УДК 656.135.073

О.В. ШАРКО, А.В. БУКЕТОВ, К.М. КЛЕВЦОВ,
О.О. САПРОНОВ, В.В. СОЦЕНКО
Херсонська державна морська академія
М.К. КЛЕВЦОВ
Херсонський національний технічний університет

СТРУКТУРИЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ТРАНСПОРТНОЇ ЛОГІСТИКИ

Наведено системний підхід інтеграції аналізу, синтезу та розгляду різних сторін логістичної транспортної системи з можливістю перебудови на зміну функціонування. Встановлено, що системний підхід у транспортній логістиці є методологією наукового пізнання, в основі якої лежить розгляд об'єктів, що переміщаються, як систем, що володіють своїми властивостями й відносинами. Використання системного підходу транспортної логістики передбачає взаємодію із системами, які складаються зі структурованих і функціонально організованих елементів. Виконана формалізація логістичної транспортної системи, її структури та властивостей. Виявлено чинники, параметри та сукупності показників, що характеризують логістичні зміни у транспортних системах. Розроблено структуризацію інформації для системного аналізу транспортної логістики, особливістю якої є одночасне завдання станів і ситуацій, що визначаються зовнішніми умовами функціонування транспортних систем. Показано перспективність використання інструментів системного аналізу для оперативного доступу до інформації щодо будь-якого елементу транспортної логістики та динаміки процесів перевезень. Застосування системного аналізу для вивчення завдань транспортної логістики зумовлюється взаємозалежністю логістичних і математичних моделей та зв'язків між цілями, альтернативними засобами їх досягнення, навколишнім середовищем і ресурсами. Спочатку фіксуються тільки видимі структури, а потім шляхом аналізу та перетворення логістичної системи виявляються приховані структури, за якими слідує нова якість системи. Розглянуто завдання логістики як сукупності єдиних уявлень про структурні зміни процесу управління за умов невизначеності. Системні методи розрахунку з елементами дискретної математики дозволяють описати стан системи в динаміці та знайти раціональні управлінські рішення. Показано, що керування транспортними перевезеннями, яке засноване на принципах системного аналізу під час формування керування складними системами, може виявити низку якісно нових ідей, які можуть суттєво підвищити ефективність перевезень.

Ключові слова: *інформація, транспортна логістика, показники, система, структуризація, транспортні перевезення.*

O.V. SHARKO, A.V. BUKETOV, K.M. KLEVTSOV,
O.O. SAPRONOV, V.V. SOTSENKO
Kherson State Maritime Academy
M.K. KLEVTSOV
Kherson National Technical University

STRUCTURING INFORMATION FOR SYSTEM ANALYSIS OF TRANSPORT LOGISTICS

The article presents a system approach to integrating analysis, synthesis and consideration of various aspects of the logistics transport system with the possibility of restructuring to change the functioning. It is established that the system approach in transport logistics is a methodology of scientific knowledge based on the consideration of moving objects as systems with their own properties and relationships. The use of the system approach to transport logistics involves interaction with systems consisting of structured and functionally organized elements. The formalization of the logistics transport system, its structure and properties is performed. Factors, parameters and sets of indicators characterizing logistics changes in transport systems are identified. The structuring of information for the system analysis of transport logistics has been developed, the peculiarity of which is the simultaneous assignment of states and situations determined by the external conditions of the functioning of transport systems. The prospects of using system analysis tools for operational access to information related to any element of transport logistics and the dynamics of transportation processes are shown. The use of systems analysis to study the problems of transport logistics is due to the interdependence of logistic and mathematical models and connections between goals, alternative means of achieving them, the environment and resources. At first, only visible structures are recorded, and then, by analyzing and transforming the logistic system, hidden structures are revealed, followed by a new quality of the system. The problems of logistics are considered as a set of unified ideas about structural changes in the management process under uncertainty. System calculation methods with elements of discrete mathematics allow us to describe the state of the system in dynamics and find rational management solutions. It is shown that transport management based on the principles of systems analysis in the formation of complex systems management can reveal a number of qualitatively new ideas that can significantly improve the efficiency of transportation.

Key words: *information, transport logistics, indicators, system, structuring, transportation.*

https://doi.org/10.32782/mathematical-modelling/2025-8-1-26

Постановка проблеми

Транспортна логістика, згідно із загальноприйнятими положеннями, – це вид переміщення вантажопотоків у встановлений термін з мінімальною вартістю. Проблема керування транспортними перевезеннями ототожнюється з ухваленням рішень за умов досить глибокої невизначеності. Природа такої невизначеності пов'язана з тим, що динаміка перевезень породжується внутрішніми стохастичними процесами, фіксуються лише їхні зовнішні прояви. Для її вивчення може бути використаний системний підхід, заснований на інтеграції аналізу, синтезу та розгляду різних сторін транспортної логістичної системи та змін, що відбуваються в ній, з необхідністю вибору науково обґрунтованих інструментів, що дозволяють системі перебудовуватися відповідно до змін ситуації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Для своєчасного ухвалення компетентного керівного рішення необхідно мати оперативний доступ до інформації щодо будь-якого елементу структури транспортної логістики, а також мати можливість простежити динаміку процесів перевезень, що характеризується великою кількістю показників [1]. Методичний фонд накопичення необхідної та достовірної інформації ґрунтується на принципах системного аналізу [2]. Системний аналіз у транспортній логістиці – сукупність методів і засобів вироблення рішень з управління процесами перевезень, що розглядає завдання логістики та їхній взаємозв'язок як єдине ціле [3]. Важливою відмінністю системних досліджень транспортної логістики є міждисциплінарний характер, заснований на принципах ізоморфізму – перенесення законів і методів досліджень з одних областей наукових досліджень до інших [4; 5]. Системний аналіз необхідний для своєчасного виявлення труднощів і перешкод у забезпеченні транспортних сполучень [6].

Актуальність проблеми керування транспортною логістикою зумовлюється необхідністю проведення заходів щодо розроблення методології керування транспортними перевезеннями в умовах змін довкілля.

Мета дослідження

Метою дослідження є структуризація інформації для системного аналізу транспортної логістики.

Мета дослідження виявила такі завдання, як: формалізація логістичної транспортної системи, її структури та властивостей; виявлення чинників, параметрів і сукупностей показників, що характеризують логістичні зміни у транспортних системах; координація взаємодій.

Виклад основного матеріалу

Системний підхід у транспортній логістиці є методологією наукового пізнання, в основі якої лежить розгляд об'єктів, що переміщаються як системи, що володіють своїми властивостями й відносинами. Системний підхід дозволяє побачити об'єкт, що вивчається, як комплекс взаємопов'язаних підсистем, об'єднаних загальною метою. Системний підхід передбачає послідовний перехід від загального до часткового, коли в основі розгляду лежить конкретна мета, для досягнення якої створюється логістична система. Використання системного підходу у транспортній логістиці передбачає взаємодію із системами, які складаються зі структурованих і функціонально організованих елементів. Застосування системного аналізу для вивчення завдань транспортної логістики зумовлюється взаємозалежністю логістичних і математичних моделей та зв'язків між цілями, альтернативними засобами їх досягнення, навколишнім середовищем і ресурсами. Спочатку фіксуються тільки видимі структури, а потім шляхом аналізу та перетворення логістичної системи виявляються приховані структури, за якими слідує нова якість системи.

Вирішальним правилом вибору системного аналізу як методу дослідження завдань транспортної логістики стала можливість перетворення важких логістичних проблем на

https://doi.org/10.32782/mathematical-modelling/2025-8-1-26

серію завдань, які мають метод рішення. Системний підхід пов'язаний з виділенням системи транспортних перевезень із довкілля та визначенням сукупності послідовних логічних кроків, розглядом проблеми управління транспортними перевезеннями в умовах змін довкілля.

Для реалізації цих принципів виділяється окремо транспортна система *S*, підсистема, яка керує всіма перевезеннями й виробляє управління *U*. Для розроблення послідовності операцій управління транспортними перевезеннями потрібна модель транспортної логістики, на підставі якої визначаються дії, які необхідно виробити для їх подачі на вхід системи.

Класифікація систем транспортних перевезень визначається через основні види їхніх взаємодій, які утворюють під час управління з одного центру загальну ієрархічну структуру функціонування підсистеми.

Формалізація логістичної транспортної системи, її структури та властивостей

Процес управління транспортною логістикою піддається впливу внутрішніх і зовнішніх чинників, які характеризуються трьома векторами:

– вектором станів входів системи, які є керованими об'єктами транспортних перевезень:

$$X(t)=\{X_1, X_2,..., X_n\};$$

– вектором станів виходів системи, які є результуючими змінами у транспортній системі, після введення в неї керівного впливу:

$$Y(t)=\{Y_1, Y_2,..., Y_m\};$$

– вектором внутрішніх станів транспортної системи, які являють собою організаційні характеристики та параметри використовуваної схеми транспортних перевезень:

$$S(t)=\{S_1, S_2,..., S_k\}.$$

Тоді залежність вихідних величин від стану входів і внутрішніх станів системи можна записати так:

$$Y(t)=F(X(t), S(t)),$$

де *F* – оператор перетворення функціональних параметрів системи, який може мати вигляд логічної, алгебраїчної, диференціальної, інтегральної та інших операцій перетворення координат векторів *X(t), S(t)* на координати вектора *Y(t)*.

Позначивши через *Z*(*t*) зовнішні впливи навколишнього середовища, які змінюють стабільність ситуації, увесь процес управління транспортними перевезеннями можна виразити схемою (рис. 1). У цьому внутрішня стійкість транспортної системи *S* буде змінюватися, тобто транспортна система, що піддалася впливу *Z*(*t*), трансформується та розвивається. У результаті роботи транспортна система *S* впливає на довкілля, що являє собою можливі конкуруючі альтернативні варіанти перевезень, реакція якої зумовлює необхідність зміни вхідних сигналів *X*. Отже, виникають замкнуті петлі зворотного зв'язку.

https://doi.org/10.32782/mathematical-modelling/2025-8-1-26

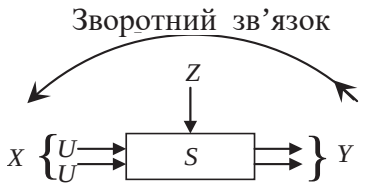

Рис. 1. Загальна схема керування транспортною логістикою

Кінцевою метою ухвалення рішень в умовах невизначеності впливу зовнішнього середовища на можливості здійснення транспортних перевезень є вибір із допустимої множини рішень щодо управління об'єктами транспортних перевезень X єдиного найкращого x^*, тобто екстремального за вибраними критеріями $k_i(x)$:

$$x^* = \arg \operatorname{extr} \{k_i(x)\}, \quad i = 1 \ldots n.$$

Змістове значення множини X включає визначення переліку значущих характеристик x:

$$X = (x_1, x_2 \ldots x_n).$$

Якщо завдання однокритеріальне, тобто $n = 1$, то маємо єдине рішення, якщо $n > 1$, завдання є багатокритеріальним.

У формуванні інформаційної бази транспортних перевезень необхідно, з одного боку, урахувати всі деталі й особливості аналізованого завдання, з іншого – намагатися організувати побудову системи управління таким чином, щоб для її здійснення можна було б використовувати апробований математичний апарат. Корисним інструментом для вирішення завдань керування транспортними перевезеннями є системний аналіз.

Виявлення чинників, параметрів і сукупностей показників, що характеризують логістичні зміни у транспортних системах

Структура інформаційної моделі транспортної логістики може бути представлена за допомогою графа, у вузлах якого розміщуються джерела та споживачі інформації. Граф – це топологічна модель, яка дозволяє структурувати завдання, що ґрунтуються на пріоритетах, для яких задано правило інцидентності, що пов'язує кожне ребро з вершинами.

Вершини графа відповідають елементам множин. Якщо кожному його ребру вибрати напрямки, такий граф буде орієнтованим.

Якщо ігнорувати напрямки дуг в орієнтованому графі, отримуємо відповідний неорієнтований граф. Неорієнтований граф наведено на рис. 2.

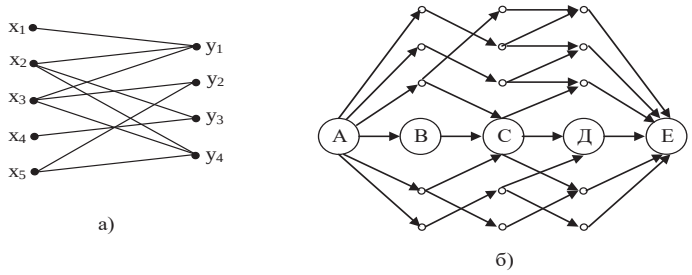

Рис. 2. Неорієнтований (а) і орієнтований (б) графи транспортних перевезень

https://doi.org/10.32782/mathematical-modelling/2025-8-1-26

Що стосується транспортної логістики, орієнтований граф представлений схемою рис. 2. (б), де через *A* позначено множину можливих альтернативних маршрутів, через *B* – множину пунктів перевалки вантажів, через *C* – множину ресурсних обмежень, *D* – множину альтернативних сценаріїв розвитку, *E* – множину результатів.

Результати взаємодії зовнішніх і внутрішніх чинників транспортної системи проявляються як події, що становлять процеси розвитку транспортних перевезень. У загальному вигляді розвиток транспортних перевезень можна уявити орієнтованим мультиграфом S

$$W^{p} : V_{\gamma}^{p} \times X_{\alpha} \to \bigcup_{k=1}^{\alpha} X_{\alpha}^{p_k},$$

де W^{p} – область керівних впливів.

Наявні ресурси Z_{β} також мають межі використання. Значення Z_{β}^{1} відповідає наявному ресурсному забезпеченню, значення Z_{β}^{ψ} – його граничному значенню. Тут індекс *y* відповідає початку критичної ситуації, а Z_{β}^{g} – її завершенню.

Координація взаємодій

Вирішення завдань координації взаємодій усіх учасників процесів перевезень починається з найвищого рівня системи та закінчується досягненням такого стану, коли інтереси всіх компонентів системи будуть узгоджені. Характерною рисою таких організаційних систем є наявність якісної інформації про параметри $x = (x_1 ... x_n)$ та характеристики $y = (y_1 ... y_m)$ системи, представленої як математична модель:

$$\begin{cases} y_1 = y_1(x_1 ... x_n) \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots . \\ y_m = y_m(x_1 ... x_n) \end{cases}$$

У цьому виразі враховуються параметри, що змінюються, область допустимих рішень, критерії оптимальності й методи вибору раціонального рішення.

Ситуації розвитку транспортної логістики за невизначеності впливу довкілля недоступні безпосередньому спостереженню та потребують діагностики, залежно від станів:

– траєкторія, яка описує ситуацію системи, відома та суворо визначена. Символічно це можна позначити так:

$$<x_0(t), y_0(t)> = <x_0(t) = <u_0(t), v_0(t)> y_0(t)>,$$

де $v_0(t)$ – процеси, що протікають на некерованих входах;

– траєкторія, яка описує ситуацію, потребує корегування у процесі управління, наприклад уведенням зворотного зв'язку, де різниця $y(t) - y0(t)$ визначає регулівну дію;

– траєкторія, яка описує ситуацію, не може бути задана, доки не перетне цільову область *Y**.

Отже, визначається координація взаємодій елементів транспортних перевезень. Ураховуються лише допустимі значення, що відповідають характеристикам у вигляді обмежень:

$$a_j \le x_j \le b_j, \; j = \overline{1, n},$$

$$y_i^{-} \le y_i(x) \le y_i^{+}, \; i = \overline{1, m},$$

https://doi.org/10.32782/mathematical-modelling/2025-8-1-26

де a_j і b_j – фіксовані значення того параметра, що характеризує область його допустимих значень, y_i^- та y_i^+ – обмеження на значення вимог, що накладаються на i – ту характеристику.

Загалом область D допустимих рішень, що задовольняють цій системі обмежень, може бути представлена такою множиною:

$$D = \{x | g_k(x) \geq 0 \,,\ k = \overline{1,k} \,.$$

Для оцінювання відносної важливості одного допустимого рішення $x^k \in D$ порівняно з іншим допустимим рішенням $x^l \in D$ уведемо частковий критерій оптимальності $Q_i(x)$, $i = \overline{1,N}$, який дозволяє вважати, що рішення x^k не менш переважно, ніж рішення x^l, якщо дотримується співвідношення:

$$x^k > x^l \Leftrightarrow Q_i(\overline{x^k}) \leq Q_i(x^l) \,,$$

де $Q_i(x)$ – чисельна оцінка рішення відповідно до часткового критерію оптимальності Q_i.

Тоді математична модель ухвалення рішень зводиться до:

$$Q_i^* = Q_i(x^*) = \min_{x \in D} Q_i(x) \,.$$

За наявності кількох часткових критеріїв оптимальності $Q_i(x)$, $i = \overline{1,N}$ особа, яка ухвалює рішення, має обрати допустиме рішення $x \in D$, що забезпечує найменше значення N усіх часткових критеріїв, тобто математична модель ухвалення рішень зводиться до задачі багатокритеріальної векторної оптимізації:

$$\min_{x \in D} Q_1(x), \min_{x \in D} Q_2(x), ..., \min_{x \in D} Q_N(x) \,.$$

Керівні альтернативи вибираються залежно від ситуації. Апріорні уявлення про перевагу своїх дій виражаються за допомогою функції $w^g(y,s,x)$. Вона залежить від стану $s \in S$ та ситуації $x \in X$. Така функція є функцією корисності w^g. Вона представляє апріорні переваги на керівних альтернативах $y \in Y$ відповідно до умови:

$$y' \succ y \Leftrightarrow w^g(y',s,x) > w^g(y,s,x) \,.$$

Функція корисності може бути основою визначення сенсу та структури необхідного критерію.

Отже, виражається початкова структуризація формалізації ситуаційного управління.

Еволюція об’єкта інтересів здійснення транспортних перевезень за умов невизначеності впливу навколишнього оточення описується процесом у просторі станів S. Для оцінювання структури інтересів користувача встановлено множину ситуацій X, які є кількісними характеристиками ставлення суб’єкта до стану. Ситуації потребують діагностики та вибору об’єктів управління із множині X. Задано обмеження $X_S \subset X$ на допустимість альтернатив діагностики залежно від стану $s \subset S$. Керівні впливи визначаються перехідною функцією керованого процесу, позначеною як $q^g(S|S \times Y)$. Задано множину керівних альтернатив і обмеження.

https://doi.org/10.32782/mathematical-modelling/2025-8-1-26

Структура інтересів вибирається із множини даних структурних альтернатив G. Структурна альтернатива може або вибиратися послідовно за $n = 1, 2, \ldots$, тоді вона є тактичною, або залишатись постійною в часі, тоді вона є стратегічною.

Особливість такої інформаційної структури полягає в тому, що в її складі передбачається одночасне завдання станів і ситуацій, які, будучи якісними характеристиками, недоступні безпосередньому спостереженню та потребують діагностики. У цих умовах закономірність динаміки ситуацій апріорі може бути задана, тому постулати ухвалення рішень передбачають завдання лише закономірностей динаміки станів, які визначаються перехідною функцією. У такому разі апріорна інформація мінімальна.

Формування математичної моделі ухвалення рішень має будуватися на основі моделювання альтернативності технологічного розвитку транспортних перевезень з урахуванням ресурсних і фінансових обмежень та визначення векторного критерію оптимальності цільових функцій.

Етап виділення необхідних властивостей системи є важливим, тобто набір властивостей визначається як ступінь відповідності мети, потенційна ефективність системи. Цей набір може бути обмеженим, тобто варто враховувати лише найважливіші, визначальні властивості, із другого боку, досить повно характеризувати систему та її можливості. Визначення такого компромісу є досить складним завданням через розмаїтість показників.

Математичні та логістичні моделі, які призначені для використання процесів перевезення вантажів у мультимодальних транспортних системах, належать до класу статистичних. Це не дозволяє явно оцінити динамічні властивості систем і адаптуватися до змін зовнішнього середовища. Особливість моделювання таких систем полягає в побудові послідовності транспортних операцій, сукупність яких задовольняє вибраним критеріям.

Висновки

1. Розроблено структуризацію інформації для системного аналізу транспортної логістики, особливістю якої є одночасне завдання станів і ситуацій, що визначаються зовнішніми умовами функціонування транспортних систем.

2. Розглянута методологія показує етапи просування та розвитку транспортної логістичної системи. Щоби транспортна логістика працювала максимально ефективно, необхідне впровадження інструментів відстеження вантажоперевезень у реальному часі.

3. Управління транспортними перевезеннями, яке засноване на принципах формування управління складними системами, може виявити низку якісно нових ідей, які можуть суттєво підвищити ефективність перевезень.

Список використаної літератури

1. Ачкасова Л.М. Місце і роль транспортної логістики у загальній логістичній схемі. *Економіка транспортного комплексу.* 2017. Вип. 30. С. 77–86. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ektk_2017_30_10.
2. Ходоскіна О.А., Анасовіч В.Д., Хількевич А.І. Роль транспортної логістики у діяльності промислового підприємства. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2019. № 2 (80). С. 49–58 URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vdnuzt_2019_2_7.
3. Кіркін А.П., Кіркін В.І., Кіркіна Т.Ю. Нові аналітичні методи управління транспортними потоками на базі системних досліджень у логістиці. *Вісник Приазовського державного технічного університету.* Серія «Технічні науки» : збірник наукових праць, 2017. Вип. 34. С. 209–216. https://doi.org/10.31498/2225-6733.34.2017.105930.
4. Шарко М.В. Управління розвитком інновацій у промисловому виробництві : монографія. Херсон : ХНТУ, 2009. 459 с.

https://doi.org/10.32782/mathematical-modelling/2025-8-1-26

5. Li L., Zheng Z. Construction of Logistics Distribution Information Sharing Platform Based on Internet of Things Technology. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*. 2022. № 134, pp. 387–397. DOI: 10.1007/978-3-031-04812-8_33.
6. Fahim P.B.M., An R., Rezaei J., Pang Y., Montreuil B., Tavasszy L. An information architecture to enable track-and-trace capability in Physical Internet ports. *Computers in Industry.* 2021. № 129. Art. 103443. https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103443.

References

1. Achkasova, L.M. (2017). Mistse i rol transportnoi lohistyky u zahalnii lohistychnii skhemi [The place and role of transport logistics in the general logistics scheme]. *Ekonomika transportnoho kompleksu,* 30, 77–86. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ektk_2017_30_10 [in Ukrainian].
2. Khodoskina, O.A., Anasovich, V.D., & Khilkevych, A.I. (2019). Rol transportnoi lohistyky u diialnosti promyslovoho pidpryiemstva [The role of transport logistics in the activities of an industrial enterprise]. *Bulletin of the Dnipropetrovsk National University of Railway Transport*. 2 (80), 49–58. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vdnuzt_2019_2_7 [in Ukrainian].
3. Kirkin, A.P., Kirkin, V.I., & Kirkina T.Yu. (2017). Novi analitychni metody upravlinnia transportnymy potokamy na bazi systemnykh doslidzhen u lohistytsi [New analytical methods for managing transport flows based on systems research in logistics]. *Bulletin of the Azov State Technical University. Series "Technical Sciences": Collection of Scientific Papers,* 34, 209–216. https://doi.org/10.31498/2225-6733.34.2017.105930 [in Ukrainian].
4. Sharko, M.V. (2009). Upravlinnia rozvytkom innovatsii u promyslovomu vyrobnytstvi [Management of innovation development in industrial production: monograph]. Kherson : KNTU [in Ukrainian].
5. Li, L., & Zheng, Z. (2022). Construction of Logistics Distribution Information Sharing Platform Based on Internet of Things Technology. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies,* 134, 387–397. DOI: 10.1007/978-3-031-04812-8_33 [in English].
6. Fahim, P.B.M., An, R., Rezaei, J., Pang, Y., Montreuil, B., & Tavasszy, L. (2021). An information architecture to enable track-and-trace capability in Physical Internet ports. *Computers in Industry,* 129, Art. 103443. DOI: 10.1016/j.compind.2021.103443 [in English].

Шарко Олександр Володимирович – д.т.н., професор, професор кафедри транспортних технологій і судноремонту Херсонської державної морської академії. E-mail: mvsharko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8613-2837.

Букетов Андрій Вікторович – д.т.н., професор, завідувач кафедри, професор кафедри транспортних технологій і судноремонту Херсонської державної морської академії. E-mail: buketov@tntu.edu.ua, ORCID: 0000-0001-9836-3296.

Клевцов Костянтин Миколайович – д.т.н., професор, професор кафедри транспортних технологій і судноремонту Херсонської державної морської академії. E-mail: klevtsovk@i.ua, ORCID: 0000-0001-9836-3296.

Сапронов Олександр Олександрович – д.т.н., професор, заступник завідувача кафедри, професор кафедри транспортних технологій і судноремонту Херсонської державної морської академії. E-mail: oo.sapronov@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1115-6556.

Соценко Віталій Віталійович – PhD, доцент кафедри транспортних технологій і судноремонту Херсонської державної морської академії. E-mail: sotsenko.vv@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4384-9373.

https://doi.org/10.32782/mathematical-modelling/2025-8-1-26

Sharko Oleksandr Volodymyrovych – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Department of Transport Technologies and Ship Repair of the Kherson State Maritime Academy. E-mail: mvsharko@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8613-2837.

Buketov Andrii Viktorovych – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department, Professor at the Department of Transport Technologies and Ship Repair of the Kherson State Maritime Academy. E-mail: buketov@tntu.edu.ua, ORCID: 0000-0001-9836-3296.

Klevtsov Kostyantyn Mykolayovych – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor at the Department of Transport Technologies and Ship Repair of the Kherson State Maritime Academy. E-mail: klevtsovk@i.ua, ORCID: 0000-0001-9836-3296.

Sapronov Oleksandr Oleksandrovych – Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Head of the Department, Professor at the Department of Transport Technologies and Ship Repair of the Kherson State Maritime Academy. E-mail: oo.sapronov@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1115-6556.

Sotsenko Vitalii Vitaliiovych – PhD, Associate Professor at the Department of Transport Technologies and Ship Repair of the Kherson State Maritime Academy. E-mail: sotsenko.vv@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4384-9373.

https://doi.org/10.32782/mathematical-modelling/2025-8-1-26