +38 057-707-37-20.

Орда Олександра Олександрівна¹, к.т.н., доц. каф. транспортних технологій, тел. +38 050-282-80-82, e-mail: kost.alexandra@gmail.com.

Кондратенко Денис Андрійович¹, студент-бакалавр, тел. + 38 099-436-84-25, e-mail: den.kondratenko99@gmail.com

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

Выбор оптимальной транспортно-технологической схемы доставки грузов в международном сообщении

Аннотация. Целью исследования является повышение эффективности процесса снабжения за счет формирования рациональной моноцентрической системы распределения. По результатам регрессионного анализа определены области эффективного использования оптимальных вариантов транспортно-технологических схем доставки грузов в международном сообщении с использованием моноцентрической системы распределения. Установлены оптимальные значения параметров (интенсивность расхода продукции на единицу площади, площадь обслуживаемой площади, расчетный период и грузоподъемность вагона), при которых целесообразно ввести двухуровневую систему распределения вместо одноуровневой. В качестве целевой функции выбрана общая стоимость поставки продукции. Использование предложенного подхода позволит минимизировать общую стоимость поставки продукции за счет сочетания рациональных транспортных факторов.

Ключевые слова: процесс доставки, распределительная система, расходование средств, срок доставки.

Нагорный Евгений Васильевич¹, д.т.н., проф., зав. каф. транспортных технологий, e-mail: ktt@khadi.kharkov.ua, тел. +38 057-707-37-20.

Орда Александра Александровна¹, к.т.н., доц. каф. транспортных технологий, тел. +38 050-282-80-82, e-mail: kost.alexandra@gmail.com.

Кондратенко Денис Андреевич¹, студент-бакалавр, тел. + 38 099-436-84-25, e-mail: den.kondratenko99@gmail.com.

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

Selection of the optimal technology for cargo delivery in international traffic

Abstract. Problem. Domestic and foreign experts in logistics and supply chain management pay attention to the growing vulnerability of supply chains due to the increased influence of adverse external factors, which causes increased costs and declining competitiveness. Therefore, the problem of creating efficient

and reliable logistics systems for the international movement of goods within and between logistics systems is urgent. **Goal.** The purpose of the study is to increase the efficiency of the supply process by forming a rational monocentric distribution system.

Methodology. The analytical methods of research on the development and application of approach to choosing the rational technology were used. Mathematical models of one-level and two-level monocentric distribution system of goods supply have been developed. **Results.** On the basis of the regression analysis results the areas of effective use of the best options for transport and technological schemes for the delivery of goods in the international message using a monocentric distribution system are determined. The optimal values of parameters (intensity of product consumption per unit area, the square of the service area, calculation period and load capacity of the car) have been set, at which it is advisable to introduce a two-level distribution system instead of a single-level one. The target function was the total cost of supply of products. **Originality.** Mathematical models of one-level and two-level monocentric distribution system have been developed, which take into account the immobilization of funds and costs associated with damage to the cargo. **Practical value.** The use of the proposed approach allows minimize the total cost of supply of products by combining rational transport factors. The value of the economic effect from the use of a two-level monocentric distribution system with a delivery time less than 11 days and others assumptions is equal to 4098840.5 UAH per year.

Key words: delivery process, distribution system, spending of funds. term of delivery.

Nahorniy Yevgen¹, professor, Doct. of Science, Transport Technologies Department, tel. +38 057-707-37-20, e-mail: ktt@khadi.kharkov.ua.

Orda Olexandra¹, PhD of Technical Sciences, Transport Technologies Department, tel. +38 050-282-80-82, e-mail: kost.alexandra@gmail.com.

Kondratenko Denys¹, student, Transport Technologies Department, tel. + 38 099-436-84-25, e-mail: den.kondratenko99@gmail.com.

¹Kharkov National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudrogo str., Kharkiv, 61002, Ukraine.