

О.В. Павленко<sup>1</sup>, Д.О. Музильов<sup>2</sup><sup>1</sup>Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна<sup>2</sup>Державний біотехнологічний університет, Україна

## СТАБІЛЬНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОГІСТИКИ ДЛЯ ПОСТАЧАННЯ ШВИДКОПСУВНИХ ПРОДУКТІВ МАРШРУТАМИ УКРАЇНА – ПОЛЬЩА

У статті розроблена структурна модель послідовної взаємодії учасників логістики для постачання швидкопсувних продуктів з України до Польщі. Сформовано три альтернативні варіанти логістики для постачання швидкопсувних продуктів за участю автомобільного транспорту та складів. Запропоновані математичні моделі, які враховують значення параметрів впливу та особливість виконання операцій.

**Ключові слова:** модель, логістика, постачання, швидкопсувна продукція, міжнародні перевезення.

### Постановка проблеми

Вплив світової ситуації в економіці, наслідків COVID-19, воєнного конфлікту на стан ланцюжків постачання на території Європи дуже суттєвий. Виникає необхідність будувати раціональні ланцюжки для постачання продукції з визначенням впливу технологічних параметрів, і навіть враховувати стохастичність виконання операцій [1]. Дуже важливо для ефективного управління використовувати альтернативні сценарії логістики, можливості поєднання та розподілу матеріальних потоків, визначити витрати на реалізацію логістики.

Для забезпечення нормальної роботи логістики для постачання швидкопсувної продукції (ШПП) необхідно провести дослідження їх властивостей задля раціональної розробки розвинутої методології якісного системного управління існуючими ланцю-

гами. Це надасть змогу підняти рівень задоволення потреб населення світу у якісному продовольстві, і в цілому, вирішити ряд завдань нашої держави у сфері забезпечення людей продуктами харчування.

В 2021 році вартість експорту з України в Польщу саме швидкопсувних товарів виросла до 465093,8 тис. доларів США, що на 240311,36 тис. доларів США більше, ніж роком раніше [2]. Збільшення темпів торгівлі зафіксовано, зокрема, у сегменті швидкопсувних продуктів, зокрема, жири тваринного походження та вироби з молока та м'яса (рис.1). Перелік споживчих товарів дуже великий, проте продукти, які складають групу швидкопсувних, становлять значну частку. Ці товари мають дуже велику номенклатуру, але часто їх відносять до групи продуктових виробів, транспортування і складування яких відбувається з урахуванням певних правил і норм.

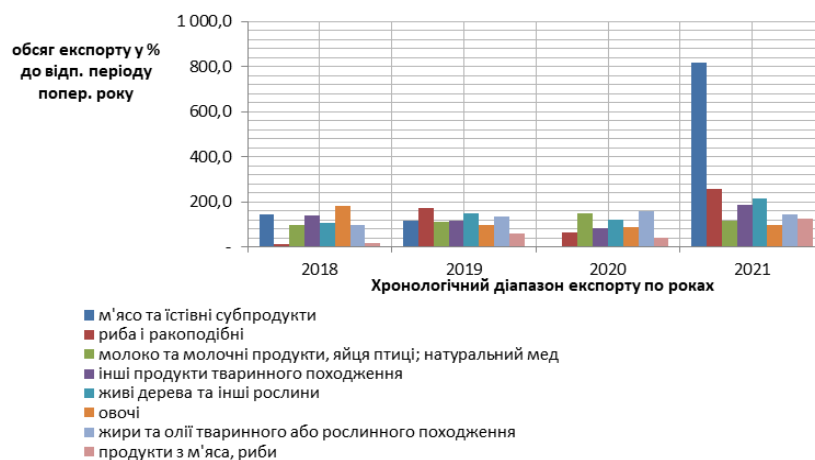


Рис. 1. Обсяг експорту швидкопсувних товарів за категоріями по 2018-2021 роках

Специфіка постачання всіх видів ШПП через кордон формує вимоги до пошуку рішень щодо ефективного використання ресурсів (транспортних засобів, складів (консолідації, розподілу) [3, 4], мінімізації часу виконання операцій та ризиків [5], виконання вимог замовника [6,7]. Ці умови можна врахувати під час побудови моделей функціонування логістики для постачання ШПП маршрутами Україна – Польща.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Побудова раціональної логістики для постачання товарів виробника ШПП є визначальним фактором його становища на ринку, в тому числі європейському. Тому що, крім наявності сучасних технологій, високої продуктивності та дешевих ресурсів, дуже важливо побудувати надійну логістику.

Особливість функціонування логістичних ланцюгів постачання швидкопсувних продуктів з України до Польщі полягає у використанні автомобільного транспорту як основного так і допоміжного з наявною складською інфраструктурою. Основними проблемами можуть бути: ефективне використання дорожньої інфраструктури [8], оптимізація роботи складних складських систем [9, 10], побудова логістичного управління рухом ресурсів [11-13], забезпечення функціонування у нестандартних умовах [14].

Логістику швидкопсувних товарів можна краще підтримувати інформацією про товари в режимі реального часу та новою концепцією синхронної модальності з розвитком сенсорних і комунікаційних технологій. Тому автори статті [15] пропонують систему прийняття рішень для постачальників логістичних послуг швидкопсувних товарів, щоб зменшити втрату свіжості за допомогою синхронного транспорту.

В статті [16] авторами позначається, що постачальник повинен визначити конкретні транспортні маршрути завдання доставки. Проблема доставки швидкопсувних продуктів моделюється як двоцільова проблема маршрутизації транспортного засобу з кількома періодами часу, спрямована на мінімізацію витрат на транспортування та максимізацію задоволеності клієнтів.

Таким чином, в існуючих наукових розробках була приділена значна увага розвитку складської інфраструктури, рішенням задач по раціональному використанню транспортних ресурсів, використанню ризикових підходів та побудові моделей надійних систем постачання. Тому потрібно побудувати модель функціонування логістики для постачання швидкопсувних продуктів маршрутами Україна - Польща.

### Формулювання мети статті

Метою даної роботи є побудови моделі функціонування логістики для постачання швидкопсувних продуктів маршрутами Україна - Польща. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити задачі:

- розробка структурної моделі послідовної взаємодії учасників логістики для постачання швидкопсувних продуктів;
- розробити альтернативні варіанти логістики для поставки швидкопсувних продуктів;
- розробити математичні моделі логістики для постачання швидкопсувних продуктів.

### Виклад основного матеріалу

Збереження цілісності, безпеки та свіжості швидкопсувних продуктів може підвищити задоволеність замовників і підвищити конкурентоспроможність транспортних підприємств. Оскільки під час доставки швидкопсувні вантажі втрачають свою поживну цінність і свіжість. Взаємодія учасників ланцюга поставки повинна враховувати послідовність виконання операцій та встановлювати відповідальність кожного за свою ділянку роботи з розумінням впливу на всю логістику (рис.2).

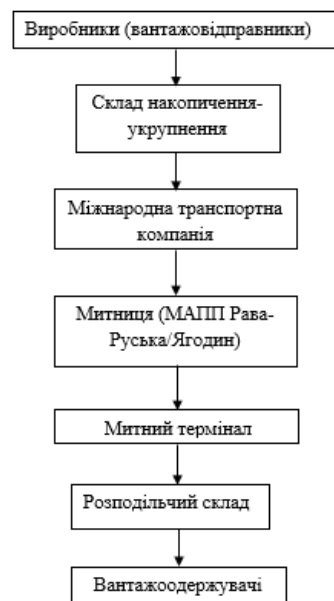


Рис. 2. Структурна модель послідовної взаємодії учасників логістики для постачання ШПП

На основі функціональної взаємодії учасників логістики для постачання ШПП побудуємо альтернативні варіанти. Логістичну схему постачання ШПП – «Варіант 1» (рис.3), доцільно використовувати при доставці дрібнопартійних ШПП від декількох відправників на великі відстані, за допомогою багатотоннажного рухомого складу (спосіб LTL –

«Less than Truck Load»). В такому випадку на складі укрупнення відбувається перевантаження вантажу і його обробка. Цей варіант передбачає укрупнення партії вантажу на складі, а далі транспортування до одержувачів за допомогою стандартних багатотоннажних автомобілів. Логістичну схему постачання ШПП «Варіант 2», доцільно використовувати при доставці дрібнопартійних ШПП від декількох відправників на великі відстані, за допомогою багатотоннажного рухомого складу, але при цьому варіанту логістики постачання кількість навантажувально-розвантажувальних операцій та час на очікування на накопичення вантажу на складі зменшується, оскільки розвезення ШПП до вантажоодержувачів відбувається без перевалки на склад розподілення. Логістичну схему постачання ШПП «Варіант 3», доцільно використовувати при доставці дрібнопартійних ШПП від декількох відправників на великі відстані, за умови, що партії ШПП без перевалки на склад укрупнення одразу навантажуються у багатотоннажний автомобіль, після чого одразу перевозиться на територію Польщі. Тобто укрупнення відбувається одразу на базі багатотоннажного автомобіля, але вже при пересіченні кордону, автомобіль переміщує укрупнену партію вантажу на склад розподілення.



Рис.3. Схематичне представлення варіанту логістики для поставки ШПП – «Варіант 1» (приклад)

Параметром оцінки запропонованих рішень обрано витрати на функціонування  $k$ -го варіанту логістики ( $B_{cx}^k$ ). На ці витрати мають вплив: собівартість

виконання  $i$ -их операцій –  $S_i$ ; обсяг партії ШПП –  $Q$ ; відстані перевезення ШПП –  $L$ ; кількість вантажовідправників (вантажодержувачів) –  $n$ ; часові параметри виконання  $i$ -их операцій –  $t_i$

$$B_{cx}^k = f(S_i, L, Q, n, t_i). \quad (1)$$

Формалізуємо витрати на кожному етапі виконання операцій в логістиці для постачання ШПП для подальшого математичного моделювання [17]. Витрати на формування партії відправки ШПП та навантаження автомобілів малої вантажності у вантажовідправника відповідного типу

$$B_{форм.} = (t_{форм.} \cdot S_{форм.} + t_n \cdot S_n) \cdot q \cdot n, \quad (2)$$

де  $t_{форм.}$  – середній час формування однієї партії ШПП, год;

$S_{форм.}$  – собівартість формування однієї партії ШПП, грн/т·год;

$t_n$  – середній час навантаження однієї партії ШПП, год;

$S_n$  – собівартість навантаження однієї тони партії ШПП, грн/т·год;

$q$  – середній обсяг партії відправлення ШПП вантажовідправників, т.

Витрати на перевезення ШПП на автомобілях малої вантажності до складу укрупнення

$$B_{перев.}^{скл.укр.} = \sum_{j=1}^{n-1} S_{1км} \cdot L_{перj}^{ме} \cdot n, \quad (3)$$

де  $S_{1км}$  – собівартість одного кілометра перевезення партії ШПП на автомобілі малої вантажності на  $j$ -ій ділянці, грн/км;

$L_{перj}^{ме}$  – відстань перевезення партії ШПП на автомобілі малої вантажності на  $j$ -ої ділянці, км.

Витрати на розвантаження партій ШПП на складі укрупнення

$$B_{розв.}^{парт.в.} = S_{1парт} \cdot t_{розв} \cdot q \cdot n, \quad (4)$$

де  $S_{1парт}$  – собівартість розвантаження партії ШПП, грн/т·год.;

$t_{розв}$  – час розвантаження ШПП, год.

Витрати формування укрупненої партії та навантаження ШПП на автомобіль великої вантажності

$$B_{\text{форм.н.}}^{\text{укр.н.}} = (t_{\text{форм.}}^{\text{укр.н.}} \cdot S_{\text{форм.}}^{\text{укр.н.}} + S_{\text{н}}^{\text{укр.н.}} \cdot t_{\text{н}}^{\text{укр.н.}}) \cdot Q, \quad (5)$$

де  $S_{\text{форм.}}^{\text{укр.н.}}$  – собівартість формування укрупненої партії ШПП, грн/т·год.;

$t_{\text{форм.}}^{\text{укр.н.}}$  – час формування укрупненої партії ШПП, год.;

$S_{\text{н}}^{\text{укр.н.}}$  – собівартість навантаження ШПП на автомобіль великої вантажності, грн/т·год.;

$t_{\text{н}}^{\text{укр.н.}}$  – час навантаження ШПП на автомобіль великої вантажності, год.

Витрати на перевезення ШПП до митного переходу

$$B_{\text{перев.}}^{\text{м.н.}} = S_{\text{1км}}^{\text{м.н.}} \cdot L_{\text{1км}}^{\text{м.н.}}, \quad (6)$$

де  $S_{\text{1км}}^{\text{м.н.}}$  – собівартість одного кілометра перевезення партії ШПП на автомобілі великої вантажності, грн/км;

$L_{\text{1км}}^{\text{м.н.}}$  – відстань перевезення партії ШПП до митного переходу на автомобілі великої вантажності, км.

Витрати на митне оформлення (митний контроль) ШПП

$$B_{\text{митн.}}^{\text{оф.}} = S_{\text{митн.}}^{\text{оф.(контр.)}} \cdot Q, \quad (7)$$

де  $S_{\text{митн.}}^{\text{оф.(контр.)}}$  – собівартість митного оформлення (митного контролю), грн/т.

Витрати на розподілення збірного ШПП на партії для розвезення

$$B_{\text{розб.}}^{\text{нарт.вант.}} = \sum_{y=1}^n t_{\text{розп.}} \cdot S_{\text{розп.}}^{\text{нарт.вант.}} \cdot q_y, \quad (8)$$

де  $S_{\text{розп.}}^{\text{нарт.вант.}}$  – собівартість розподілення однієї партії ШПП, грн/т·год.;

$t_{\text{розп.}}$  – час розподілення однієї партії ШПП, год.

$q_y$  – обсяг у-ої партії ШПП відповідного призначення, т.

Витрати на перевезення партій ШПП до одержувача та розвантаження

$$B_{\text{перев.розв.}}^{\text{нарт.вант.}} = \sum_{j=1}^{n-1} (S_{\text{1км}}^{\text{II}} \cdot L_{\text{пер}}^{\text{II}} + t_{\text{розв.}} \cdot S_{\text{розв.}}^{\text{нарт.вант.}}) \cdot q_j, \quad (9)$$

де  $S_{\text{1км}}^{\text{II}}$  – собівартість одного кілометра перевезення партії ШПП на автомобілі малої вантажності по території Польщі, грн/ткм;

$L_{\text{пер}}^{\text{II}}$  – відстань перевезення партії ШПП на автомобілі малої вантажності по території Польщі, км;

$S_{\text{розв.}}^{\text{нарт.вант.}}$  – собівартість розвантаження ШПП на автомобіль великої вантажності, грн/т·год.;

$t_{\text{розв.}}$  – час розвантаження ШПП у вантажоодержувача, год.

Витрати на навантаження ШПП автомобіля великої вантажності у вантажовідправника

$$B_{\text{нав.}}^{\text{вант.}} = S_{\text{нав.}}^{\text{вант.}} \cdot t_{\text{нав.}}^{\text{вант.}} \cdot Q, \quad (10)$$

де  $S_{\text{нав.}}^{\text{вант.}}$  – навантаження ШПП на автомобіль великої вантажності, грн/т·год.;

$t_{\text{нав.}}^{\text{вант.}}$  – час навантаження ШПП на автомобіль великої вантажності, год.

Математична модель логістики для постачання швидкопсувних продуктів для кожного альтернативного варіанту формується з відповідних складових формул (2-10). Так, наприклад, математична модель для «Варіант 1» представляє собою у розгорнутому вигляді наступний вираз

$$\begin{aligned} B_{\text{сх}}^1 = & (t_{\text{форм.}} \cdot S_{\text{форм.}} + t_{\text{н}} \cdot S_{\text{н}}) \cdot q \cdot n + \\ & + \sum_{j=1}^{n-1} S_{\text{1км}} \cdot L_{\text{пер}j}^{\text{мв}} \cdot n + \\ & + S_{\text{1нарт}} \cdot t_{\text{розв}} \cdot q \cdot n + \\ & + (t_{\text{форм.}}^{\text{укр.н.}} \cdot S_{\text{форм.}}^{\text{укр.н.}} + S_{\text{н}}^{\text{укр.н.}} \cdot t_{\text{н}}^{\text{укр.н.}}) \cdot Q + \\ & + S_{\text{1км}}^{\text{м.н.}} \cdot L_{\text{1км}}^{\text{м.н.}} + S_{\text{митн.}}^{\text{оф.}} \cdot Q + \\ & + S_{\text{митн.}}^{\text{контр.}} \cdot Q + \sum_{y=1}^n t_{\text{розп.}} \cdot S_{\text{розп.}}^{\text{нарт.вант.}} \cdot q_y + \\ & + \sum_{j=1}^{n-1} (S_{\text{1км}}^{\text{II}} \cdot L_{\text{пер}}^{\text{II}} + t_{\text{розв.}} \cdot S_{\text{розв.}}^{\text{нарт.вант.}}) \cdot q_j \end{aligned} \quad (11)$$

Для всіх інших варіантів логістики для постачання ШПВ математичні моделі формуються за аналогічним принципом.

## Висновки

Розроблена структурна модель послідовної взаємодії учасників логістики для постачання швидкопсувних продуктів на маршрутах з України до Польщі, яка сформована з визначених учасників виконання відповідних операцій. Було сформовано три альтернативні варіанти логістики для постачан-

ня швидкопсувних продуктів за участю автомобільного транспорту різної вантажопідйомності та складів. В побудованих варіантах враховується можливість використання на території України для можливого об'єднання склади укрупнення, а на території Польщі склади розподілення. Розроблені складові математичних моделей логістики для постачання швидкопсувних продуктів за альтернативними трьома варіантами, в яких враховано специфіку виконання операцій на кожному етапі, а також особливості визначення собівартості та часу виконання робіт кожної операції ланцюга постачання.

В подальшому планується побудувати імітаційну модель логістики постачання швидкопсувних продуктів маршрутами Україна - Польща, за допомогою програмного середовища та визначити раціональний варіант при встановлених умовах.

### Література

- Shramenko, N. & Shramenko, V. (2020) Simulation model of the process of delivering small consignments in international traffic through the terminal system. *CEUR Workshop Proceedings*, 2711, 443-454.
- Товарна структура зовнішньої торгівлі України [Електронний ресурс]. Режим доступу : [https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/zd/tsztt/arh\\_tszt2\\_202\\_u.html](https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/zd/tsztt/arh_tszt2_202_u.html) (дата звернення 19.11.2022 р.)
- Giusti, R., Manerba, D., Bruno, G. & Tadei, R. (2019) Synchronodal logistics: An overview of critical success factors, enabling technologies, and open research issues. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129, 92-110.
- Dhawan, K., Tookey, J.E., GhaffarianHoseini, A. & Poshdar, M. (2023) Using Transport to Quantify the Impact of Vertical Integration on the Construction Supply Chain: A New Zealand Assessment. *Sustainability*, 15(2), 1298.
- Ersoy, P. & Tanyeri, M. (2021) Risk management tools in the road transportation industry with mediation and moderation analysis. *LogForum*, 17 (4), 555-567.
- Бережна, Н.Г. Проблеми транспортно-логістичного забезпечення в аграрній галузі. [Текст] / Н.Г. Бережна, О.С. Біляєва, В.А. Войтов, О.М. Горяїнов, М.В. Карнаух, А.Г. Кравцов, ... , Н.Ю. Шрамченко // Міськдрук. Монографія. 2019, 180 с.
- Волкова, Т.В. Удосконалення управління якістю доставки зерна автомобільним транспортом на території України [Текст] / Т.В. Волкова, О.В. Павленко// *Комуніальне господарство міст*. 2020. 154 (1). С. 216-222.
- Trojanowski, P., Trusz, A. & Stupin, B. (2022) Correlation Between Accidents on Selected Roads as Fundamental for Determining the Safety Level of Road Infrastructure. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Peraković, D. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing V*, Springer, 104-113.
- Kiyko, S., Druzhinin, E., Prokhorov, O., Ivanov, V., Haidabrus, B., & Grabis, J. (2020). Logistics control of the resources flow in energysaving projects: Case study for metallurgical industry. *Acta Logistica*, 7(1), 49-60.
- Shramenko, N., Muzylyov, D. & Shramenko, V. (2020) Model for choosing rational technology of containers transshipment in multimodal cargo delivery systems. In: *6th International Conference, "New technologies, development and application" NT-2020, Sarajevo*, 621-629.
- Музыльов, Д.О. Модель функціонування системи доставки насіння зернових культур у контейнерах з США до України [Текст] / Д.О. Музыльов, О.В. Павленко// *Комуніальне господарство міст*. 2022. 171 (4). С. 179-184.
- Gonzalez, C., Agrawal, V., Johansen, D. & Hooker, R. (2022) Green supply chain practices: The role of institutional pressure, market orientation, and managerial commitment, *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 100067.
- Knapčiková, L., Martiček, M., Husár, J. & Kašćak, J. (2022) Intelligent Monitoring of Loading and Unloading Process in Enterprise Transport System. In: Perakovic, D., Knapcikova, L. (eds) *Future Access Enablers for Ubiquitous and Intelligent Infrastructures. FABULOUS 2022. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, 445, 193-203.
- Zhang, Y., Diabat, A. & Zhang, Z.-H. (2021) Reliable closed-loop supply chain design problem under facility-type-dependent probabilistic disruptions, *Transportation Research Part B: Methodological*, 146, 180-209.
- Lin, X., Negenborn, R.R. & Lodewijks G. (2016) Towards Quality-aware Control of Perishable Goods in Synchronodal, *Transport Networks, IFAC-PapersOnLine*, 49(16), 132-137.
- Liang, X., Wang, N., Zhang, M. & Jiang, B. (2023) Bi-objective multi-period vehicle routing for perishable goods delivery considering customer satisfaction, *Expert Systems with Applications*, 220, 119712.
- Pavlenko, O., Muzylyov, D., Shramenko, N., Cagáňová, D. & Ivanov, V. (2023). Mathematical Modeling as a Tool for Selecting a Rational Logistical Route in Multimodal Transport Systems. In: Cagáňová, D., Hornáková, N. (eds) *Industry 4.0 Challenges in Smart Cities. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham.*, 23-37.

### References

- Shramenko, N. & Shramenko, V. (2020) Simulation model of the process of delivering small consignments in international traffic through the terminal system. *CEUR Workshop Proceedings*, 2711, 443-454.
- Commodity structure of the foreign trade of Ukraine. Retrieved from: [https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/zd/tsztt/arh\\_tszt2\\_202\\_u.html](https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/zd/tsztt/arh_tszt2_202_u.html)
- Giusti, R., Manerba, D., Bruno, G. & Tadei, R. (2019) Synchronodal logistics: An overview of critical success factors, enabling technologies, and open research issues. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 129, 92-110.
- Dhawan, K., Tookey, J.E., GhaffarianHoseini, A. & Poshdar, M. (2023) Using Transport to Quantify the Impact of Vertical Integration on the Construction Supply Chain: A New Zealand Assessment. *Sustainability*, 15(2), 1298.
- Ersoy, P. & Tanyeri, M. (2021) Risk management tools in the road transportation industry with mediation and moderation analysis. *LogForum*, 17 (4), 555-567.
- Berezhna, N., Bilyaeva, O., Voitov, V., Goryainov, O., Karnaukh, M., Kravtsov, A., ... Shramenko, N. (2019) Problems of transport and logistics support in the agricultural industry. *Cityprinting. Monograph*, 180.
- Pavlenko O. & Volkova T. (2020). Improvement of the grain delivery quality management by the Ukrainian territory. *Municipal economy of cities*, 154, 216-222.
- Trojanowski, P., Trusz, A. & Stupin, B. (2022) Correlation Between Accidents on Selected Roads as Fundamental for Determining the Safety Level of Road Infrastructure. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Peraković, D. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing V*, Springer, 104-113.



9. Kiyko, S., Druzhinin, E., Prokhorov, O., Ivanov, V., Haidabrus, B., & Grabis, J. (2020). Logistics control of the resources flow in energysaving projects: Case study for metallurgical industry. *Acta Logistica*, 7(1), 49-60.
10. Shramenko, N., Muzylyov, D. & Shramenko, V. (2020) Model for choosing rational technology of containers transshipment in multimodal cargo delivery systems. In: *6th International Conference, "New technologies, development and application" NT-2020, Sarajevo*, 621-629.
11. Pavlenko, O. & Muzylyov, D. (2022) Model of functioning cereals seed delivery system in containers from the USA to Ukraine. *Municipal economy of cities*, 171(4), 216-222.
12. Gonzalez, C., Agrawal, V., Johansen, D. & Hooker, R. (2022) Green supply chain practices: The role of institutional pressure, market orientation, and managerial commitment, *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 100067.
13. Knapčíková, L., Martiček, M., Husár, J. & Kaščák, J. (2022) Intelligent Monitoring of Loading and Unloading Process in Enterprise Transport System. In: Perakovic, D., Knapcikova, L. (eds) *Future Access Enablers for Ubiquitous and Intelligent Infrastructures. FABULOUS 2022. Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering*, 445, 193-203.
14. Zhang, Y., Diabat, A. & Zhang, Z.-H. (2021) Reliable closed-loop supply chain design problem under facility-type-dependent probabilistic disruptions, *Transportation Research Part B: Methodological*, 146, 180-209.
15. Lin, X., Negenborn, R.R. & Lodewijks G. (2016) Towards Quality-aware Control of Perishable Goods in Synchronoda, *Transport Networks, IFAC-PapersOnLine*, 49(16), 132-137.
16. Liang, X., Wang, N., Zhang, M. & Jiang, B. (2023) Bi-objective multi-period vehicle routing for perishable goods delivery considering customer satisfaction, *Expert Systems with Applications*, 220, 119712.
17. Pavlenko, O., Muzylyov, D., Shramenko, N., Cagánová, D. & Ivanov, V. (2023). Mathematical Modeling as a Tool for Selecting a Rational Logistical Route in Multimodal Transport Systems. In: Cagánová, D., Hornáková, N. (eds) *Industry 4.0 Challenges in Smart Cities. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham.*, 23-37.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.А. Войтов, Державний біотехнологічний університет, Харків;

**Автор:** ПАВЛЕНКО Олександр Вікторович  
кандидат технічних наук, доцент  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет  
E-mail – [ttpov@ukr.net](mailto:ttpov@ukr.net)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4237-4310>

**Автор:** МУЗИЛЬОВ Дмитро Олександрович  
кандидат технічних наук, доцент  
Державний біотехнологічний університет  
E-mail – [murza\\_1@ukr.net](mailto:murza_1@ukr.net)  
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8540-6987>

## SUSTAINABLE MODEL OF FUNCTIONING LOGISTICS FOR PERISHABLE GOODS SUPPLY THROUGH UKRAINIAN – POLAND ROUTES

O. Pavlenko<sup>1</sup>, D. Muzylyov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

<sup>2</sup>State Biotechnological University, Ukraine

*The paper highlights the current state and prospects for logistics development of perishable goods supply in international traffic, which made it possible to justify the study aim in this research. The chosen topic is quite relevant because developing supplies to European countries have a real perspective according to last tendencies in the international perishable goods market. This fact is additionally justified by increasing delivery volumes of milk and meat products, and animal fats every year. One of the directions for supply logistics cost reduction is an efficient use of transport resources (vehicles, warehouses). The scientific projects and their results have shown that a well-developed market for transport services with appropriate operators and infrastructure allows effective logistics implementation for perishable goods delivery in international traffic to costs reducing for all supply chain participants. A structural model has been designed for the sequential interaction of logistics participants during perishable goods supply on routes from Ukraine to Poland, which is formed from certain participants implementing relevant operations. The sequence is designed based on order analysis of transport enterprises by cargo order volumes, transportation distances, operations cost, operations time, as well as statistical data of corresponding parameters. Three alternative options for the logistics of perishable goods delivery were formed, using road transport with various load capacities and warehouses. The designed schemes consider opportunities for using a consolidation warehouse in Ukrainian territory for a possible combination of products and involving a perishable cargo distribution warehouse in Poland territory. The operation costs of relevant supply logistics variants are selected as a criterion for evaluating proposed solutions. These costs are affected by: operations cost; the volume of perishable goods batch; transportation distances; shippers (consignees) quantity; operation time parameters. The mathematical models' components for logistics of perishable goods supply have been designed according to alternative three options, considering performing operations specifics at each stage, as well as the peculiarities of cost and time determining for each operation performing in the supply chain.*

**Keywords:** sustainable model, sustainable logistics supply, perishable goods, international transportation.