

УДК 656.135.073.42:63

DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2022.1/43>**Грищук О.К.**

Національний транспортний університет

Петрик А.В.

Національний транспортний університет

Козлов А.К.

Національний транспортний університет

Бура О.М.

Національний транспортний університет

ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНО-ВИРОБНИЧИМИ ПРОЦЕСАМИ МІЖНАРОДНОГО СПРЯМУВАННЯ

У статті детально проаналізовано особливості транспортного обслуговування регіональних, експортних і транзитних вантажопотоків. Визначено перспективи формування інфраструктури транспортних мереж на прикладі функціонування митно-логістичних систем міжнародного спрямування. Розглянуто особливості виконання транспортно-виробничих процесів у цій галузі для наявних і перспективних технологій проведення логістико-орієнтованих операцій, визначено завдання щодо ресурсного забезпечення митно-логістичних систем наявних господарських структур.

Зазначено, що для забезпечення надійного перевезення об'єднаної експортної партії при випадковому попиті на транспортні послуги виникають помітні зміни експлуатаційних показників. Крім того, функціонування кожної транспортно-виробничої системи передбачає сукупність якісно визначених елементів, поміж якими існує закономірний зв'язок або взаємодія, що становлять її структуру.

Акцентовано увагу на тому, що зазначеним вимогам відповідають митно-логістичні системи, що сформовані як сукупність технічних засобів, інфраструктурних елементів матеріально-технічної бази та методів забезпечення доставки вантажів від постачальників до споживачів за визначені терміни з високою якістю й заданим економічним рівнем надання митно-логістичних послуг.

З використанням основних положень теорії оптимізації матеріальних ресурсів запропоновано методіку мінімізації транспортно-логістичних витрат на прикладі обслуговування транзитних та експортних зернових вантажопотоків. Розрахована залежність узагальненої вартості транспортно-логістичних послуг для обслуговування експортної партії зернових вантажів за умов дотримання відповідної продуктивності окремих інфраструктурних елементів транспортного терміналу.

Ключові слова: митно-логістичні системи, транспортно-виробничі процеси, пропускна здатність, транспортні вузли, технологічні характеристики, інфраструктурні елементи.

Постановка проблеми. В умовах скоординованого розвитку зовнішньоекономічних зв'язків і міжнародної торгівлі головними факторами успішного соціально-економічного зростання держави з метою забезпечення її конкурентоздатності на світовому ринку, стають інтенсифікація інноваційної діяльності виробничих структур та оптимальне використання національних ресурсів. Зазначена ситуація особливо стосується транспортної сфери як основи інтеграційних процесів світової економіки [1, с. 178]. Крім того, запровадження цифрових технологій дає змогу використовувати транспорт за більш ефективним і раціональним сценарієм роз-

витку. Виробничий потенціал транспортної системи України за умови її інтеграції в регіональну митно-логістичну мережу полягає передусім у створенні й формуванні відповідної інфраструктури для обслуговування транзитних та експортних вантажопотоків. Розвиток спеціалізованої діяльності транспортних вузлів вимагає модернізації існуючих і будівництва нових об'єктів транспортно-логістичної інфраструктури [2, с. 365]. А з урахуванням можливості формування регіональної логістичної мережі для обслуговування експортних і транзитних вантажопотоків першим кроком її створення має бути визначення оптимальних

технологічних характеристик інфраструктури транспортних вузлів у системі зазначених перевезень. У загальній стратегії розвитку транспортно-логістичних комплексів важливим є розрахунок оптимальних характеристик кожної зі складників окремого транспортного вузла [3, с. 81].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз публікацій щодо наукового дослідження транспортно-технологічних процесів у логістичних системах на прикладі перевезень зернових вантажів у міжнародному сполученні свідчить про відсутність тісного взаємозв'язку між умовами формування вантажоутворюючих масивів і технологіями обслуговування зазначених матеріальних потоків [4, с. 332]. Водночас системний аналіз проблеми оптимізації інфраструктурного забезпечення перевізних процесів міжнародного спрямування вимагає розгляду зазначених елементів як взаємопов'язаних суб'єктів господарської діяльності з урахуванням впливу навколишнього середовища під час виконання перевезень [5, с. 44]. Тобто для надійного й економічного митно-логістичного забезпечення зовнішньоторговельної діяльності окремих суб'єктів економіки актуальним є питання створення відповідної інфраструктури з використанням наявної матеріально-технічної бази транспортних систем [6, с. 408]. Формування кожної із зазначених систем передбачає створення відповідних математичних моделей для обґрунтування оптимальної сукупності якісно визначених елементів, поміж якими повинен існувати закономірний зв'язок або взаємодія, які становлять структуру самої системи [7, с. 67]. Таким вимогам відповідають транспортно-виробничі системи міжнародного спрямування, що сформовані як сукупність технічних засобів, інфраструктурних елементів, методів забезпечення перевізного процесу у визначені терміни та з високою якістю обслуговування [8, с. 218].

Виклад основного матеріалу. Від ефективності управління митно-логістичними системами залежать безпека держави, розвиток її економіки й людського потенціалу. Розроблення ефективної системи управління зазначеними транспортно-виробничими процесами сприятиме транскордонному співробітництву, збільшенню доходів державного та місцевих бюджетів, розвитку туризму і спрощенню інших форм законного руху осіб, послуг і товарів. Водночас митно-логістичні системи повинні бути закриті для всіх видів незаконної діяльності, що загрожують стабільності держави.

Інтегроване управління митно-логістичними системами – це скоординована діяльність компе-

тентних державних органів, спрямована на створення й підтримання балансу між забезпеченням належного рівня безпеки країни і збереженням відкритості її економіки для законного транскордонного співробітництва, а також для осіб, які подорожують.

У зв'язку зі збільшенням обсягів накопичення та доставки зернових вантажів, а відповідно і ускладненням завдань транспортного обслуговування, більш актуальним стає взаємоузгоджене використання інфраструктури різних видів транспорту. Тому ключовими напрямками діяльності спеціалізованих терміналів у транспортних вузлах є дотримання термінів накопичення та переробки експортних партій вантажів. Зважаючи на випадковий характер постачання вантажів на переробку й неможливість суттєвого збільшення добового обсягу робіт щодо обслуговування зернових вантажопотоків, транспортні вузли повинні розраховувати на необхідні потужності наявного складського господарства або мати можливість на припортовій залізничній станції тимчасово накопичувати необхідний обсяг вантажу. З використанням зазначених передумов процес експортного перевезення зерна розглядається як упорядкований набір послідовних технологічних операцій, коли кінцевий результат попередньої є вихідною умовою для виконання наступної. Окремі складники зазначеного процесу характеризуються відповідними показниками використання інфраструктури. Саме тому визначення інтегрованих показників обслуговування таких вантажопотоків дає змогу зробити висновок про ефективність функціонування відповідної транспортної системи в цілому.

Загальновідомо, що системи транспортного обслуговування функціонують і розвиваються за умов певної невизначеності. З упровадженням ринкових відносин досить важко, а іноді й неможливо дати точні значення певних параметрів математичної моделі особливо в умовах прогнозування розвитку транспортних процесів на майбутнє. А у випадках, Коли фактичні показники суттєво відрізняються від їх середнього значення, що взяті за основу при побудові математичних моделей і визначенні оптимальних планів, існують певні ризики в прийнятті управлінських рішень. Тому митно-логістичне обслуговування експортних вантажопотоків може розглядатися як довільна система, призначена для виконання поставлених завдань. У такому випадку процес формування інфраструктури транспортних систем моделюється як сукупність дій, підпорядкованих досягненню визначеної мети (рис. 1).

За таких обставин, коли відомі числові характеристики математичного розподілу відповідних параметрів окремої транспортної системи, для обґрунтування комплексу організаційних заходів щодо формування інфраструктурного забезпечення перевезень доцільно використовувати методи стохастичного програмування.

Головною метою використання стохастичних моделей і методів для оптимізації виробничого процесу в транспортних системах є врахування всього діапазону зміни можливих значень інфраструктурних параметрів. Причини такої поведінки вхідної інформації в економіко-математичних моделях транспортного спрямування пояснюються як розподілом сільськогосподарських вантажопотоків в просторі та часі, так і технічним станом окремих елементів системи, а також впливом погодно-кліматичних умов на характеристики перевізного процесу в агропромисловому комплексі. Практичне застосування стохастичних

моделей у процесі формування інфраструктури транспортних систем для обслуговування зернових вантажопотоків дає змогу не лише забезпечити відповідну достовірність і визначену точність поточних розрахунків, а й вирішити низку виробничих завдань, розв'язання яких із застосуванням лише детермінованих моделей стає практично неможливим.

Прийняття рішень за результатами аналізу випадкового характеру перевізних процесів в інтегрованих транспортно-виробничих системах істотно залежить від цільових засад та інформаційної структури математичних моделей. Тому завдання раціонального розподілу матеріальних ресурсів у термінах стохастичного програмування формулюється як визначення вектора $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, за умови якого результати функції, крім керованих параметрів X , залежать ще й від деяких випадкових величин $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$, для компонент яких вибрана функція може бути оптимізована

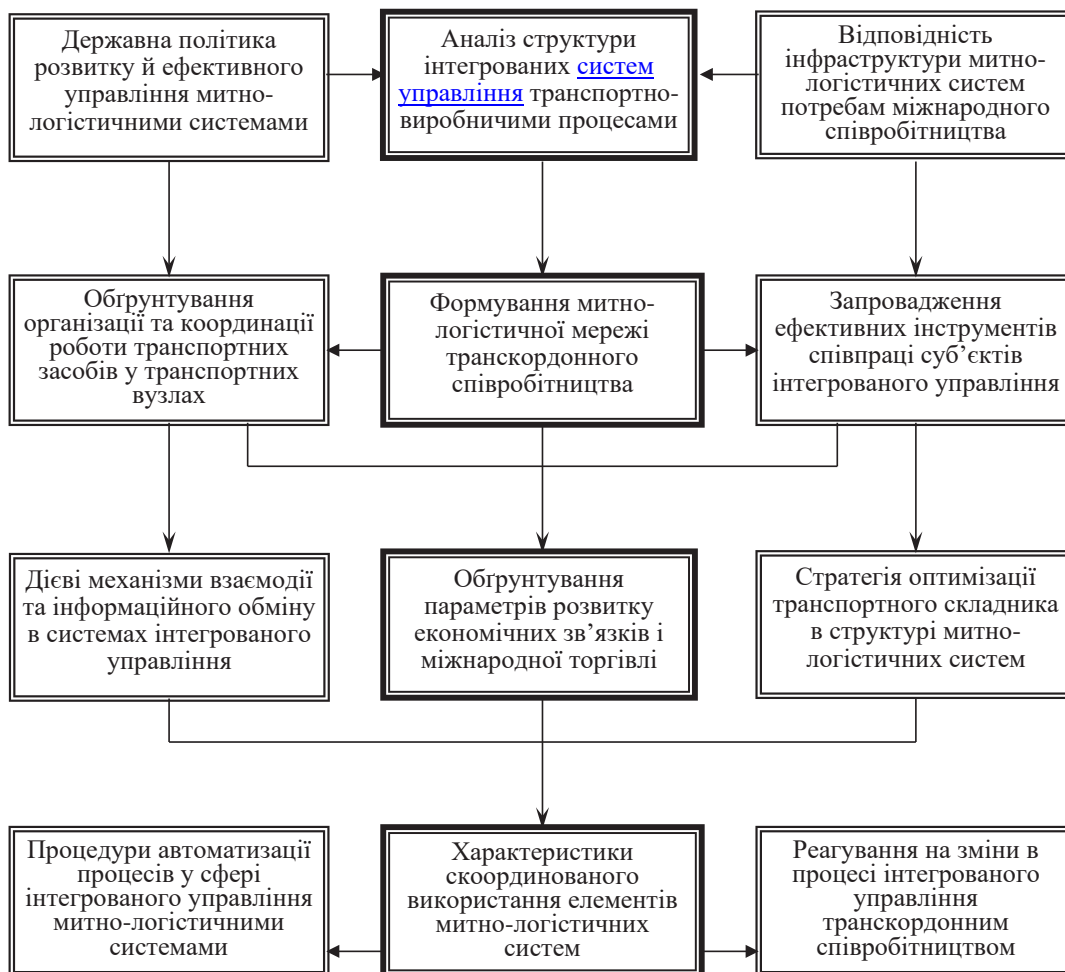


Рис. 1. Формування інфраструктури митно-логістичних систем для комплексного обслуговування вантажопотоків міжнародного спрямування

як $\max(\min) F = f(X, \omega)$. Залежно від можливості отримання та врахування інформації стосовно стохастичності функцій $f(X, \omega)$, $q_i(X, \omega)$ умовою постановки завдання математичного програмування має бути наявність відповідних параметрів цільової функції та детермінованих обмежень.

Ураховуючи, що $\bar{Q}_i(X)$ нормально розподілена випадкова величина, зазначені обмеження з використанням функції нормального закону розподілу можна записати таким математичним виразом:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i(X)} \int_{-\infty}^0 \exp\left\{-\frac{(\xi - \bar{\Delta}_i)^2}{2\sigma_i^2(X)}\right\} d\xi \geq p_i, \quad (i = \overline{1, m}). \quad (1)$$

Для зручності використання запропонованих економіко-математичних моделей позначимо $\Phi(T) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^T e^{-\frac{\xi^2}{2}} d\xi$. Тоді нерівність (1) можна звести до компактного вигляду:

$$\Phi\left(-\frac{\bar{\Delta}_i(X)}{\sigma_i(X)}\right) \geq p_i, \quad \text{звідки } \bar{\Delta}_i(X) + \Phi^{-1}(p_i)\sigma_i(X) \leq 0 \quad (2)$$

За умови використання в математичній залежності (2) числових значень різниць $\bar{Q}_i(X)$ матриці $A(\omega)$ і вектора $B(\omega)$ та середньоквадратичного відхилення $\sigma_i(X)$ отримаємо нерівність:

$$\Phi^{-1}(p_i) \sqrt{\sum_{j=1}^n \sigma_{ij}^2 x_j^2 + \theta_i^2} \leq \bar{b}_i - \sum_{j=1}^n \bar{a}_{ij} x_j, \quad (i = \overline{1, m}) \quad (3)$$

У такому випадку початкову стохастичну задачу транспортного обслуговування зернових вантажопотоків зведено до детермінованого аналогу з лінійною цільовою функцією та нелінійними обмеженнями (3):

$$\min F = \sum_{j=1}^n \bar{c}_j x_j \quad (4)$$

Важлива перевага використання математичних моделей стохастичного програмування полягає в можливості застосування основних теоретичних положень для створення оперативних і перспективних планів розвитку транспортних систем. Розробка стратегії розвитку інфраструктурного забезпечення вимагає врахування не тільки всіх можливих значень факторів ω , що впливають, а й перспективи траскторії розвитку транспортної сис-

теми. У такому випадку відбувається послідовний процес вибору кінцевого рішення із застосуванням багатоетапних моделей стохастичного програмування. Водночас запропонована методика математичного моделювання процесу обслуговування вантажопотоків дає змогу враховувати випадковий характер числових значень окремих інфраструктурних елементів інтегрованої системи.

З урахуванням зазначених теоретичних положень, для прикладу параметра з явно вираженим випадковим характером у транспортно-виробничій системі міжнародного спрямування була вибрана випадкова величина продуктивності припортового зернового терміналу D . Числове значення продуктивності D має випадковий характер, а щільність його розподілу в загальному випадку може бути описана нормальним законом:

$$f(D) = \frac{1}{\sigma_D \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(m_D - D)^2}{2\sigma_D^2}}, \quad (5)$$

де m_D, σ_D – відповідно математичне очікування та середньоквадратичне відхилення параметра D .

Застосування запропонованого розподілу дає змогу визначити ймовірність забезпечення планової продуктивності зернового терміналу $p(D)$ як випадкової величини. З огляду на зазначені теоретичні передумови, обґрунтовано значення розрахункової місткості митно-ліцензійних складів як функцію зміни добової продуктивності зернового терміналу D за умови значення коефіцієнта варіації $v_D = 20\%$ (таблиця 1).

Проведені розрахунки переконливо доводять необхідність застосування в транспортно-технологічному процесі експорту зернових проміжних пунктів накопичення та зберігання зазначених вантажів. А підвищення надійності функціонування $p(D)$ зернового терміналу з обробки залізничних вагонів вимагає збільшення місткості M митно-ліцензійних складських приміщень. Так, зміна показника $p(D)$ в межах від 0,70 до 0,95 на прикладі функціонування Одеського морського торговельного порту потребує додаткових вільних міст-

Таблиця 1

Розрахункові значення корисної місткості митного терміналу припортової залізничної станції, т

Імовірність досягнення проектної продуктивності $p(D)$	Добова проектна продуктивність D митного припортового терміналу з обробки зернових вантажопотоків, т								
	1800	2100	2400	2700	3000	3300	3600	3900	4200
0,50	54	186	318	447	576	708	840	969	1098
0,70	138	279	420	567	714	858	1002	1146	1290
0,75	162	309	456	603	750	897	1044	1194	1344
0,80	186	339	492	645	798	948	1098	1251	1404
0,85	216	375	534	690	846	1005	1164	1320	1476
0,90	258	416	582	741	900	1071	1242	1404	1566
0,95	318	489	660	837	1014	1185	1356	1530	1704

костей M зазначених складських приміщень від 3,0 тис. т для значення $D = 30$ ваг./добу до 6,9 тис. т для значення $D = 70$ ваг./добу. Визначена тенденція пояснюється перерозподілом обсягів перевезення за транспортними схемами постачання.

Висновки. Підвищення ймовірності забезпечення проектної продуктивності $p(D)$ призводить до збільшення обсягів перевезення вантажів в об'єднаній експортній партії, що переміщуються з використанням інфраструктурних елементів попереднього накопичення зерна. Диференційований аналіз надійності обслуговування зернових вантажопотоків виявив необхідність диверсифікації наявних маршрутів і використання наявної інфраструктури транспортних систем. А подальший розвиток спектру перевізних послуг, збільшення пропускної здатності транспортних вузлів і покращення економічності перевезень сприяє подальшому розвитку експортних і транзитних

перевезень зернових вантажів. Оскільки морські торговельні порти України є природними транспортними вузлами в маршрутній мережі, то вирішальними факторами ефективного використання окремих інфраструктурних елементів у більшості випадків може бути надання не тільки перевізних, але й логістичних послуг.

У процесі проведення розрахунків були отримані результати для визначення оптимальних технологічних характеристик інфраструктури, які з урахування особливостей функціонування транспортних вузлів дозволяють цілеспрямовано знаходити шляхи підвищення ефективності роботи всієї митно-логістичної системи. Практичну цінність роботи становлять методологія оцінки впливу випадкового характеру технологічних факторів на особливості виконання процесу перевезення зернової продукції й рекомендації щодо шляхів підвищення ефективності функціонування транспортних систем.

Список літератури:

1. Danchuk V., Bakulich O., Svatko V. Identifying optimal location and necessary quantity of warehouses in logistic system using a radiation therapy method. *Transport*. 2019. Vol. 34. № 2. P. 175–186.
2. Finding an optimal location of line facility using evolutionary algorithm and integer program / T. Tajji, S-I. Tanigawa, N. Kamiyama, N. Katoh, A. Takizawa. *Journal of Computational Science and Technology*. 2008. № 2 (3). P. 362–370.
3. Prokudin G., Remekh K., Maidanyk K. The efficiency of the runsystem application in international freight transportation. *Politechnika Rzeszowska*. 2017. № 10. P. 79–86.
4. Sonmez A.D., Lim G.J. A decomposition approach for facility location and relocation problem with uncertain number of future facilities, *European Journal of Operational Research*. 2012. Vol. 218. № 2. P. 327–338.
5. The model to optimize deliveries of perishable food products in supply chains / T. Vorkut, L. Volynets, O. Bilonog, O. Sopotsko, I. Levchenko. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. № 5. P. 43–50.
6. Crainic T., Perboli G., Rosano M. Simulation of intermodal freight transportation systems: a taxonomy. *European Journal of Operational Research*. 2018. Vol. 270. № 2. P. 401–418.
7. Implementation of innovative technology for evaluating high-speed rail passenger transportation / I. Kulbovskiy, O. Bakalinsky, O. Sorochynska, V. Kharuta, H. Holub, P. Skok. *EUREKA: Physics and Engineering*. 2019. № 6. P. 63–72.
8. Ritzinger U., Puchinger J., Hartl R. A survey on dynamic and stochastic vehicle routing problems, *International Journal of Production Research*. 2015. Vol. 54. № 1. P. 215–231.

Gryshchuk O.K., Petryk A.V., Kozlov A.K., Bura O.M. PRINCIPLES OF CONSTRUCTION OF INTEGRATED SYSTEMS OF MANAGEMENT OF TRANSPORT AND PRODUCTION PROCESSES OF INTERNATIONAL DIRECTION

The article analyzes in detail the features of transport services of regional, export and transit cargo flows. Prospects for the formation of transport network infrastructure are identified on the example of the functioning of customs and logistics systems of international orientation. The peculiarities of the implementation of transport and production processes in this area for existing and promising technologies for logistics-oriented operations are considered, the tasks for resource provision of customs and logistics systems of existing economic structures are identified. It is noted that in order to ensure reliable transportation of the combined export party in case of accidental demand for transport services, there are significant changes in performance. In addition, the functioning of each transport and production system involves a set of qualitatively defined elements, between which there is a natural connection or interaction that constitutes its structure. Emphasis is placed on the fact that these requirements are met by customs and logistics systems, formed as a set of technical means, infrastructure elements of material and technical base and methods of ensuring delivery of goods from

suppliers to consumers in a timely manner with high quality and economic level of customs and logistics services. Using the basic provisions of the theory of optimization of material resources, a method of minimizing transport and logistics costs is proposed on the example of servicing transit and export grain cargo flows. The dependence of the generalized cost of transport and logistics services for servicing the export consignment of grain cargoes is calculated under the conditions of observance of the corresponding productivity of separate infrastructural elements of the transport terminal.

Key words: *customs and logistics systems, transport and production processes, capacity, transport nodes, technological characteristics, infrastructure elements.*