

ТЕОРЕТИКО-МНОЖИННИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ СИСТЕМ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ

¹Національний університет «Одеська морська академія»

За використання теоретико-множинного підходу виконано формалізований опис систем доставки масових вантажів. Система доставки розглядається як сукупність взаємопов'язаних та взаємообумовлених елементів транспортних систем, якими власне здійснюється фізичне переміщення вантажу, та суб'єктів ринка транспортних послуг, якими забезпечується взаємозв'язок та супроводжується функціонування елементів транспортних систем. Обрані та включені до системи доставки елементи транспортних систем утворюють множину — технічну підсистему системи доставки. Масові вантажі здебільшого перевозяться морським транспортом із залученням автомобільного та/або залізничного як суміжних видів транспорту, які здійснюють перевезення вантажів до порту завантаження (від пункту відправлення) та від порту розвантаження до пункту призначення. Транспортні системи названих видів транспортів подано у вигляді множин відповідних транспортних засобів, інфраструктурних об'єктів та транспортних комунікацій, у формалізованому описі їх та їхніх взаємозв'язків. Суб'єкти ринка транспортних послуг, які ініціюють, супроводжують та забезпечують переміщення вантажу елементами транспортної системи, подано у вигляді множин компаній-перевізників, компаній з надання послуг по перевалці вантажів з одного виду транспорту на інший, їхнього експедиторського обслуговування, а також специфічні для морських перевезень види послуг — суднового агентування та фрахтового брокерства. На основі практики перевезень масових вантажів, формалізовано взаємозв'язки між суб'єктами ринка транспортних послуг. Окремі елементи множини ринка транспортних послуг формують інформаційно-забезпечувальну підсистему системи доставки, яка є окремою множиною. Власне система доставки подана як множина, яку утворено об'єднанням множин елементів технічної та інформаційно-забезпечувальної підсистем. Наведений підхід характеризується універсальністю його використання з метою постановки та розв'язання теоретичних і практичних задач, пов'язаних з організацією та функціонуванням систем доставки вантажів.

Ключові слова: система доставки, транспортна система, перевезення масових вантажів, теорія множин.

Вступ

Система доставки вантажів від виробників до споживачів є складною структурою, яка включає, насамперед, технічні елементи, якими здійснюється безпосереднє фізичне переміщення вантажу у часі та просторі. Такими технічними складовими системи доставки є елементи транспортних систем — транспортні засоби, інфраструктурні об'єкти, транспортні комунікації [1]. Сукупність цих елементів, обрана для транспортування певного вантажу від його виробника до споживача, формує технічну складову системи доставки. Зрозуміло, що вибір елементів транспортних систем, якими визначатиметься технологія та маршрут перевезення, визначається товаром, який має бути доставленим та для якого власне і необхідно сформувати систему доставки. Функціонування елементів транспортних систем забезпечується та підтримується діяльністю суб'єктів ринка транспортних послуг, які включені до доставки товару, є невід'ємною складовою системи доставки. Це компанії, які надають послуги з перевезення вантажів, їх перевалки з одного виду транспорту на інший, експедиторські послуги тощо. Саме ними забезпечується взаємозв'язок між елементами транспортних систем, які залучено до системи доставки вантажів.

Системи доставки вантажів досліджувалися багатьма фахівцями транспортної галузі як у нашій країні, так і за кордоном, так у роботах [2]—[9] досліджується вирішення окремих проблем організації систем доставки, їх управління та функціонування. При цьому автори оперують терміном

«система доставки», не надаючи його чіткого тлумачення, а відсутність єдиного підходу до розуміння цього терміна наголошено ще у [10]. Дослідження будь-якої системи, як певного набору взаємопов'язаних та упорядкованих елементів, передбачає необхідність формалізованого опису складових, які формують систему — адже саме це є підґрунтям для постановки та розв'язання задач функціонування систем доставки вантажів. В роботах [2], [11]—[14] розглянуто системи доставки вантажів з використанням одиниці укрупнення. Низка досліджень акцентує увагу на аспектах доставки окремими видами транспорту, наприклад [15]—[17] — залізничного, [18]—[20] — автомобільного, однак саме означення «система доставка» є ширшим та виходить за межі одного виду транспорту. У загаданих дослідженнях автори розглядають проблеми функціонування об'єкта «система доставки вантажів» як такого, який вже сформовано та існує, не наводячи його жодну ідентифікацію, хоча сукупність упорядкованих елементів, якою власне і є система, визначається насамперед вантажем, позаяк для його переміщення формується та функціонує система доставки. Адже саме вантаж визначатиме транспортні засоби, технологію переміщення, інфраструктурні об'єкти та учасників доставки, які є елементами відповідної системи доставки. Більше того, система доставки вантажів має ситуативний характер, оскільки формується під кожен конкретну доставку, яка, у свою чергу, є наслідком укладання та необхідності реалізації контракту купівлі-продажу товару (останній при транспортуванні, тобто як об'єкт переміщення, набуває статусу «вантаж»).

Застосування математичного апарату для розв'язання окремих задач логістичного характеру викладено у роботах [21], [22], наразі автори розглядають лише технічну складову системи доставки — транспортні засоби, інфраструктурні об'єкти, транспортні комунікації, технології перевезення. Однак їх функціонування з метою забезпечення переміщення певного вантажу є можливим лише за участі суб'єктів ринку транспортних послуг, адже жодний елемент транспортної системи як складова системи доставки не почне функціонування (а відповідно — і вантаж не почне переміщуватися) без відповідної договірної бази та документообігу, які забезпечуються саме учасниками ринку транспортних послуг. Необхідність врахування цих учасників системи доставки особливо важлива у переміщенні товару за участі морського транспорту, враховуючи міжнародний характер перевезень ним, що вимагає значної кількості осіб та підприємств, наявність та діяльність яких забезпечує процедури та формальності, які є наслідком відповідних національних та міжнародних угод та правил переміщення вантажу між країнами.

Різноманіття можливих варіантів систем доставки вантажів зумовлене саме значною кількістю комбінацій елементів транспортних систем та суб'єктів ринку транспортних послуг, а ідентифікація альтернативних за структурою варіантів систем доставки вантажів зумовлює необхідність їх формалізованого опису. Тож *метою статті* є формалізований опис структури системи доставки вантажів як сукупності елементів транспортних систем, що забезпечують фізичне переміщення вантажу (на прикладі масових вантажів), та суб'єктів ринку транспортних послуг (діяльність яких власне забезпечує функціонування вказаних елементів) з використанням теорії множин, яка власне використовується для формалізованого опису складних систем та зокрема використовується для розв'язання окремих задач логістичного характеру [23]. Поставлена мета має реалізовуватися вирішенням *таких завдань*:

- визначення складових елементів транспортних систем, які можуть залучатися до транспортування масових вантажів, з використанням теоретико-множинного підходу, формалізація зв'язків між ними;
- встановлення суб'єктів ринку транспортних послуг, які включаються до системи доставки масових вантажів, як множини елементів, які забезпечують функціонування та взаємозв'язок елементів транспортної системи; формалізований опис їх взаємовідносин з елементами транспортної системи;
- подати формалізований опис множини елементів системи доставки масового вантажу у термінах теоретико-множинного підходу.

Результати дослідження

Для формалізованого опису складних систем використовується теоретико-множинний підхід, який дозволяє описувати множину усіх елементів, які входять до неї, та які мають певні властивості та знаходяться у певних взаємовідносинах, і використовується у теорії організації та управління системами. Дослідження системи доставки вантажів як сукупності взаємопов'язаних елементів

транспортної системи та суб'єктів ринка транспортних послуг дозволяє у термінах теорії множин розглядати систему доставки як множину, якою є сукупність елементів відповідних множин транспортної системи і суб'єктів ринка транспортних послуг

$$SD = \langle TS, RTP \rangle, \quad (1)$$

де SD — система доставки; TS — множина елементів транспортної системи; RTP — множина суб'єктів ринка транспортних послуг.

Формалізація множини елементів транспортних систем як складових системи доставки

Теоретико-множинний підхід до ідентифікації транспортної системи дозволяє подати її як таку, що складається з транспортних систем різних видів транспорту

$$TS^{mt}; TS^{rt}; TS^{at} \subset TS, \quad (2)$$

де TS — транспортна система, яка включає множину TS^{mt} транспортної системи морського транспорту; множину TS^{rt} транспортної системи залізничного транспорту; множину TS^{at} транспортної системи автомобільного транспорту. Зазначимо, що визначення транспортної системи, звісно, є ширшим, ніж названі системи окремих видів транспорту, та включає транспортні системи і інших видів транспорту (трубопровідного та авіаційного, наприклад), але у цій роботі розглядаються системи доставки масових вантажів, які переважно перевозяться саме названими видами транспорту [24].

Відповідно до визначення транспортної системи, кожна з множин виразу (1) може бути подана сукупністю транспортних засобів, які використовуються для вантажних перевезень, інфраструктурних об'єктів відповідного виду транспорту, а також транспортними комунікаціями. Стосовно морського транспорту це, зокрема, морські судна, морські порти та морські шляхи. Формалізований опис морської транспортної системи можна подати так:

$$X_1^{mt}; X_2^{mt}; X_3^{mt} \subset TS^{mt}, \quad (3)$$

де X_1^{mt} — множина сукупностей множин типів морських вантажних суден; X_2^{mt} — множина морських портів; X_3^{mt} — множина морських шляхів.

Кожна з наведених множин є сукупністю відповідних елементів, які включатимуться і, відповідно, формуватимуть структуру системи доставки за складом:

– X_1^{mt} — множина є сукупністю множин усіх типів суден $x_{1_v}^{mt}, (v = \overline{1, V})$ різних дедвейтних груп), які використовуються на перевезеннях масових вантажів у торговельному судноплаванні

$$X_1^{mt} = \{x_{1_1}^{mt}, x_{1_2}^{mt}, \dots, x_{1_v}^{mt}, \dots, x_{1_V}^{mt}\}; \quad (4)$$

– X_2^{mt} — множина морських портів є сукупністю усіх портів $x_{2_p}^{mt}, (p = \overline{1, P})$, у яких здійснюються завантажувально-розвантажувальні роботи з вантажами та відповідні операції з обслуговування суден

$$X_2^{mt} = \{x_{2_1}^{mt}, x_{2_2}^{mt}, \dots, x_{2_p}^{mt}, \dots, x_{2_P}^{mt}\}; \quad (5)$$

– X_3^{mt} — множина морських шляхів є сукупністю усіх можливих навігаційно-рекомендованих маршрутів $x_{3_w}^{mt}, (w = \overline{1, W})$, якими здійснюється судноплавання між портами світу

$$X_3^{mt} = \{x_{3_1}^{mt}, x_{3_2}^{mt}, \dots, x_{3_w}^{mt}, \dots, x_{3_W}^{mt}\}. \quad (6)$$

Аналогічно можуть бути представлені системи наземних видів транспорту

1) залізничного

$$X_1^{rt}; X_2^{rt}; X_3^{rt} \subset TS^{rt}, \quad (7)$$

де X_1^{rt} — множина типів залізничних вагонів; X_2^{rt} — множина залізничних вантажних станцій; X_3^{rt} — множина залізничних шляхів. При цьому:

– X_1^{rt} — множина рухомого складу залізниці у цій роботі, враховуючи поставлену мету, розглядається як сукупність відповідних залізничних універсальних та спеціалізованих вагонів $x_{1_t}^{rt}, (t = \overline{1, T})$ для транспортування вантажів (критих, хоперів, напіввагонів, думпкарів тощо)

$$X_1^{rt} = \{x_{1_1}^{rt}, x_{1_2}^{rt}, \dots, x_{1_t}^{rt}, \dots, x_{1_T}^{rt}\}; \quad (8)$$

– X_2^{rt} — множина залізничних вантажних станцій $x_{2_z}^{rt}, (z = \overline{1, Z})$ є множиною усіх відповідних інфраструктурних об'єктів, які дозволяють здійснювати разом з іншими також і операції з прийому та видачі вантажу

$$X_2^{rt} = \{x_{2_1}^{rt}, x_{2_2}^{rt}, \dots, x_{2_z}^{rt}, \dots, x_{2_Z}^{rt}\}; \quad (9)$$

– X_3^{rt} — множина усіх залізничних шляхів $x_{3_r}^{rt}, (r = \overline{1, R})$, призначених для пропуску ними транспортних засобів залізничного транспорту, є «транспортними комунікаціями» (у термінологічному визначенні транспортної системи, яке подано вище) залізничної транспортної системи

$$X_3^{rt} = \{x_{3_1}^{rt}, x_{3_2}^{rt}, \dots, x_{3_r}^{rt}, \dots, x_{3_R}^{rt}\}; \quad (10)$$

2) автомобільного

$$X_1^{at}; X_2^{at}; X_3^{at} \subset TS^{at}, \quad (11)$$

де X_1^{at} — множина вантажних автомобілів; X_2^{at} — множина вантажних автостанцій; X_3^{at} — множина автомобільних доріг. Ці множини можуть бути подані як:

– X_1^{at} — множина вантажних автомобілів включає усі автотransпортні засоби $x_{1_c}^{at}, (c = \overline{1, C})$, спеціалізовані за видами вантажу (лісовози, зерновози тощо)

$$X_1^{at} = \{x_{1_1}^{at}, x_{1_2}^{at}, \dots, x_{1_c}^{at}, \dots, x_{1_C}^{at}\}; \quad (12)$$

– X_2^{at} — множина вантажних станцій $x_{2_b}^{at}, (b = \overline{1, B})$, як інфраструктурних об'єктів автотransпортної системи представлено повною мережею автостанцій, задіяних у процесі організації перевезень вантажів автомобільним транспортом

$$X_2^{at} = \{x_{2_1}^{at}, x_{2_2}^{at}, \dots, x_{2_b}^{at}, \dots, x_{2_B}^{at}\}; \quad (13)$$

– X_3^{at} — множина автомобільних доріг є загальною мережею автомобільних доріг $x_{3_d}^{at}, (d = \overline{1, D})$, якими рухаються вантажні транспортні засоби автотransпортної системи

$$X_3^{at} = \{x_{3_1}^{at}, x_{3_2}^{at}, \dots, x_{3_d}^{at}, \dots, x_{3_D}^{at}\}. \quad (14)$$

Технічна складова системи доставки за участі морського транспорту є сукупністю вибраних елементів підмножин різних видів транспорту (суден, автомашин, залізничних вагонів, портів, залізничних та автомобільних станцій, морських, залізничних та автомобільних шляхів), тобто окремою множиною — технічна підсистема системи доставки. Причому, виходячи з логічної послідовності реалізації процесу доставки окремими елементами транспортних системи різних задіяних видів транспорту, таку технічну складову системи доставки вантажу між пунктами відправлення А і призначення В показано на рис. 1, а формалізувати її можна так:

$$TP_{A-B}^{sd} = \left\{ \left(x_{1_t}^{rt}; x_{2_z}^{rt}; x_{3_r}^{rt} \in TS^{rt} \right) \vee \left(x_{1_c}^{at}; x_{2_b}^{at}; x_{3_d}^{at} \in TS^{at} \right); \left(x_{1_v}^{mt}; x_{2_p}^{mt}; x_{2_p'}^{mt}; x_{3_w}^{mt} \in TS^{mt} \right); \right. \\ \left. \left(x_{1_t}^{rt}; x_{2_z}^{rt}; x_{3_r}^{rt} \in TS^{rt} \right) \vee \left(x_{1_c}^{at}; x_{2_b}^{at}; x_{3_d}^{at} \in TS^{at} \right) \right\}, \quad (15)$$

де $x_{2_z}^{zt}$ і $x_{2_z}^{zt}$ — пункти, відповідно, завантаження і розвантаження залізничних вагонів; $x_{1_t}^{rt}$ — тип вантажного вагона; $x_{2_b'}^{at}$ і $x_{2_b''}^{at}$ — пункти, відповідно, завантаження і розвантаження вантажних машин; $x_{1_c}^{at}$ — тип вантажного автомобіля; $x_{3_d}^{at}$ — автотранспортна дорога; $x_{1_v}^{mt}$ — тип морського судна; $x_{2_p'}^{mt}$ і $x_{2_p''}^{mt}$ — порти, відповідно, завантаження і розвантаження; $x_{3_w}^{mt}$ — морський шлях.

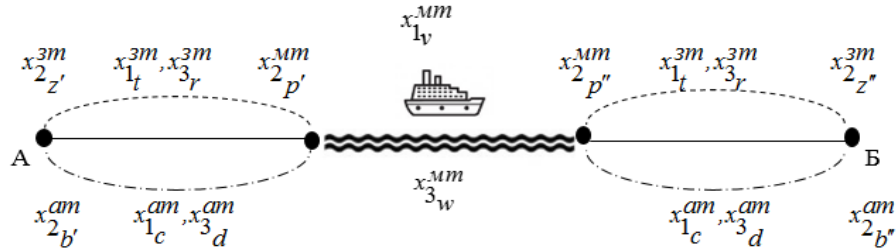


Рис. 1. Упорядкована сукупність елементів технічної підсистеми системи доставки (варіант доставки з альтернативним використанням залізничного чи автомобільного транспорту)

Для включених у TP_{A-B}^{sd} елементів справедливими є такі формалізовані описи зв'язків:

1) у пунктах відправлення А і призначення В існує пункт обробки залізничних вагонів або вантажних машин, де можливим є виконання відповідних завантажувальних робіт

$$\forall A \exists (x_{2_z}^{zt} \vee x_{2_b'}^{at}); \tag{16}$$

$$\forall B \exists (x_{2_z}^{zt} \vee x_{2_b''}^{at}); \tag{17}$$

2) у портах завантаження і розвантаження існує залізнична станція або пункт обробки вантажних машин, де можливим є виконання відповідних вантажних робіт:

$$\forall x_{2_p'}^{mt} \exists x_{2_z}^{rt} \vee x_{2_b}^{at}; \tag{18}$$

$$\forall x_{2_p''}^{mt} \exists x_{2_z}^{rt} \vee x_{2_b}^{at}; \tag{19}$$

3) між пунктом відправлення А і портом завантаження існує принаймні один варіант залізничного або автодорожнього сполучення

$$(A; x_{2_p'}^{mt}) \exists (x_{3_r}^{rt} \vee x_{3_d}^{at}); \tag{20}$$

4) між портом розвантаження та пунктом призначення В існує принаймні один варіант залізничного або автодорожнього сполучення

$$(x_{2_p''}^{mt}; B) \exists (x_{3_r}^{rt} \vee x_{3_d}^{at}); \tag{21}$$

5) між портами завантаження і розвантаження існує принаймні один варіант морського шляху

$$\forall (x_{2_p'}^{mt} \wedge x_{2_p''}^{mt}) \exists x_{3_w}^{mt}. \tag{22}$$

Показана на рис. 1 технічна підсистема системи доставки може мати і дещо іншу конфігурацію (рис. 2), оскільки не до усіх пунктів відправлення та призначення прокладено залізничні шляхи. Так, у разі перевезень зернових вантажів першим і останнім видом транспорту, який залучатиметься до транспортування від пункту виробництва до пункту споживання, однозначно буде автомобільний транспорт.

Така система доставки за сутністю буде доставкою з проміжним наземним пунктом перевалки, та за такої ситуації технічну складову системи доставки формалізовано таким чином:

$$TP_{A-B}^{sd} = \left\{ (x_{1_c}^{at}; x_{2_b'}^{at}; x_{3_d}^{at} \in TS^{at}); A_1; (x_{1_t}^{rt}; x_{2_z}^{rt}; x_{3_r}^{rt} \in TS^{rt}); (x_{1_v}^{mt}; x_{2_p'}^{mt}; x_{2_p''}^{mt}; x_{3_w}^{mt} \in TS^{mt}); (x_{1_t}^{rt}; x_{2_z}^{rt}; x_{3_r}^{rt} \in TS^{rt}); B_1; (x_{1_c}^{at}; x_{2_b''}^{at}; x_{3_d}^{at} \in TS^{at}) \right\}. \tag{23}$$

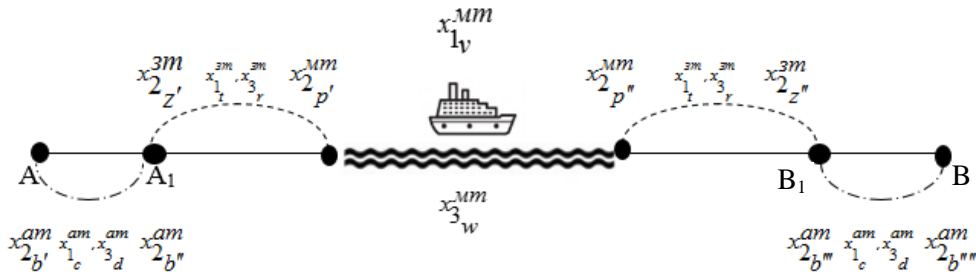


Рис. 2. Упорядкована сукупність елементів технічної підсистеми системи доставки (за відсутності альтернатив використання та/або взаємозаміни наземних видів транспорту)

Справедливими будуть також такі формалізовані описи взаємозв'язків окремих елементів:

1) у пунктах відправлення А і призначення В існують пункти обробки вантажних машин, де можливим є виконання відповідних завантажувальних робіт

$$\forall A \exists x_{2b'}^{at}; \quad (24)$$

$$\forall B \exists x_{2b''}^{at}; \quad (25)$$

2) у пунктах перевалки А₁ і В₁ існує пункт обробки залізничних вагонів та вантажних машин, де є можливим виконання відповідних перевантажувальних робіт

$$\forall A_1 \exists (x_{2z'}^{rt} \wedge x_{2b'}^{at}); \quad (26)$$

$$\forall B_1 \exists (x_{2z''}^{rt} \wedge x_{2b''}^{at}); \quad (27)$$

3) у портах завантаження і розвантаження існує залізнична станція, де можливе виконання відповідних перевантажувальних робіт

$$\forall x_{2p'}^{mt} \exists x_{2z}^{rt}; \quad (28)$$

$$\forall x_{2p''}^{mt} \exists x_{2z}^{rt}; \quad (29)$$

4) між пунктом відправлення А і пунктом перевалки А₁ існує принаймні один варіант автодорожнього сполучення

$$\forall (A \vee A_1) \exists x_{3d}^{at}; \quad (30)$$

5) між пунктом перевалки А₁ і портом завантаження існує принаймні один варіант залізничного сполучення

$$\forall (A_1 \vee x_{2p'}^{mt}) \exists x_{3z}^{rt}; \quad (31)$$

6) між портами завантаження і розвантаження існує принаймні один варіант морського шляху

$$\forall (x_{2p'}^{mt} \wedge x_{2p''}^{mt}) \exists x_{3w}^{mt}; \quad (32)$$

7) між портом розвантаження і пунктом перевалки В₁ існує принаймні один варіант залізничного сполучення

$$\forall (x_{2p''}^{mt} \wedge B_1) \exists x_{3z}^{rt}; \quad (33)$$

8) між пунктом перевалки В₁ і пунктом призначення В існує принаймні один варіант автодорожнього сполучення

$$\forall (B_1 \vee B) \exists x_{3d}^{at}; \quad (34)$$

9) у пунктах перевалки А₁ і В₁ існують інфраструктурні об'єкти, призначені для накопичення

ня/зберігання вантажу

$$\forall A_1 \exists Z' ; \tag{35}$$

$$\forall B_1 \exists Z'' . \tag{36}$$

Формування технічної складової системи доставки фактично є вибором певних елементів транспортної системи як сукупності об'єктів, які забезпечуватимуть безпосереднє фізичне переміщення вантажу (рис. 3).

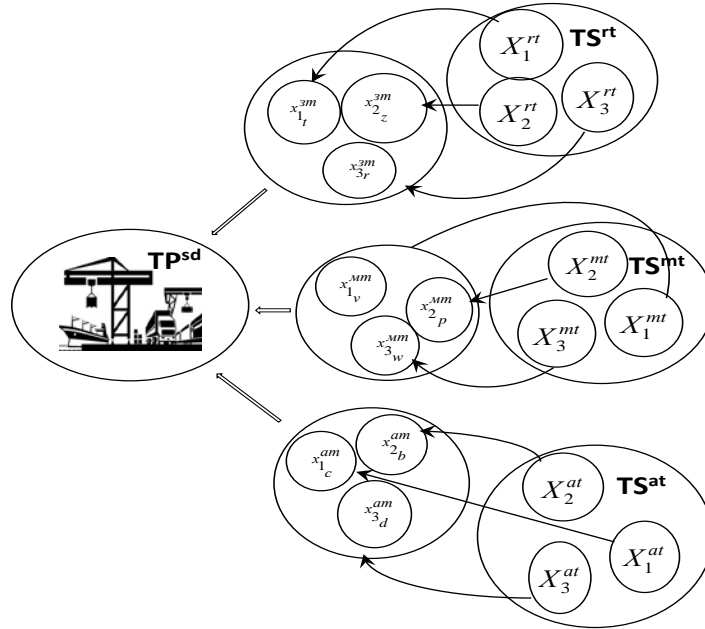


Рис. 3. Теоретико-множинний опис структури технічної підсистеми системи доставки масових вантажів

В результаті такого вибору утворюється нова множина у вигляді сукупності елементів інших множин, якими є транспортні системи різних видів транспорту. Таким чином, вирази (15) і (23) визначають теоретико-множинну характеристику технічної складової системи доставки.

Теоретико-множинне представлення ринку транспортних послуг як підсистеми доставки

Інформаційно-забезпечувальна складова системи доставки, відповідно, здійснює взаємозв'язок обраних елементів технічної складової системи доставки, що реалізується документообігом відповідних підприємств — суб'єктів ринку транспортних послуг.

У загальному вигляді ринок транспортних послуг можна подати сукупністю компаній, які надають послуги з перевезення та перевантаження вантажів, а також компаній, що надають послуги з експедирування вантажів, агентування суден та фрахтового брокерства [25]

$$RTP = RTP_1 \cup RTP_2 \cup RTP_3 \cup RTP_4^{mt} \cup RTP_5^{mt} , \tag{37}$$

де RTP — ринок транспортних послуг, який є об'єднанням множин RTP_1 перевізників різних видів транспорту, RTP_2 — компаній, які надають послуги з перевантаження вантажу у пунктах їх передання з одного виду транспорту на інший (з можливим, за необхідності, його зберіганням), RTP_3 — компаній, які забезпечують експедиторське обслуговування вантажу, RTP_4^{mt} — компаній, які надають послуги морського агентування суден у портах і RTP_5^{mt} — фрахтово-брокерські компанії, які посередничають при укладанні угод на перевезення вантажу морським транспортом. Наголосимо, що останні два різновиди компаній є характерною особливістю ринку морських транспортних послуг, у той час, як послуги з перевезення, перевантаження та експедиторського обслуговування (і, відповідно, компанії, які надають такі послуги) присутні на усіх видах транспорту.

Сукупність усіх названих компаній-суб'єктів ринку транспортних послуг може бути подано у вигляді відповідних множин, які складаються зі великої кількості елементів:

- RTP_1 множина є сукупністю усіх перевізників різних видів транспорту

$$RTP_1 \subset RTP_1^{at}; RTP_1^{rt}; RTP_1^{mt}, \quad (38)$$

де RTP_1^{at} — множина усіх перевізників автомобільного транспорту, RTP_1^{rt} — множина усіх перевізників залізничного транспорту; RTP_1^{mt} — множина усіх перевізників морського транспорту (судновласників). При цьому кожна з цих множин є сукупністю окремих підприємств-перевізників, які, аналогічно до елементів множин технічної підсистеми системи доставки, включатимуться і, відповідно, формуватимуть її структурний склад:

– залізничного транспорту $y_{1_s}^{rt}, (s = \overline{1, S})$

$$RTP_1^{rt} = \{y_{1_1}^{rt}, y_{1_2}^{rt}, \dots, y_{1_s}^{rt}, \dots, y_{1_S}^{rt}\}; \quad (39)$$

– автомобільного транспорту $y_{1_s}^{at}, (s = \overline{1, S})$

$$RTP_1^{at} = \{y_{1_1}^{at}, y_{1_2}^{at}, \dots, y_{1_s}^{at}, \dots, y_{1_S}^{at}\}; \quad (40)$$

– морського транспорту $y_{1_s}^{mt}, (s = \overline{1, S})$

$$RTP_1^{mt} = \{y_{1_1}^{mt}, y_{1_2}^{mt}, \dots, y_{1_s}^{mt}, \dots, y_{1_S}^{mt}\}. \quad (41)$$

RTP_2 множину компаній, які надають послуги з перевалки вантажу $y_{2_h}, (h = \overline{1, H})$, представлено повною сукупністю компаній, які виконують завантажувально-розвантажувальні роботи на/з транспортні засоби різних видів транспорту у пунктах відправлення, перевалки та призначення вантажу

$$RTP_2 = \{y_{2_1}, y_{2_2}, \dots, y_{2_h}, \dots, y_{2_H}\}. \quad (42)$$

RTP_3 множина усіх компаній, які надають комплекс експедиторського обслуговування вантажу для його переміщення різними видами транспорту $y_{3_f}, (f = \overline{1, F})$

$$RTP_3 = \{y_{3_1}, y_{3_2}, \dots, y_{3_f}, \dots, y_{3_F}\}. \quad (43)$$

Специфічними суб'єктами ринка морських транспортних послуг, об'єктом діяльності яких є судно як елемент системи доставки є фрахтово-брокерські та агентські компанії. Значна кількість таких компаній може бути представлена у вигляді відповідних множин:

– фрахтове брокерство є специфічною сферою посередницьких послуг, а компанії, які займаються фрахтовим посередництвом $y_{4_b}^{mt}, (b = \overline{1, B})$, різняться розмірами — від невеликих до великих; їхня сукупність є множиною, яка включає усі фрахтово-брокерські компанії

$$RTP_4^{mt} = \{y_{4_1}^{mt}, y_{4_2}^{mt}, \dots, y_{4_b}^{mt}, \dots, y_{4_B}^{mt}\}; \quad (44)$$

– компанії, які забезпечують обслуговування судна у порту — суднові агенти $y_{5_a}^{mt}, (a = \overline{1, A})$, є окремою множиною, яку можна подати як сукупність усіх агентських компаній

$$RTP_5^{mt} = \{y_{5_1}^{mt}, y_{5_2}^{mt}, \dots, y_{5_a}^{mt}, \dots, y_{5_A}^{mt}\}. \quad (45)$$

Інформаційно-забезпечувальна складова IZP^{sd} системи доставки за участі морського транспорту є сукупністю вибраних елементів підмножин компаній, які надають транспортні послуги, тобто окрема множина — «інформаційно-забезпечувальна підсистема доставки»

$$IZP^{sd} = \{y_{3_f}; y_{2_h}; y_{1_s}^{at} \vee y_{1_s}^{rt}; y_{3_f}; y_{2_h}; y_{4_b}^{mt}; y_{1_s}^{mt}; y_{5_a}^{mt}; y_{3_f}; y_{2_h}; y_{5_a}^{mt}; y_{1_s}^{at} \vee y_{1_s}^{rt}; y_{2_h}; y_{3_f}\}, \quad (46)$$

де y_{3_f} — експедиторська компанія, яка здійснює документальне супроводження відвантаження вантажу з пункту відправлення; y_{2_h} — компанія, яка здійснює завантаження вантажу у транспорт-

7) судновий агент уособлює судновласника для експедитора і стивідорної компанії

$$y_{5_{a'}}^{mt} := y_{1_c}^{mt} \forall (y_{3_{f''}} \wedge y_{2_{h'}}); \quad (58)$$

$$y_{5_{a''}}^{mt} := y_{1_c}^{mt} \forall (y_{3_{f'''}} \wedge y_{2_{h''}}). \quad (59)$$

Формування інформаційно-забезпечувальної підсистеми системи доставки є вибором окремих компаній-суб'єктів ринка транспортних послуг, які надаватимуть, відповідно, обслуговування вантажу при його переміщенні і судна як суб'єкта такого переміщення, у результаті чого утворюється нова множина як сукупність елементів інших множин, які є ринками певних транспортних послуг та підприємств, що їх надають (рис. 4).

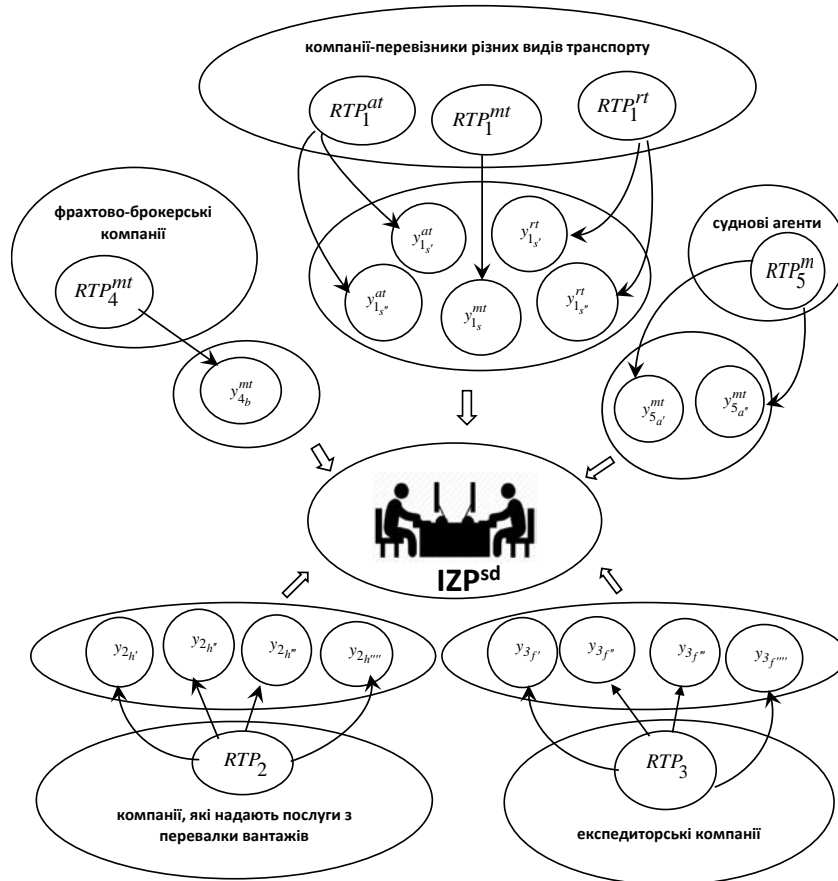


Рис. 4. Теоретико-множинний опис структури інформаційно-забезпечувальної підсистеми системи доставки масових вантажів

Таким чином, система доставки (рис. 5) як множина елементів, певним чином упорядкованих та організованих для досягнення мети (переміщення товару) формується об'єднанням множин, оскільки множина «система доставки» складається з усіх елементів множини «технічна підсистема доставки» та «інформаційно-забезпечувальна підсистема доставки».



Рис. 5. Система доставки як об'єднання множин «технічна підсистема» та «інформаційно-забезпечувальна підсистема»

$$SD_{A-B} = TP_{A-B}^{sd} \cup IZP^{sd} = \left\{ \left(x_{1_r}^{rt}; x_{2_c}^{rt}; x_{3_d}^{rt} \in TS^{rt} \right) \vee \left(x_{1_c}^{at}; x_{2_b}^{at}; x_{3_d}^{at} \in TS^{at} \right); \left(x_{1_v}^{mt}; x_{2_p}^{mt}; x_{2_{p'}}^{mt}; x_{3_w}^{mt} \in TS^{mt} \right); \right. \\ \left. \left(x_{1_r}^{rt}; x_{2_c}^{rt}; x_{3_r}^{rt} \in TS^{rt} \right) \vee \left(x_{1_c}^{at}; x_{2_b}^{at}; x_{3_d}^{at} \in TS^{at} \right) \right\} \cup \\ \cup \left\{ y_{3_f}^{mt}; y_{2_h}^{mt}; y_{1_s}^{at} \vee y_{1_s}^{rt}; y_{3_f}^{mt}; y_{2_h}^{mt}; y_{4_b}^{mt}; y_{1_s}^{mt}; y_{5_a}^{mt}; y_{3_f}^{mt}; y_{2_h}^{mt}; y_{5_a}^{mt}; y_{1_s}^{at} \vee y_{1_s}^{rt}; y_{2_h}^{mt}; y_{3_f}^{mt} \right\}. \quad (60)$$

Ідентифікація структури системи доставки у вигляді складових елементів та взаємозв'язків між ними є підґрунтям для формування системи доставки конкретного вантажу, що фактично є вибором окремих елементів з множин транспортної системи та ринку транспортних послуг, функціонування яких та, відповідно, участь у системі доставки характеризується певними витратами, часовими параметрами та факторами ризику, які є предметом інтересу користувача системи доставки — власника вантажу. Їх комплексна оцінка за названими параметрами та оцінка ступеня виконання вимог вантажовласника щодо витрат, часу та ризиків, пов'язаних з функціонуванням системи доставки, характеризують її якість у розумінні користувачів — вантажовласників.

Поелементне структурування системи доставки, виконане з використанням теоретико-множинного підходу, забезпечує можливість формування різних конфігурацій систем доставки, залежно від вимог вантажовласника і особливостей вантажу та умов його транспортування відповідно до вимог контракту купівлі-продажу. Ідентифікація структури системи доставки вантажів дозволяє розв'язувати задачі формування складу системи доставки на підставі оцінки названих показників функціонування системи; формулювати задачі та розроблювати економіко-математичні моделі оптимізації їх функціонування з використанням методів, вибір яких визначається відповідними сформульованими завданнями, та імітаційні моделі описання окремих етапів функціонування системи доставки у цілому та окремих її складових.

Висновки

Використання теоретико-множинного підходу дозволило формалізувати склад елементів транспортних систем, які є технічною базою системи доставки масових вантажів, та встановити взаємозв'язки між ними. Аналогічний підхід використано до визначення суб'єктів ринку транспортних послуг, які забезпечують функціонування технічної бази системи доставки, забезпечуючи інформаційне та документальне функціонування технічної підсистеми. Транспортні системи та ринок транспортних послуг подано у вигляді множин відповідних елементів та взаємозв'язків між ними. Поданий формалізований опис системи доставки у вигляді поєднання множин елементів транспортної системи та ринку транспортних послуг є підставою для його використання як бази для застосування математичних методів формування, дослідження особливостей функціонування та взаємодії, оцінки доцільності організації та ефективності роботи і управління системою доставки з точки зору відповідності заданим експлуатаційним та комерційним вимогам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Модельний закон щодо транспортної діяльності. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/997_137. Дата звернення: Лип. 06, 2019.
- [2] С. С. Забара, и Н. Т. Дехтярук, «Оптимизация функционирования транспортно-технологических систем перевозок грузов», *Управляющие системы и машины*, № 4, с. 10-17. 2014.
- [3] М. Я. Постан, и И. В. Савельева, «Моделирование работы двухмодальной системы доставки груза в условиях неопределенности и риска», *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем*, № 19, с. 55-73, 2012.
- [4] В. С. Наумов, и Н. В. Потама, «Области эффективного использования технологических систем доставки грузов», *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, № 6/3 (60), с. 53-61, 2012.
- [5] И. А. Лапкина, и Н. А. Малаксиано, «Моделирование и оптимизация системы доставки скоропортящихся грузов через Одесский порт», *Актуальные проблемы экономики*, № 3(177), с. 353-365, 2016.
- [6] С. П. Онищенко, и В. Ю. Смирковская, «Моделирование процесса формирования интегрированных систем доставки грузов», *Вісник ОНМУ*, № 3, с. 142-149, 2010.
- [7] M. E. Akpinar, S. A. Yildizel, Y. Karabulut, and E. Dogan, "Simulation Optimization for Transportation System: A Real Case Application," *TEM Journal*, vol. 6, issue 1, p. 97-102, 2017.
- [8] Y. Tseng, W. L. Yue, and M. A. P. Taylor, "The role of transportation in logistics chain," *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, vol. 5, p. 1657-1672, 2005.
- [9] A. Nuzzolo, P. Coppola, and A. Comi, "Freight transport modeling: review and future challenges," *International Journal of Transport Economics*, vol. XL, no. 2, p. 151-181, 2013.
- [10] И. В. Морозова, Н. И. Ляшенко, и Л. Н. Суворова, «Оптимизация функционирования составных частей взаимосвязанных транспортной и логистической систем», *Методи та засоби управління розвитком транспортних систем*, № 10, с. 6-23, 2005.

- [11] Н. Ю. Шраменко, та О. О. Орда, «Формування альтернативних варіантів транспортно-експедиторського обслуговування вантажовласників під час інтермодальних перевезень», *Автомобільний транспорт*, № 37, с. 70-77, 2015.
- [12] В. С. Наумов, Н. В. Потаман, та Н. С. Вітер, «Формування множини альтернативних варіантів транспортно-технологічних систем доставки вантажів у контейнерах», *Восточно-Европейський журнал передових технологій*, № 4/4, с. 58-60, 2013.
- [13] І. В. Савельєва, та О. Л. Дрожжин, «Контейнерна транспортно-технологічна система як засіб реалізації інтермодального перевезення», *Вісник Житомирського державного технологічного університету*, № 1, с. 12-1, 2014.
- [14] В. Г. Загорянський, Т. В. Гайкова, В. Л. Хорольський, и И. О. Кузев, «Оптимизационная модель выбора технических средств контейнерных перевозок и их рационального сочетания», *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*, № 3(110), с. 46-51, 2018.
- [15] Т. Чайковська, «Модель управління доставкою «точно в строк», *Прикладна економіка*, № 6, с. 59-61, 2012.
- [16] М. І. Данько, Т. В. Бутько, Д. В. Ломотько, та В. В. Козак, «Методологічний аспект формування критеріїв ефективного управління залізничною транспортною системою», *Збірник наукових праць УкдДАЗТ*, № 113, с. 5-9, 2010.
- [17] Г. І. Кириченко, «Проблематика застосування інформаційних технологій в управлінні процесами доставки вантажу», *Проблеми транспорту*, № 9, с. 17-27, 2012.
- [18] Л. М. Гурч, та О. В. Школьна, «Особливості проектування логістичних систем вантажних перевезень», *Вісник національного університету «Львівська Політехніка»*, № 749, с. 388-381, 2012.
- [19] С. В. Нагорний, В. С. Наумов, та О. О. Шуліка, «Формування варіантів технології доставки тарно-штучних вантажів автомобільним транспортом у міжміському сполученні», *Автомобільний транспорт*, № 32, с. 61-66, 2013.
- [20] С. В. Нагорний, В. С. Наумов, та А. В. Іванченко, «Аналіз сучасних підходів до підвищення ефективності логістичних систем доставки вантажів у міжнародному сполученні», *Транспортні системи та технології перевезень*, № 3, с. 68-72, 2012.
- [21] Г. С. Прокудін, *Моделі і методи оптимізації перевезень у транспортних системах*. Київ, Україна: НТУ, 2006, 224 с.
- [22] О. В. Серая, *Многомерные модели логистики в условиях неопределенности*. Харьков, Украина: ФОП Стеценко И. И., 2010, 512 с.
- [23] А. И. Конигов, и Г. А. Конигов, «ABC и VEN анализ с привлечением теории множеств», *Логистика и управление цепями поставок*, № 5(64), с. 70-73, 2014.
- [24] J.-P. Rodrigue, and M. Browne, "International Maritime Freight Transport and Logistics." [Electronic resource]. Available: <https://pdfs.semanticscholar.org/e49d/deba35b034e563e74aafa78eedeba80ab8c8.pdf>. Accessed: Jun. 06, 2019.
- [25] С. П. Онищенко, *Моделирование процессов организации функционирования системы маркетинга морских транспортных предприятий*. Одесса, Украина: Феникс, 2009, 328 с.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних систем управління ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 18.07.2019

Коскіна Юлія Олексіївна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри експлуатації флоту і технологій морських перевезень, e-mail: yuliia.koskina@ukr.net.

Національний університет «Одеська морська академія», Одеса

Yu. O. Koskina¹

Set-theory Approach to Modelling of the Structure of Cargoes Delivery Systems

¹National University "Odessa Maritime Academy"

The article presents the formalized description of the delivery system of bulk cargoes using the set-theory approach. The delivery system is considered as a set of interrelated and interconnected elements of transport systems, which actually provide the physical movement of cargo, and participants of transport services market, which ensure the interconnection and functioning of the elements of transport systems. Selected and included in the delivery system, the elements of transport system form a set – technical subsystem of the delivery system. Bulk cargoes are transported more often by maritime transport with the involvement of road and/or rail transports as related ones, providing the carriage of cargoes to the port of loading (from the point of departure) and from the port of discharging to the point of destination. The transport systems of the mentioned above modes of transport are presented as sets of corresponding vehicles, infrastructure facilities and transport communications. The formalized descriptions of their interrelations are given. The participants of the transport services market, which initiate, conduct and ensure the movement of cargo by the elements of transport system, are presented as sets of carriers, cargoes handling companies, companies, providing the forwarding services and especially for maritime services – ships agency services in ports and ship brokering. The formalized descriptions of the relationships of participants of transport services market are given, according to the practice of transporting the bulk cargoes. The participants of transport services market, involved to the delivery system, form the information-supporting subsystem of the cargo delivery system and considered in the paper to be a particular set. The cargo delivery system itself is presented as a newly formed set, formed as a union of sets of elements of the technical and information-supporting subsystems. The presented approach is characterized by the versatility of use for formulating and solving the problems of theoretical and practical nature, related to the organization and functioning of cargo delivery systems.

Keywords: cargo delivery system, transport system, system approach, carriages of bulk cargoes, set theory.

Koskina Yuliia O. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Fleet Operating and Technologies of Sea Carriages, e-mail: yuliia.koskina@ukr.net

Ю. А. Коскина¹

Теоретико-множественный подход к моделированию структуры систем доставки грузов

¹Национальный университет «Одесская морская академия»

Дано формализованное описание системы доставки массовых грузов с использованием теоретико-множественного подхода. Система доставки рассматривается как совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных элементов транспортных систем, которыми собственно осуществляется физическое перемещение груза, и субъектов рынка транспортных услуг, обеспечивающими взаимосвязь и сопровождение функционирования элементов транспортных систем. Выбранные и включенные в систему доставки элементы транспортных систем образуют множество — техническую подсистему системы доставки. Массовые грузы перевозятся преимущественно морским транспортом с привлечением автомобильного и/или железнодорожного, как смежных видов, транспорта, обеспечивающих перевозку грузов до порта погрузки (от пункта отправления) и из порта выгрузки до пункта назначения. Транспортные системы названных видов транспорта представлены в виде множества соответствующих транспортных средств, инфраструктурных объектов и транспортных коммуникаций. Приведены формализованные описания их взаимосвязей. Субъекты рынка транспортных услуг, которые иницируют, сопровождают и обеспечивают перемещение груза элементами транспортной системы, представлены в виде множества компаний-перевозчиков, компаний, предоставляющих услуги по перевалке грузов с одного вида транспорта на другой, их экспедиторского обслуживания, а также специфические для морских перевозок виды услуг — судового агентирования и фрахтового брокерства. Исходя из практики перевозок массовых грузов, формализованы взаимосвязи между субъектами рынка транспортных услуг. Отдельные элементы множества рынка транспортных услуг формируют информационно-обеспечивающую подсистему системы доставки, которая является отдельным множеством. Собственно система доставки представлена в виде множества, образованного объединением множеств элементов технической и информационно-обеспечивающей подсистем. Представленный подход характеризуется универсальностью использования для постановки и решения теоретических и практических задач, связанных с организацией и функционированием систем доставки грузов.

Ключові слова: система доставки, транспортная система, перевозка массовых грузов, теория множеств.

Коскина Юлия Алексеевна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры эксплуатации флота и технологии морских перевозок, e-mail: yuliia.koskina@ukr.net