

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)

УДК 656.022

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2022.1-12.10>

ІМОВІРНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЇ ДОСТАВКИ

В.В. Берестенко¹, С.П. Онищенко²

¹аспірант кафедри «Експлуатація флоту та технології морських перевезень»,
Одеський національний морський університет

²д. е. н., професор, директор Навчально-наукового інституту морського бізнесу,
Одеський національний морський університет
ORCID ID: 0000-0002-7528-4939

Анотація

Вступ. Щорічне зростання обсягу мультимодальних перевезень зумовлює привабливість такого сегменту ринку транспортних послуг, тому значна кількість компаній готова нині надати послуги мультимодального перевезення, що зумовлює, з одного боку, високий рівень конкуренції у цьому секторі ринку, з іншого – високі вимоги вантажовласників. Тому для забезпечення конкурентоспроможності мультимодальних операторів потрібні значні зусилля та високий рівень сервісу. **Метою** дослідження є формування множини показників оцінки ймовірнісних характеристик мультимодальних доставок для забезпечення всебічної оцінки варіантів доставки у процесах оптимізації та/або відбору. **Результати.** В рамках цього дослідження запропоновано показники оцінки ймовірнісних характеристик мультимодальної доставки – надійності та можливого збільшення часу. Для оцінки характеристик мультимодальної доставки пропонується використовувати сітковий графік, який надає сукупність та логічну послідовність операцій, які пов'язані з мультимодальною доставкою, як основних, так і додаткових. Кожна операція транспортно-технологічного процесу, у тому числі й операції критичного шляху в рамках сіткової моделі, характеризується ймовірнісною природою їхньої тривалості. Проведено статистичні дослідження поведінки окремих операцій транспортно-технологічного процесу в рамках мультимодальної доставки, обґрунтовано нормальний закон розподілу, що підтверджує результати інших досліджень з цього напрямку. Методи оцінки враховують різні підходи до визначення планового часу виконання операцій (середнє значення або значення, гарантоване з певною ймовірністю), а також можливість оцінки заданого рівня ймовірності розгляду значень часу виконання операцій. **Висновки.** У сукупності з основними характеристиками доставки – вартості та часу – запропоновані характеристики формують базу оцінки альтернативних варіантів доставки. Зміна хоча б одного елемента в мультимодальній доставці призводить до зміни характеристик усієї доставки. Це використовується для коригування варіантів у процесі пошуку того, який би відповідав вимогам, що висуваються до доставки.

© Берестенко В.В., Онищенко С.П., 2022

Ключові слова: сіткова модель, надійність, час доставки, транспортно-технологічний процес, нормальний закон розподілу, мультимодальні перевезення, конкурентоспроможність мультимодальних операторів.

PROBABILISTIC CHARACTERISTICS OF MULTIMODAL SHIPPING

V.V. Berestenko¹, S.P. Onyshchenko²

¹Postgraduate of the Department “Fleet operation and shipping technologies”,
Odessa National Maritime University

²Doctor of Economics, Professor,
Director of Educational & Scientific Institute of Marine Business,
Odessa National Maritime University
ORCID ID: 0000-0002-7528-4939

Summary

Introduction. The annual growth of multimodal shipping determines the attractiveness of this transport market segment; thus, many companies are ready to provide multimodal shipping services, that leads, on the one hand, high level competition in this market sector; on the other hand, high level requirements of cargo owners. Therefore, to ensure the competitiveness the multimodal operators need significant efforts and a high-level service. **Purpose.** This study aims to form a set of indicators for estimating the multimodal shipping probabilistic characteristics to provide a comprehensive assessment of shipping options in the decision-making processes. **Results.** This study proposes methods for estimating the probabilistic characteristics of multimodal shipping – reliability and possible increase in time. To assess the characteristics of multimodal shipping, it is proposed to use a grid graph, which provides a set and logical sequence of operations related to multimodal delivery, both basic and additional. Each operation of the technological process, including critical path operations within the grid model, is characterized by the probabilistic nature of their duration. Statistical researches of some transportation operations duration behavior within the multimodal delivery system are carried out, the normal distribution that confirms results of other researches in the given direction is proved. Estimation methods take into account the different approaches to determining the planned operation duration (average value or value guaranteed with a certain probability), as well as the possibility to estimate the values of operation duration for given level of probability. **Conclusions.** Along with the main shipping characteristics – cost and time, characteristics proposed in this research form the basis for evaluating alternative shipping options. Changing at least one element in multimodal shipping causes the changes of the entire shipping characteristics. This is to be used to adjust the options in the decision-making process that meets all shipping requirements.

Key words: network model, reliability, shipping time, transport and technological process, normal distribution, multimodal shipping, multimodal operators' competitiveness.

Вступ. Мультимодальна доставка передбачає використання кількох видів транспорту, наявність єдиного перевізного документа та відповідно мультимодального оператора, який організовує цю доставку та несе за неї відповідальність.

Щорічне зростання обсягу мультимодальних перевезень зумовлює привабливість цього сегменту ринку транспортних послуг, тому значна кількість компаній готові нині надати послуги мультимодального перевезення, що зумовлює, з одного боку, високий рівень конкуренції у такому секторі ринку, з іншого – високі вимоги вантажовласників. Тому для забезпечення конкурентоспроможності мультимодальних операторів потрібні значні зусилля та високий рівень сервісу. Це передбачає під час надання послуг з організації мультимодальної доставки опрацювання множини альтернативних варіантів мультимодальної доставки та їхню всебічну оцінку для того, щоб вимоги вантажовласника (клієнта) за умовами доставки були виконані в повному обсязі.

Нині, крім традиційних характеристик доставки – вартості та часу, важливим критерієм є дотримання терміну доставки, що пов'язане з функціонуванням глобальних систем логістики.

Постановка проблеми. Отже, виникає необхідність у розробці методів оцінки надійності доставки, а також інших показників імовірнісних характеристик мультимодальної доставки. Це дозволить всебічно оцінювати варіанти доставки й отримувати результати, що більшою мірою відповідають вимогам вантажовласників. Це дозволить підвищити рівень сервісу мультимодальних операторів та, як наслідок, забезпечить їх конкурентоспроможність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема мультимодальних перевезень присвячено, з одного боку, достатню кількість робіт, з іншого боку, слід констатувати, що ці роботи переважно засновані на детерміністському підході, тобто розглядають характеристики доставки як визначені значення.

Проте кожна операція транспортно-технологічного процесу, у тому числі й операції критичного шляху в рамках сіткової моделі, характеризуються імовірнісною природою їхньої тривалості [1–6]. Як правило (і на це вказують багато досліджень, наприклад [1; 2]), час виконання операцій підпорядковується нормальному закону розподілу, що за наявності статистичних даних дозволяє встановити параметри закону і визначити ймовірності діапазонів різних значень.

Сукупність та логічна послідовність операцій, які пов'язані з мультимодальною доставкою, може бути представлена у вигляді сіткової моделі, що було представлено у [7] як розвиток ідей, висловлених у [8–11].

Вибираючи найбільш підходящий варіант доставки з множини можливих альтернатив, оператор та замовник базуються на оцінці основних характеристик доставки – вартості та часу. Проте така характеристика, як, наприклад, надійність доставки, також може мати велике значення для вантажовласника [7; 11–13]. У роботах [14; 15] пропонується використовувати імовірнісні характеристики у разі вибору варіанта доставки вантажів, використовується поняття «ризик доставки». Проте слід констатувати, що відсутні методи оцінки пропонуємих імовірнісних характеристик, надійність доставки в багатьох джерелах пропонується оцінювати експертним шляхом (аналог імовірності).

Ціль статті. Метою цього дослідження є формування множини показників оцінки імовірнісних характеристик мультимодальних доставок для забезпечення всебічної оцінки варіантів доставки у процесах оптимізації та відбору.

Результати. У рамках сіткової моделі, що відображає логічну послідовність операцій, можуть бути виділені основні транспортні операції, які пов'язані

безпосередньо з фізичним переміщенням вантажу, а також додаткові операції, які мають організаційний характер [15]. Поєднання часової осі, схеми фізичного переміщення вантажу та операцій транспортно-технологічного процесу (сіткового графіка) (рис. 1) дає можливість продемонструвати сказане вище.

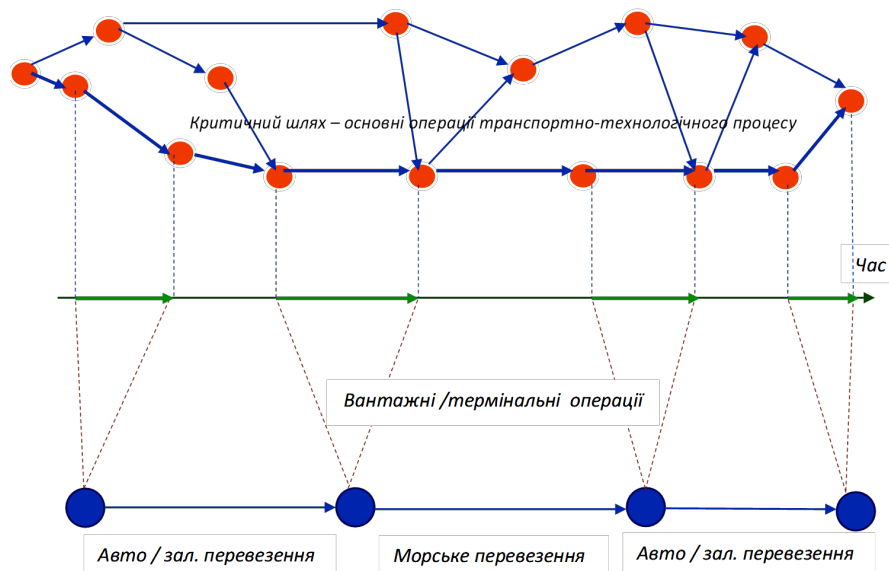


Рис. 1. Поєднання сіткового графіка транспортно-технологічного процесу та фізичного переміщення вантажу із часовою віссю

Як правило, для контейнерних перевезень основні операції критичного шляху сіткового графіка – це операції, які пов’язані з фізичним переміщенням вантажу, оскільки більшість інших операцій відбуваються паралельно з процесом переміщення (крім операцій із підготовки до доставки). Виняток становлять митні та інші формальності у морських портах у разі доставки імпорتنних вантажів.

Кожна операція транспортно-технологічного процесу, у тому числі й операції критичного шляху в рамках сіткової моделі, характеризується імовірнісною природою її тривалості. Вище вже акцентувалося на тому, що здебільшого час виконання транспортних операцій підпорядковується нормальному закону розподілу, що за наявності статистичних даних дозволяє встановити параметри закону та визначити ймовірності діапазонів різних значень.

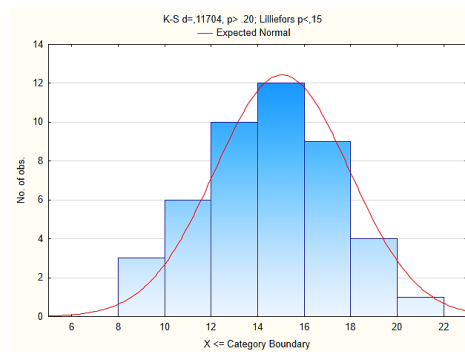
На базі інформації про тривалість розвантаження суден-контейнеровозів в Одеському порту та тривалість формальностей, які пов’язані з проходженням імпорتنних вантажів у контейнерах через Одеський порт, були отримані такі результати (фрагмент представлений на рис. 2), які наочно демонструють несуперечність вихідних даних гіпотезі про нормальний закон розподілу.

Отже, з урахуванням вищезазначеного фактичний час мультимодальної доставки:

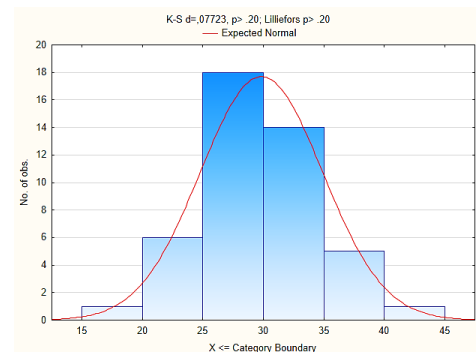
$$T_{\text{факт}} = \sum_{v \in \Omega_{kp}} T_v^{\text{факт}}, \quad (1)$$

де $\Omega_{кр} \subset \Omega$ – множина критичних операцій у рамках сіткового графіка доставки вантажу, Ω – множина всіх операцій, $T_v^{факт}$ – фактичний час виконання операцій критичного шляху мережного графіка транспортно-технологічного процесу. Дано таке трактування поняття «надійність доставки» – це ймовірність того, що фактичний час доставки не перевищить запланований (очікуваний). З урахуванням (1):

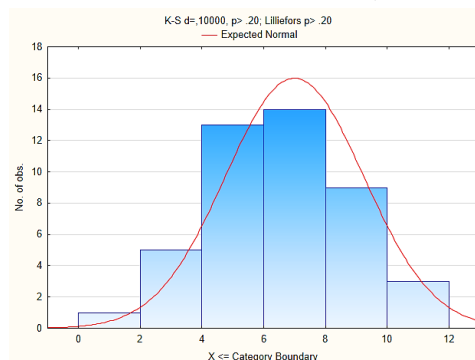
$$I = P(T^{факт} \leq T) = P\left(\sum_{v \in \Omega_{кр}} T_v^{факт} \leq \sum_{v \in \Omega_{кр}} T_v\right). \quad (2)$$



а) час вантажних операцій для суден до 160 м;



б) час вантажних операцій для суден від 160 м до 240 м;



в) тривалість формальностей для імпортованих вантажів у контейнерах

Рис. 2. Фрагмент статистичних досліджень часу виконання операцій мультимодальної доставки

Тривалість кожної операції критичного шляху процесу доставки вантажу у контейнері є незалежною випадковою величиною. Оскільки йдеться про твори подій (незалежних подій), кожна з яких пов'язана з тим, що $T_v^{факт} \leq T_v$, то як оцінка надійності може бути прийнята величина:

$$I^d = \prod_{v \in \Omega_{кр}} P(T_v^{факт} \leq T_v). \quad (3)$$

Природно, що (2) і (3) не є математично рівноцінними, але, по суті транспортно-технологічного процесу доставки вантажу в контейнерах, величина T

визначається як сума тривалостей операцій критичного шляху (1), тому надійність пов'язана з надійністю кожної компоненти критичного шляху процесу доставки $I_v = P(T_v^{\text{факт}} \leq T_v)$, $v \in \Omega_{кр}$, а (3) відповідає інтегральній сутності часу доставки. Тому надалі саме (3) буде використано як оцінку надійності доставки. Для практичного використання (3) необхідно знати, що саме приймається як планована тривалість операцій, T_v – це середнє значення, або це значення, гарантоване з певною ймовірністю (рис. 3).

Але, як правило, мультимодальні оператори мають статистику на базі наявного досвіду, що дозволяє оцінити компоненти (3) для кожної конкретної доставки. Якщо T_v – це середнє значення (рис. 3, а), то з ймовірністю $P = 0,5$ виконується умова $T_v^{\text{факт}} \leq T_v$, якщо в якості T_v приймається значення, наприклад, для якого $P(T_v^{\text{факт}} > T_v) = 0,1$ (рис. 3, б), то $P(T_v^{\text{факт}} \leq T_v) = 0,9$.

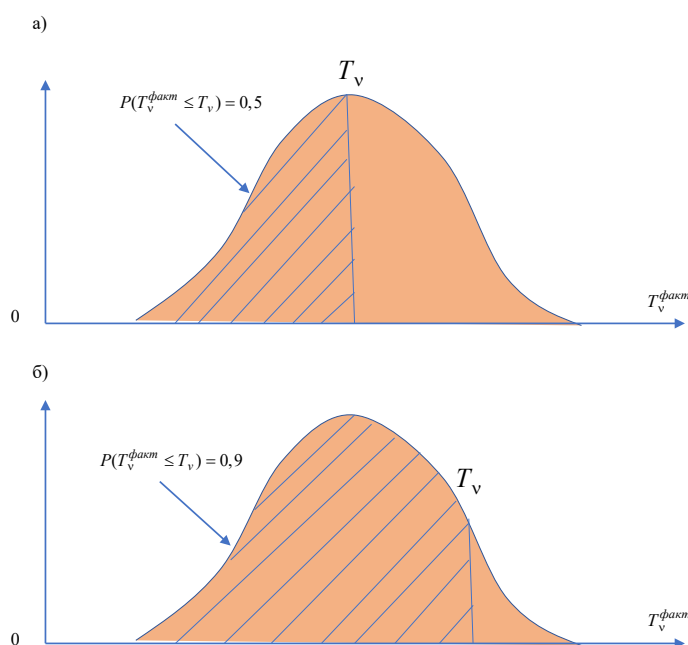


Рис. 3. Схематичне зображення оцінки надійності елемента мультимодальної доставки за допомогою щільності розподілу ймовірностей $T_v^{\text{факт}}$

Зазначимо, що (2) може застосовуватися в тих випадках, коли йдеться про варіант доставки, який часто використовується, і можна оцінити на основі статистики ймовірність усієї системи інтегровано. Таким чином, залежно від наявних статистичних даних можуть бути застосовні або підхід (2), або (3).

Слід зазначити, що в багатьох практичних ситуаціях необхідно не тільки володіти інформацією про надійність того чи іншого елемента доставки та доставки загалом, а й про величину можливого збільшення часу операції та доставки загалом. Здебільшого знання того, наскільки може бути «зірваний» термін набагато навіть важливіше за абстрактне для практиків поняття «ймовірність». Тому що якщо надійність якогось елемента 0,75 (тобто не дуже висока і відповідає досить середньому рівню), але максимально можливе збільшення часу, наприклад, на

7 %, то це може виявитися цілком прийнятним, ніж більш «надійна» ймовірність елемента, але з 15 % є максимально можливим збільшенням часу.

Введемо до розгляду «можливе збільшення часу» ΔT_v для операції та доставки в цілому ΔT . Під цим терміном розумітимемо максимально можливе із заданою ймовірністю збільшення часу. Подібний підхід застосовувався до тривалості робіт у [16], що може бути адаптовано до транспортної сфери. Пояснимо це за допомогою рис. 4.

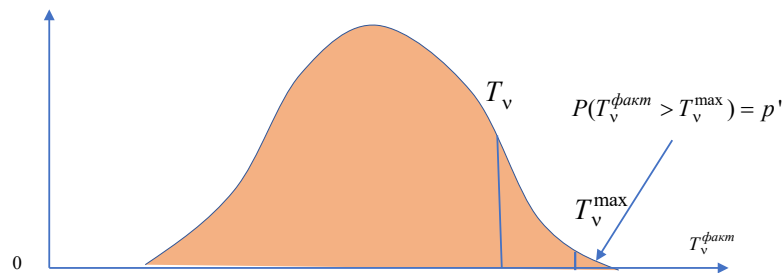


Рис. 4. Оцінка можливого збільшення часу операції (елемента мультимодальної доставки)

Як максимально можливий термін виконання операції прийматимемо таке значення T_v^{\max} , для якого виконано:

$$P(T_v^{\text{факт}} > T_v^{\max}) = p', \quad (4)$$

де як ймовірність приймаються значення $p' = \{0, 1; 0, 05; 0, 03; 0, 01\}$, що відповідає методам оцінки ризиків та обчисленням можливої величини відхилення для результату [16]. Таким чином, можливе збільшення часу для операції становить:

$$\Delta T_v = T_v^{\max} - T_v. \quad (5)$$

Діапазон можливих значень $T_v^{\text{факт}}$ визначається за властивостями нормального закону розподілу середньоквадратичним відхиленням σ_v^T або дисперсією $D_v^T = (\sigma_v^T)^2$ та, згідно з правилом «3 σ », з імовірністю 0,9972 значення лежать у межах $\pm 3\sigma$ від середнього значення; з імовірністю 0,9544 у межах $\pm 2\sigma$ від середнього значення.

Отже, як величину T_v^{\max} можна прийняти або $a_v^T + 2\sigma_v^T$, або $a_v^T + 3\sigma_v^T$, де a_v^T це середнє значення. Тоді

$$\Delta T_v = a_v^T + 2\sigma_v^T - T_v \text{ або } \Delta T_v = a_v^T + 3\sigma_v^T - T_v. \quad (6)$$

У ситуації, коли як величина T_v приймається середнє значення, тобто $T_v = a_v^T$, то:

$$T_v^{\max} = T_v + 2\sigma_v^T, \text{ або } T_v^{\max} = T_v + 3\sigma_v^T. \quad (7)$$

У першому випадку $p' \approx 0,05$, у другому $p' \leq 0,01$. При цьому:

$$\Delta T_v = 2\sigma_v^T \text{ або } \Delta T_v = 3\sigma_v^T. \quad (8)$$

Якщо необхідний розгляд інших варіантів p' або точне завдання $p' = \{0, 01; 0, 05\}$, то можна слідувати закономірностям нормального закону і, зокрема, отримати таке:

$$P(T_v^{факт} > T_v^{max}) = 0,5 - \frac{1}{2} \Phi\left(\frac{T_v^{max} - a_v^T}{\sigma_v^T}\right) = p', \quad (9)$$

$$T_v^{max} = a_v^T + k(p') \cdot \sigma_v^T, \quad (10)$$

де $\Phi(x)$ – функція Лапласа, $k(p')$ – коефіцієнт, що визначається на базі значень функції Лапласа для заданого p' . Зокрема, для $p' = 0,05$ $k(p') = 1,65$.

Зазначимо, що дослідження поведінки «порогових значень» та $k(p')$ наведено у [17] у рамках аналізу ризиків проєктів придбання суден.

Таким чином, з урахуванням вищевикладеного:

$$\Delta T_v = a_v^T + k(p') \cdot \sigma_v^T - T_v. \quad (11)$$

Якщо $T_v = a_v^T$, то:

$$\Delta T_v = k(p') \cdot \sigma_v^T. \quad (12)$$

Таким чином, з урахуванням прийнятих p' значення $T_v^{факт} > T_v^{max}$ розглядаються як практично неможливі, тому що їхня ймовірність досить мала.

Тоді для всієї мультимодальної доставки для заданого p' (тобто ймовірність значень, якими ми нехтуємо) можливе збільшення часу становить:

$$\Delta T = \sum_{v \in \Omega_v} \Delta T_v = \sum_{v \in \Omega_v} (a_v^T + k(p') \cdot \sigma_v^T - T_v). \quad (13)$$

У випадку $T_v = a_v^T$ (13) трансформується у:

$$\Delta T = \sum_{v \in \Omega_v} \Delta T_v = k(p') \sum_{v \in \Omega_v} \sigma_v^T. \quad (14)$$

Зазначимо, що можливе збільшення часу мультимодальної доставки базується на збільшенні часу операцій критичного шляху сіткової моделі доставки, що було обґрунтовано вище. У ситуаціях, коли збільшення часу за деякими некритичними операціями зачіпає загальну тривалість доставки (тобто перевищує резерви часу таких операцій), можна скористатися програмними засобами сіткового моделювання (наприклад, MS Project) для оцінки ΔT з урахуванням завдання кожної операції $\Delta T_l, l \in \Omega$.

Висновки. У рамках цього дослідження запропоновано методи оцінки ймовірних характеристик мультимодальної доставки – надійності та можливого збільшення часу. У сукупності з основними характеристиками доставки – вартості та часу – запропоновані характеристики формують базу оцінки альтернативних варіантів доставки. Зміна хоча б одного елемента в мультимодальній доставці призводить до зміни характеристик усієї доставки. Це використовується для коригування варіантів у процесі пошуку того, який би відповідав вимогам, що висуваються до доставки.

Вивчення альтернативних варіантів доставки є функцією мультимодального оператора, який, аналізуючи задані умови по вантажу та доставці, на базі інформації з контейнерних лінійних сервісів, умов залізниці, розкладу сервісів контейнерних поїздів, специфіки портів, формує альтернативні варіанти доставки. Слід зазначити, що характеристики різних варіантів доставки можуть значно відрізнятися, тому чим більше критеріїв оцінки альтернативних варіантів буде використано в аналізі, тим більш всебічно їх можна буде оцінити.

ЛІТЕРАТУРА

1. Vonolfen S., Affenzeller M. Distribution of waiting time for dynamic pickup and delivery problems. *Annals of Operations Research*. 2016. No. 236 (2), pp. 359–382. URL: <https://doi.org/10.1007/s10479-014-1683-6>
2. Zhang Junlong & Lam William & Chen Bi Yu. On-time delivery probabilistic models for the vehicle routing problem with stochastic demands and time windows. *European Journal of Operational Research*. 2016. No. 249. Pp. 144–154. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.050>
3. Chen Dandan, Yong Zhang, Liangpeng Gao, and Russell G. Thompson. Optimizing Multimodal Transportation Routes Considering Container Use Sustainability. 2019. No. 11, 19, p. 5320. URL: <https://doi.org/10.3390/su11195320>
4. Ferrucci F., Bock S., & Gendreau M. A pro-active real-time control approach for dynamic vehicle routing problems dealing with the delivery of urgent goods. *European Journal of Operational Research*, 2012. No. 225 (1), pp. 130–141. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.09.016>.
5. Gendreau M., & Potvin J. Issues in real-time fleet management. *Transportation Science*, 2004. No. 38 (4), pp. 397–398. URL: <http://www.jstor.org/stable/25769214>
6. Onyshchenko S. P., & Koskina Y. A. Estimation of the time of the vessel's arrival at port. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 2019. No. 1 (79), pp. 39–50. URL: <https://doi.org/10.15802/stp2019/158478>.
7. Берестенко В. В., Онищенко С. П. Характеристики мультимодальної доставки на базі сіткової моделі транспортних основних і додаткових операцій. *The 2nd International scientific and practical conference "Innovations and prospects of world science"* (October 6–8, 2021). Perfect Publishing, Vancouver, Canada, 2021. Pp. 158–162.
8. Коскіна Ю. О. Формалізація процесу організації системи доставки вантажів. *Наукоємні технології*, 2020. № 45 (1), с. 111–117. URL: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.45.14582>
9. Rusanova S., Onyshchenko S. Development of transport and technological process options' concept for goods delivery with participation of maritime transport. *Technology audit and production reserves*. 2020. No. 1 (2 (51)). URL: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.198373>
10. Павлова Н. Л. Сіткова модель процесу організації доставки вантажів у контейнерах. *Transport development*, № 2 (7), 2020. С. 52–59. URL: <https://doi.org/10.33082/td.2020.2-7.05>
11. Pavlova N., Onyshchenko S. Organization of transport company's project-oriented management (on the example of the freight forwarding company). *Management of Development of Complex Systems*, 2020. No. 42, pp. 23–28. URL: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.23-28>
12. Onyshchenko S. P., Smrkovska V. Yu. Modeling the process of forming integrated systems for the delivery of goods [Modelirovaniye protsessa formirovaniya integrirovannykh sistem dostavki gruzov]. *Vestnik ONMU, ONMU Bulletin*, 2010. No. 30, pp. 142–149.

13. Онищенко С. П., Коскіна Ю. О. Сутність, специфіка і формування систем доставки вантажів. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, 2019. № 3, с. 86–95. URL: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-144-3-86-95>
14. Кічкіна О. І. Вибір оптимальної схеми доставки вантажу в логістичних системах. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*, 2015. № 2, с. 9–11. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VISUNU_2015_2_3
15. Аулін В. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В. Методологічне обґрунтування дослідження та розв'язання проблеми надійності функціонування транспортних систем. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*, 2017. № 10, с. 29–36. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9373>
16. Онищенко С. П., Шутенко Т. Н. Специфика рыночных рисков и мероприятий по их снижению в современном судоходном бизнесе. *Актуальні проблеми економіки*, 2012. № 2, с. 85–98.
17. Онищенко С. П., Корниец Т. Е. Оценка рыночного риска проектов приобретения судна. *Інноваційна економіка*, 2015. № 4, с. 198–205.

REFERENCES

1. Vonolfen, S., Affenzeller, M. (2016). Distribution of waiting time for dynamic pickup and delivery problems. *Annals of Operations Research*, 236 (2): 359–382. Retrieved from: <https://doi.org/10.1007/s10479-014-1683-6>
2. Zhang, Junlong & Lam, William & Chen, Bi Yu. (2016). On-time delivery probabilistic models for the vehicle routing problem with stochastic demands and time windows. *European Journal of Operational Research*. 249. 144–154. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.050>
3. Chen Dandan, Yong Zhang, Liangpeng Gao, and Russell G. Thompson (2019). Optimizing Multimodal Transportation Routes Considering Container Use Sustainability 11, 19: 5320. Retrieved from: <https://doi.org/10.3390/su11195320>
4. Ferrucci, F., Bock, S., & Gendreau, M. (2012). A pro-active real-time control approach for dynamic vehicle routing problems dealing with the delivery of urgent goods. *European Journal of Operational Research*, 225 (1), 130–141. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.09.016>
5. Gendreau, M., & Potvin, J. (2004). Issues in real-time fleet management. *Transportation Science*, 38 (4), 397–398. Retrieved from: <http://www.jstor.org/stable/25769214>
6. Onyshchenko, S. P., & Koskina, Y. A. (2019). Estimation of the time of the vessel's arrival at port. *Science and Transport Progress. Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*, 1 (79), 39–50. Retrieved from: <https://doi.org/10.15802/stp2019/158478>
7. Berestenko, V. V., Onyshchenko, S. P. (2021). Characteristics of multimodal delivery based on a network model of transport main and

- additional operations. *The 2nd International scientific and practical conference "Innovations and prospects of world science"* (October 6–8, 2021). Perfect Publishing, Vancouver, Canada, 158–162. [in Russian]
8. Koskina, Yu. O. (2020). Formalization of the process of organizing the delivery system [Formalizatsiya protsesu orhanizatsiyi systemy dostavky vantazhiv]. *Science-intensive technologies*, 45 (1), 111–117. Retrieved from: <https://doi.org/10.18372/2310-5461.45.14582> [in Ukrainian]
 9. Rusanova, S., Onyshchenko, S. (2020). Development of transport and technological process options' concept for goods delivery with participation of maritime transport. *Technology audit and production reserves*. 1 (2 (51)). Retrieved from: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2020.198373>
 10. Pavlova, N. L. (2020). Network model of the goods in containers delivery organizing process. *Transport development*, 2 (7) (2020): 52–59. Retrieved from: <https://doi.org/10.33082/td.2020.2-7.05> [in Ukrainian]
 11. Pavlova, N., Onyshchenko, S. (2020). Organization of transport company's project-oriented management (on the example of the freight forwarding company). *Management of Development of Complex Systems*, 42, 23–28. Retrieved from: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.23-28>
 12. Onishchenko, S. P., Smrkovskaya, V. Yu. (2010). Modeling the process of formation of integrated cargo delivery systems [Modelirovaniye protsessa formirovaniya integrirovannykh sistem dostavki gruzov]. *Bulletin ONMU*, 3, 142–154. [in Russian]
 13. Onyshchenko, S. P., Koskina, Yu.A. (2019). Essence, Specifics and Forming of Cargo Delivery Systems. *Bulliten of Vinnytsia Politechnical Institute*, 144 (3), 86–95. Retrieved from: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-144-3-86-95> [in Ukrainian]
 14. Kichkina, O. I. (2015). Selection of the cargo delivery optimal scheme in logistics systems. *Bulletin of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*, 2, 9–11. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VSunu_2015_2_3 [in Ukrainian]
 15. Aulin, V. V., Golub, D. V., Grinkiv, A. V., Lysenko S. V. (2017). Methodological substantiation of the reliability problem of transport systems functioning research and solution [Metodolohichne obruntuvannya doslidzhennya ta vyrishennya problemy nadiynosti funktsionuvannya transportnykh system]. *Technical service of agro-industrial, forest and transport complexes*, 10, 29–36. Retrieved from: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/9373> [in Ukrainian]
 16. Onyshchenko, S. P., Shutenko T. M. (2012). The specifics of market risks and measures to reduce them in the modern shipping business [Spetsifika rynochnykh riskov i meropriyatiy po ikh snizheniyu v sovremennom sudokhodnom biznese]. *Actual problems of Economics*, 2, 85–98. [in Russian]
 17. Onyshchenko, S. P., Korniets, T. Y. (2015). Evaluation of market risk of projects of vessel acquisition [Otsenka rynochnogo riska proyektov priobreteniya sudna]. *Innovative economy*, 4, 198–205. [in Russian]