

**Бондаренко Ю.А.**

Одеський національний морський університет

## СТРУКТУРА ТА ПАРАМЕТРИ СИСТЕМИ МОРСЬКИХ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ КОМПАНІЇ-ПЕРЕВІЗНИКА

*Управління роботою флоту компанії лінійного перевізника передбачає рішення як стратегічного характеру, так і оперативного, ґрунтуючись на системі відповідних техніко-експлуатаційних та економічних показників. Дані показники мають відображати не тільки результати роботи окремих суден, а функціонування лінійного сервісу в цілому, що базується на відповідній системі параметрів, які можуть бути використані, з одного боку, для аналізу поточної ситуації, з іншого боку, для прогнозів та оптимізації даних параметрів для заданих умов.*

*У даному дослідженні запропоновано формалізований опис структури та параметрів системи морських контейнерних перевезень компанії-перевізника, як сукупності відповідних підсистем лінійних сервісів. Для підсистеми «лінійний сервіс» основними елементами є: «порти», «судна», «контейнеропотоки», а розклад та тарифи – це додаткові елементи, що відображають умови, за якими здійснюється транспортний процес для власників вантажу, «канали (протоки)» – елементи, що відображають географію маршруту сервісу та впливають на нього з точки зору витрат. Для кожного елемента сформовано відповідну множину параметрів, які у сукупності описують систему морських контейнерних перевезень компанії-перевізника. Параметри елементів лінії визначають результати роботи суден і функціонування лінійного сервісу в цілому. Результати оцінюються техніко-експлуатаційними та економічними показниками. Запропоновано дворівневий підхід до оцінки результатів роботи суден: перший рівень – рівень роботи конкретного судна; другий рівень – рівень функціонування лінійного контейнерного сервісу. Запропоновано підхід до визначення двох типів показників для оцінки функціонування лінійного сервісу, що передбачає, зокрема, враховувати контейнеромісткість суден для формування відносних показників (коефіцієнт використання контейнеромісткості, тайм-чартерний еквівалент). Подальшим розвитком зазначених результатів є формування оптимізаційних моделей для визначення оптимальних параметрів лінійних сервісів.*

**Ключові слова:** контейнерні перевезення, лінійний сервіс, ефективність, робота суден, техніко-експлуатаційні показники.

**Постановка проблеми.** Контейнерні перевезення займають вагомий частку у структурі морських перевезень, і подальше зростання обсягів світової торгівлі призводить до відповідного зростання кількості суден-контейнеровозів у складі світового флоту та різноманітності лінійних сервісів, які пов'язані з роботою, як правило, кількох суден на певному маршруті за встановленим розкладом. Сучасні гігантські компанії лінійних перевізників, такі як MSC, Maersk, CMA-CGM, Evergreen розпоряджаються флотом, який налічує 600–700 суден, а флот відносно невеликих компаній також становить до 50–100 одиниць. Дані судна працюють на множині різноманітних з точки зору географії та протяжності ліній, причому попит на перевезення може не просто коливатися, а змінюватися принципово з урахуванням глобальних змін у світовій торгівлі. Таким чином, йдеться про цілу систему морських контейнерних перевезень для кожної компанії-перевізника,

в рамках якої множина суден розподілена серед множини лінійних сервісів (ліній), та на роботу цих суден впливає система відповідних факторів – попиту на морські перевезення, доступність окремих портів, вартість судового палива тощо.

Управління роботою флоту компанії лінійного перевізника передбачає рішення як стратегічного характеру, так і оперативного, ґрунтуючись на системі відповідних техніко-експлуатаційних та економічних показників. Дані показники мають відображати не просто результати роботи окремих суден, а функціонування лінійного сервісу в цілому, що базується на відповідній системі параметрів, які можуть бути використані, з одного боку, для аналізу поточної ситуації, з іншого боку, для прогнозів та оптимізації даних параметрів для заданих умов. До рішень, пов'язаних з оптимізацією параметрів системи морських перевезень, наприклад, відноситься перерозподіл суден на різних лінійних сервісах, зміна структури ліній

з точки зору складу портів тощо, що є актуальним для компаній-перевізників в умовах мінливої ситуації на ринку морських контейнерних перевезень.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** З урахуванням значимості морських контейнерних перевезень та постійної зміни умов роботи компаній лінійних перевізників, які стикаються з новими глобальними викликами, багато дослідників звертаються до проблеми роботи суден-контейнеровозів на лініях. Теоретичний базис роботи суден у контейнерній транспортно-технологічній системі наданий у роботах [1,2], де, наприклад, обґрунтовані умови доцільності заходу судна у факультативні порти та умови економічно-доцільного завантаження судна.

Комплекс відповідних завдань, які розглядаються у сучасній літературі, досить широкий, але він може бути розподілений на більш глобальні напрями. Так, важливою проблемою є функціонування магістрально-фідерного сполучення, що було предметом дослідження у [3–5]. У цих роботах увага зосереджена на параметрах контейнеропотоків та їх оптимальному розподілу у межах системи магістрально-фідерної лінії. Слід зазначити, що в [3] акцент зроблено на оптимізації розподілу контейнеропотоків за існуючої магістрально-фідерної системи із заданими характеристиками суден, що працюють у даній системі. У [4] увагу приділено вивезення порожніх контейнерів у структурі контейнеропотоків та їхнього розподілу між суднами. Вплив зміни обсягу контейнеропотоків магістральної лінії на функціонування фідерного сервісу розглянуто в [5]. Проблемі оптимізації вивезення порожніх контейнерів у рамках лінійного сервісу присвячені також роботи [6,7].

Другим напрямом у рамках досліджень роботи суден-контейнеровозів та функціонування лінійних сервісів є проблема формування маршрутів та відповідного розкладу роботи суден. Цим питанням присвячені роботи [8–10]. У [8] розглядаються можливі варіанти структури ліній з погляду глобальних складових – Європа, Азія, Америка, а також принципи формування магістрально-фідерних ліній. Робота [9] спрямовано на врахування особливостей портів заходу для формування ліній. У [10] вирішуються завдання з управління роботою суден у рамках конкретної лінії на оперативному рівні (автори розглядають проміжок часу 3–6 місяців), а саме, перегляд портів заходу, розкладу та оптимізація швидкості судна на переходах між портами. Окремі питання

оптимізації розкладу роботи суден, у тому числі з урахуванням невизначеності, розглядалися у роботах [11–14].

Як раніше вже згадувалося, формалізація системи морських перевезень компаній перевізників та її параметрів є необхідним теоретичним базисом для оптимізації: складу флоту, розподілу та перерозподілу флоту, складу лінійних сервісів тощо. Слід зазначити, що з проблемою розподілу суден пов'язано достатня кількість робіт, наприклад, [15–18]. У цих роботах пропонувалися рішення щодо суден за різних комерційних умов: для довгострокових контрактів з урахуванням їхньої специфіки [15,16], а також при обслуговуванні вантажопотоків на умовах рейсового чартеру з урахуванням невизначеності основних факторів впливу [17,18]. Тим не менш, дані роботи орієнтовані на судна-балкери та специфіку їх роботи, тому представлені результати потребують адаптації до умов роботи ліній, як й відповідні структура системи та параметри, які було прийнято.

Що стосується формалізації системи морських контейнерних перевезень та її параметрів, то слід зазначити роботи [3] та [19], які в рамках розглянутих завдань досить добре описали і систему [3], магістрально-фідерну, і параметри [19] контейнерних перевезень, але ці результати орієнтовані на конкретні завдання та враховують лише той склад елементів та параметрів, який актуальний для них.

Таким чином, для побудови теоретичного фундаменту для подальшого дослідження рішень, пов'язаних з роботою флоту на сукупності лінійних сервісів, необхідна формалізація системи морських перевезень компанії-перевізника, що є предметом даного дослідження.

**Постановка завдання.** Таким чином, метою даного дослідження є встановлення та формалізація структури та параметрів системи морських контейнерних перевезень компанії-перевізника як теоретичної бази для подальших досліджень питань забезпечення та підвищення ефективності процесів управління роботою суден-контейнеровозів на лініях. Мета дослідження обумовлює рішення наступних завдань:

- 1) визначення структури та формалізований опис складових системи морських контейнерних перевезень компанії-перевізника;
- 2) визначення основних параметрів елементів контейнерного лінійного сервісу;
- 3) формування дворівневого підходу до оцінки результатів роботи суден на лініях.

**Виклад основного матеріалу.**

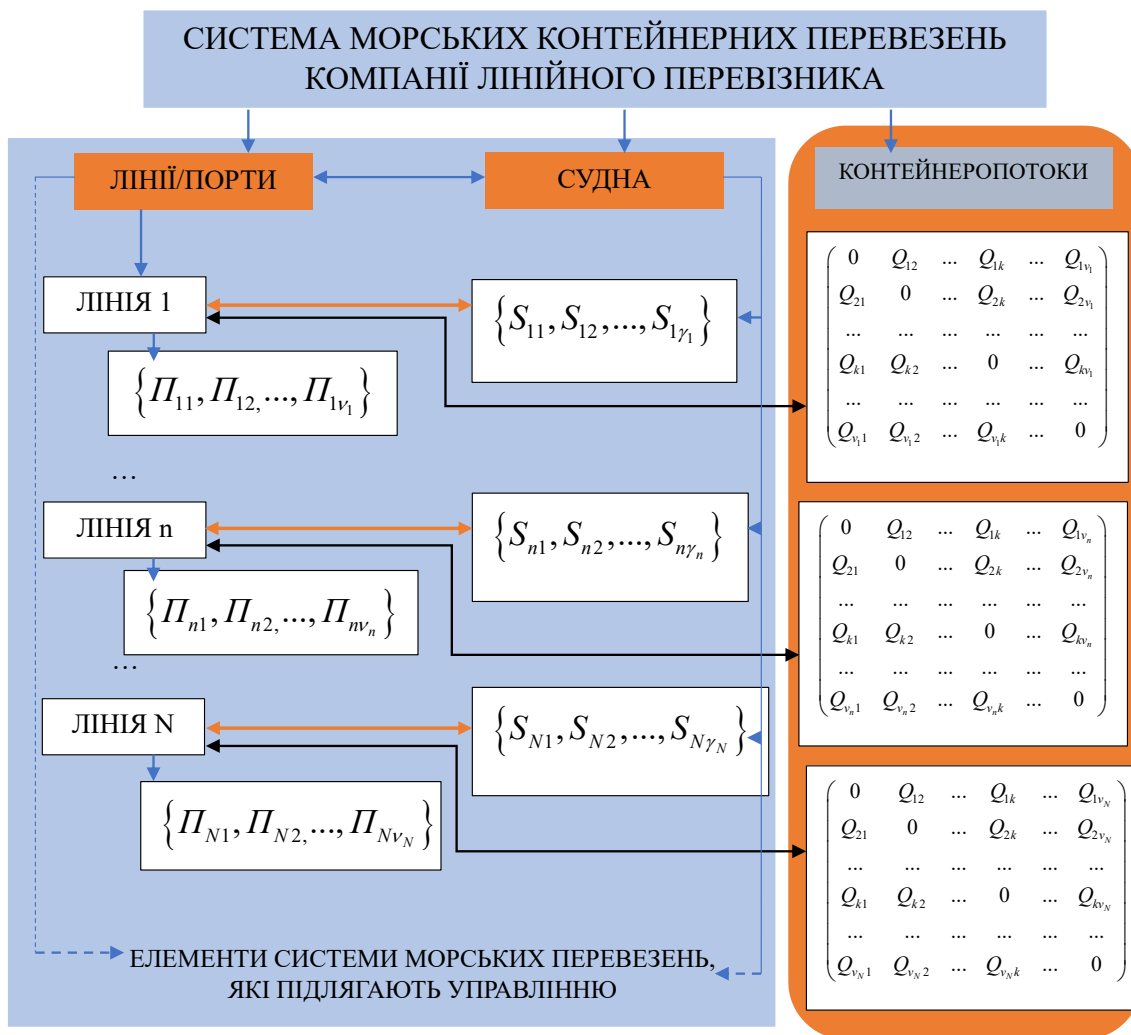
**Система морських контейнерних перевезень компанії-перевізника**

Отже, система морських контейнерних перевезень компанії-перевізника представлена схемою на рис. 1. Основними елементами даної системи є «лінії» та «судна», які на них працюють. Зазначимо, що саме ці елементи є «керованими» з точки зору судноплавної компанії. Причому управлінню підлягають як загальна кількість суден, що працюють, та розподіл суден, так і їх характеристики. Також управлінню підлягає набір портів кожної лінії, а також сукупність лінійних сервісів. Зазначимо, що «контейнеропотоки» є також невід'ємною частиною системи морських перевезень компанії-перевізника, але, на відміну від ліній та суден, підлягають «управлінню» лише частково. Природно, що конкурентна політика компанії та робота з клієнтами формують вплив на контейнеропотоки та дозволяють впливати на

них на користь перевізника. Але при, наприклад, ситуаціях політичного характеру, або таких як війна в Україні, коли порти та цілий регіон є недоступними для роботи, вплинути на контейнеропотоки компанія-перевізник не в змозі.

Кожна лінія  $LS_n, n = \overline{1, N}$ , у свою чергу, включає множину портів  $\Pi_n = \{\Pi_{n1}, \Pi_{n2}, \dots, \Pi_{nv_n}\}$  та множину суден  $S_n = \{S_{n1}, S_{n2}, \dots, S_{n\gamma_n}\}$ , які «прив'язані» до лінії та працюють за певним розкладом  $R_n = \{R_{n1}, R_{n2}, \dots, R_{n\gamma_n}\}$ . Зазначимо, що кожен елемент множини  $R_n$  відображає графік роботи відповідного судна – час приходу та відходу в/з кожного порту лінії.

$\Pi_{nv}$  – порт лінії,  $n = \overline{1, N}, v = \overline{1, v_n}, v_n$  – кількість портів цієї лінії;  $S_{n\gamma}$  – судно, яке працює на лінії;  $n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}, \gamma_n$  – кількість суден, що працюють на даній лінії;  $\Gamma = \sum_{n=1}^N \gamma_n$  – загальна кількість суден компанії, що працюють на лініях;



**Рис. 1.** Система морських перевезень грузів в контейнерах компанії-перевізника

$\Omega_s = \bigcup_{n=1}^N \bigcup_{\gamma=1}^{\gamma_n} S_{n\gamma}$  – множина суден компанії, які працюють на лініях.

Зазначимо, що уточнення для суден компанії – «працюючих на лініях» – не випадкове. Судноплавна компанія може володіти й іншими судами, які з погляду комерційної доцільності можуть бути здані в тайм-чартерну оренду. У свою чергу, компанія може брати в тайм-чартерну оренду судна з тими характеристиками, які є найбільш відповідними з точки зору роботи на конкретній лінії у певний проміжок часу. Так, наприклад, зменшення вантажної бази (контейнеропотоків) на конкретному напрямку може призвести до необхідності використання судна меншої контейнеромісткості, тоді як судно більшої контейнеромісткості, якщо немає можливості його використовувати на інших лініях, здати в тайм-чартерну оренду.

Контейнеропотоки кожної лінії характеризуються обсягами між конкретними портами лінії  $Q_{v_n,k}, n = \overline{1, N}, k = \overline{1, v_n}$ , формуя матрицю  $Q_n, n = \overline{1, N}$  виду:

$$Q_n = \begin{pmatrix} 0 & Q_{12} & \dots & Q_{1k} & \dots & Q_{1v_n} \\ Q_{21} & 0 & \dots & Q_{2k} & \dots & Q_{2v_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Q_{k1} & Q_{k2} & \dots & 0 & \dots & Q_{kv_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Q_{v_n,1} & Q_{v_n,2} & \dots & Q_{v_n,k} & \dots & 0 \end{pmatrix}, n = \overline{1, N} \quad (1)$$

Таким чином, система морських перевезень компанії-перевізника складається з множини підсистем – лінійних сервісів, які включають набір портів і суден з відповідним розкладом. Утворюючими одиницями системи морських перевезень на цьому рівні є порти, судна і контейнеропотоки. Отже, кожен лінійний сервіс компанії-перевізника (підсистема системи морських перевезень) може бути описаний наступним набором – порти  $P_n$ , судна  $S_n$ , канали (протоки)  $H_n$ , контейнеропотоки, розклад  $R_n$ , тарифи  $C_n$ :

$$LS_n = \langle P_n, H_n, S_n, Q_n, R_n, C_n \rangle, n = \overline{1, N}, \quad (2)$$

де  $P_n, S_n, Q_n, R_n$  уявляють собою множини портів, суден, величин контейнеропотоків між портами та розклад роботи суден;

$$H_n = \{H_{n1}, \dots, H_{n\psi_n}\}, n = \overline{1, N} \quad (3)$$

– множина каналів, протоків або інших інфраструктурних об'єктів у процесі прямування судном морського шляху в рамках маршруту лінії, за які стягується плата – наприклад, Панамський

канал, Суецький канал, Босфор і Дарданелли і т.д.  $\psi_n$  – кількість даних об'єктів в рамках маршруту лінії  $n = \overline{1, N}$ ;

$C_n$  – матриця цін (тарифів) для перевезення одного контейнера між портами лінії. Фактично, з урахуванням того, що перевезенню підлягають різні види контейнерів, то елементи цієї матриці є векторними величинами, розмірність яких відповідають кількості видів контейнерів, що підлягають перевезенню (наприклад, 20 футовий контейнер, 40 футовий контейнер, рефконтейнер тощо). Але, не обмежуючи загальності, в даному випадку розглядатимемо найпростіший варіант матриці – тільки для 20 футового контейнера:

$$C_n = \begin{pmatrix} 0 & C_{12} & \dots & C_{1k} & \dots & C_{1v_n} \\ C_{21} & 0 & \dots & C_{2k} & \dots & C_{2v_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{k1} & C_{k2} & \dots & 0 & \dots & Q_{kv_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{v_n,1} & C_{v_n,2} & \dots & C_{v_n,k} & \dots & 0 \end{pmatrix}, n = \overline{1, N}. \quad (4)$$

Сукупність всіх лінійних сервісів компанії-перевізника формує, як згадувалося вище, його систему морських перевезень, математично це може бути описано наступним чином:

$$L = \bigcup_{n=1}^N LS_n. \quad (5)$$

$Q_n$  є екзогенними величинами, на відміну від інших складових  $LS_n$ .

### Параметри основних елементів контейнерного лінійного сервісу

Як відомо, кожна система (підсистема) характеризується набором параметрів. Зазначимо, що згідно з прийнятим підходом, параметр – властивість чи показник об'єкта чи системи, яку можна виміряти; результатом вимірювання параметра системи є число чи величина параметра, а саму систему можна розглядати як множину параметрів, яку дослідник вважав за необхідне виміряти для моделювання її поведінки. Іншими словами, параметр – це узагальнена назва певної властивості системи/процесу. Утворюючими одиницями системи морських перевезень на цьому рівні є порти, судна і контейнеропотоки, які можна описати наборами показників, які, власне, і формують параметри кожного лінійного сервісу (підсистеми системи морських перевезень). Деталізація цих наборів залежить від розв'язуваних завдань. Таким чином, для підсистеми «лінійний сервіс» системи морських перевезень основними елементами є: «порти», «судна», «контейнеропотоки»,

а розклад та тарифи – це додаткові елементи, що відображають умови, за якими здійснюється транспортний процес для власників вантажу, «канали (протоки)» – елементи, що відображають географію маршруту сервісу та впливають на нього з погляду витрат.

*Елемент «судна».* Мінімально необхідний набір для управління роботою суден у даній системі для елемента судна пропонується наступний:

$$S_{ny} = \langle K_{ny}, NT_{ny}, BT_{ny}, r_{ny}, r_{ny}^{bunk\_v}, r_{ny}^{bunk\_p} \rangle, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}, (6)$$

де  $K_{ny}$  – контейнеромісткість судна, TEU;  $NT_{ny}$ ,  $BT_{ny}$  – відповідно, нетто- та брутто-тоннаж судна (паспортні характеристики), які визначають важливу складову витрат по судну – портові збори та плати, а також вартість проходження каналів та проток (Босфор, Дарданелли);  $r_{ny}$  – норматив постійних витрат по судну, дол/доб;  $r_{ny}^{bunk\_v}$  – витрати палива на ходу (для усередненої швидкості), т/доб;  $r_{ny}^{bunk\_p}$  – витрати палива на стоянці, т/доб;

Усі зазначені параметри елемента лінійного сервісу «судно» фактично умовно-постійними величинами і відбивають характеристики судна без прив'язки до лінії. Так, добові витраті палива  $r_{ny}^{bunk\_v}$  та  $r_{ny}^{bunk\_p}$  залежать тільки від судна (його головної енергетичної установки, допоміжних двигунів, віку судна та технічного стану двигунів судна). Норматив постійних витрат  $r_{ny}$  розглядається тільки для власних суден перевізника, якщо конкретне судно, що розглядається, є орендованим у тайм-чартер, то в цьому випадку (6) трансформується в:

$$S_{ny} = \langle K_{ny}, NT_{ny}, BT_{ny}, f_{ny}^{t-ch}, r_{ny}^{bunk\_v}, r_{ny}^{bunk\_p} \rangle, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}, (7)$$

де  $f_{ny}^{t-ch}$  – ставка тайм-чартерної оренди судна.

Тільки об'єднання параметрів певних суден та інших складових лінійного сервісу формують результати роботи суден, які пізніше будуть визначені як параметри системи «лінійний сервіс».

*Елемент «порти».* Для елемента лінійного сервісу «порти»  $\Pi_n = \{ \Pi_{n1}, \Pi_{n2}, \dots, \Pi_{nv_n} \}$  пропонується такі параметри  $r_{nk}^{port\_NT}$ ,  $r_{nk}^{port\_BT}$ ,  $r_{nk}^{port}$ , які відображають вартість перебування судна в порту для 1 NT та 1 BT, відповідно, оскільки, як правило, портові збори та плати нараховуються саме на NT та BT судна):

$$\Pi_{nk} = \langle r_{nk}^{port\_NT}, r_{nk}^{port\_BT} \rangle, k = \overline{1, v_n}, n = \overline{1, N}. (8)$$

*Елемент «Канали (протоки)».* Як і у випадку з портами, для даного елемента використовуємо параметри  $h_{ng}^{NT}$ ,  $h_{ng}^{BT}$ , які характеризують вартість 1 NT і 1 BT проходження судном каналу або про-

токи (або іншого інфраструктурного об'єкта на маршруті прямування):

$$H_{ng} = \langle h_{ng}^{NT}, h_{ng}^{BT} \rangle, g = \overline{1, \psi_n}, n = \overline{1, N}. (9)$$

*Елемент «контейнеропотоки».* Що ж до контейнеропотоків, то тут слід зазначити таке. Зміни у структурі лінії, тобто набору портів, а також у кількості суден, призводять до зміни частоти заходу суден у порти та відповідного розкладу їх роботи. Ключовим чинником тут є попит, тому логічний ланцюжок: «контейнеропотоки» – «порти»+судна – «розклад»+ «тарифи» формує етапність прийняття рішень щодо функціонування лінії та роботи суден. Проте, тут слід зауважити – у деяких ситуаціях компанії-перевізники відкривають лінійний сервіс, орієнтуючись виключно не на існуючий, а на потенційний попит. Наприклад, якщо йдеться про порти з контейнерними терміналами Китаю або Північної Європи, то в даному випадку попит є реальним і прогнозованим (на перспективу). Але якщо розглядаються, наприклад, практично неконтейнеризовані порти, то компанії-перевізники можуть інвестувати (і це відбувається) у будівництво терміналів (як єдині інвестори або з партнерами) і відкривають контейнерний сервіс, по суті, на «порожньому місці», інтенсифікуючи таким чином процес контейнеризації регіону. Такими прикладами можуть бути лінії, які працюють із деякими портами в Африці. У цьому випадку виникає інший логічний ланцюжок: "порти" + "судна" – "розклад" + "тарифи" – "контейнеропотоки".

1) У першій ситуації доступна інформація про минулі величини контейнеропотоків та прогнози традиційної вантажної бази, що дає можливість оцінити параметри закону розподілу випадкової величини – обсягів контейнеропотоків. Як мінімальний набір параметрів елемента  $Q_{lk}, l, k = \overline{1, v_n}; n = \overline{1, N}$ , «контейнеропотоки» в этом случае предлагается следующий:

$$Q_{lk} = \langle \bar{Q}_{lk}, \sigma_{Q_{lk}} \rangle, k, l = \overline{1, v_n}, n = \overline{1, N}, (10)$$

де  $\bar{Q}_{lk}$  – середнє значення (математичне очікування) контейнеропотоку між портами  $l, k = \overline{1, v_n}; n = \overline{1, N}$  - що може бути прийнято як річна величина, або середня кількість контейнерів на місяць,

$\sigma_{Q_{lk}}$  – середньоквадратичне відхилення контейнеропотоків між портами  $l, k = \overline{1, v_n}; n = \overline{1, N}$  - відповідно, або на рік, або на місяць.

Ці параметри відображають невизначеність контейнеропотоків. У джерелах, у яких наводилися результати дослідження невизначеності

вантажопотоків, наприклад, [19–22], зазначено, що з урахуванням того, що контейнеропотоки можуть бути розглянуті як безперервні величини: по-перше, як правило, оперують обсягами контейнеропотоків не в TEU, а в тис. TEU, Звідки і виникають практично безперервні за своєю природою величини (12,567 тис. TEU, або 218,350 тис. TEU); по-друге, у багатьох статистичних звітах наводяться обсяги контейнеропотоків не в TEU, а тис.т, таким чином, обсяги контейнеропотоків наводяться формою до обсягів вантажопотоку, які за своєю природою є безперервними величинами. Отже, не обмежуючи спільності, можна вважати, що обсяги контейнеропотоків є безперервними величинами, які підпорядковуються нормальному закону розподілу з параметрами  $\bar{Q}_{lk}, \sigma^2_{Q_{lk}}$ . «Нормальність» контейнеропотоків та вантажопотоків досліджувалася, зокрема, у [19].

2) У другій ситуації, коли відсутня або недостатня статистика про «повідінку» контейнеро-

потоків, або характер ситуації такий, що можна оцінити тільки окремі можливі варіанти, то закон розподілу може бути сформульований на підставі думок експертів. Тоді набір параметрів, що характеризують елемент «контейнеропотоки» буде наступним:

$$Q_{lk} = \langle (Q^m_{lk}, p^m_{lk}), m = \overline{1, M} \rangle, k, l = \overline{1, v_n}, n = \overline{1, N}, \quad (11)$$

де пари  $(Q^m_{lk}, p^m_{lk})$  відображають можливе значення контейнеропотока і його ймовірність.

Так, основні параметри системи «лінійний контейнерний сервіс» – підсистеми системи морських контейнерних перевезень компанії-перевізника можуть бути узагальнені у вигляді схеми на рис. 2.

Слід відзначити, що відповідно до встановленого вище, множина, що характеризує лінійний контейнерний сервіс компанії-перевізника, включає в себе також розклад і тарифи, які не включені в дану схему (рис. 2), як додаткові елементи зазна-

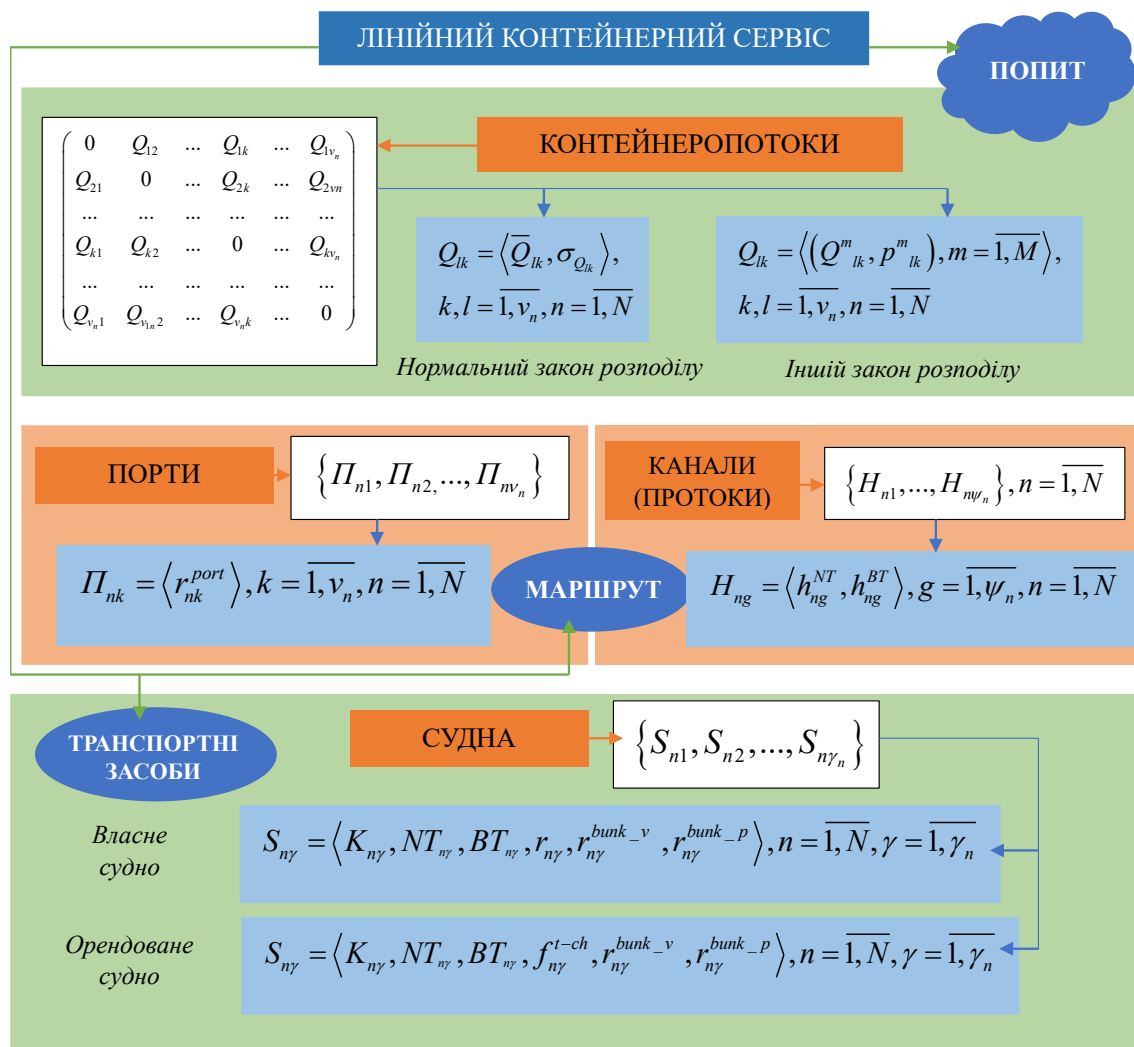


Рис. 2. Параметри основних елементів контейнерного лінійного сервісу

ченої множини. Тем не менше, це є параметри, які необхідні для оцінки результатів роботи суден. Розклад пропонується охарактеризувати параметрами:

$$\langle T_{n1}, T_{n2}, \dots, T_{n\gamma_n} \rangle, n = \overline{1, N}, \quad (12)$$

які відображають тривалість кругових рейсів кожного судна, що працює на лінії. Дані тривалості служать основою для визначення кількості рейсів у розглянутий період часу та оцінки річної, наприклад, ефективності роботи суден. Безпосередньо тривалість рейсів дозволяє оцінити добову ефективність роботи суден, прийняту в судноплаванні – тайм-чартерний еквівалент.

Відзначимо, що з представленої сукупності параметрів варіюванню (з точки зору перевізника) підлягають вони всі:

- «судно» може бути замінено на більше або менше по контейнеромісткості;
- «порти» можуть бути виключені або включені до складу лінії, що призводить до зміни «розкладу»;
- зміни «тарифів», зумовлені ринковою/конкурентною ситуацією або змінами в собівартості перевозок під впливом, перш за все, ринкових факторів (наприклад, вартості судового палива або удорожчання судозаходів).

«Контейнеропотоки» при цьому є основополагаючим і основним впливовим елементом, тому що саме зміни параметрів контейнеропотоків приводять до необхідності зміни структури та параметрів контейнерної лінії. Структура лінії – це складові елементи: порти і судна, параметри – характеристики суден і портів, а також інших взаємозв'язаних з лінією елементів (каналів (проток), розкладу, тарифів)).

### Дворівневий підхід до оцінки результатів роботи суден на лініях

Параметри елементів лінії, що розглянуті вище, визначають результати роботи суден і функціонування лінійного сервісу в цілому. Результати оцінюються техніко-експлуатаційними та економічними показниками. Далі, оцінюючи досягнуті відзначені результати або прогнозуючи майбутні результати роботи суден на лінії, виникають два рівня показників:

1) перший рівень – рівень роботи конкретного судна;

2) другий рівень – рівень функціонування лінійного контейнерного сервісу.

Таке розгляд визначається тим, що на лінії можуть працювати кілька суден, з різними характеристиками, що призводить до необхідності дифе-

ренціації результатів їх роботи. Так, при досить успішному функціонуванні конкретного лінійного сервісу, окремо судно може працювати на межі беззбитковості, що вимагає перегляду доцільності його використання на цій лінії. Результати роботи суден  $G_{n\gamma}, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}$  є векторними величинами, розмірність яких визначає кількість розглянутих показників, включаючи як техніко-експлуатаційні, так і економічні. Результати  $G_n, n = \overline{1, N}$  роботи суден у цілому та функціонування контейнерної лінії є також векторною величиною,  $G_n = \langle G_n^1, G_n^2, \dots, G_n^\mu \rangle$ ,  $\mu$  – кількість розглянутих показників функціонування лінії, і передбачають два типи показників у своїй структурі.

Перший тип показників (абсолютні величини) – загальний їх індекс  $i$ , у цьому випадку розраховуються як сума відповідних показників роботи суден (наприклад, суммарний прибуток або суммарні витрати):

$$G_n^i = \sum_{\gamma=1}^{\gamma_n} G_{n\gamma}^i, n = \overline{1, N}, i = \overline{1, \mu'}, \quad (13)$$

$\mu'$  – кількість таких показників.

Другий тип показників – позначимо їх індекс у даному випадку  $j$  (речь іде про відносні показники, перш за все) враховує «веса» кожного судна в загальній роботі суден на лінії – наприклад, коефіцієнт використання контейнеромісткості, тайм-чартерний еквівалент):

$$G_n^j = \sum_{\gamma=1}^{\gamma_n} \beta_{n\gamma}^j \cdot G_{n\gamma}^j, n = \overline{1, N}, j = \overline{\mu'+1, \mu}, \quad (14)$$

$\mu - \mu'$  – кількість таких показників,  $\beta_{n\gamma}^j$  – веса показників по суднам в результатах функціонування лінії.

Для визначення  $\beta_{n\gamma}^j$  пропонується враховувати розмір судна – контейнеромісткість – це основа для визначення  $\beta_{n\gamma}^j$ : чим більше судно, тим більше вага цього судна в підсумковому результаті функціонування лінії. Як прийнято, для весів мають виконуватися умови:

$$\sum_{\gamma=1}^{\gamma_n} \beta_{n\gamma}^j = 1, n = \overline{1, N}, j = \overline{\mu'+1, \mu}, \quad (15)$$

$$\beta_{n\gamma}^j = \frac{K_{n\gamma}}{\sum_{\gamma=1}^{\gamma_n} K_{n\gamma}}, n = \overline{1, N}, j = \overline{\mu'+1, \mu}, \quad (16)$$

$K_{n\gamma}$  – контейнеромісткість судна  $\gamma$ , працюючого на  $n$  лінії;  $\sum_{\gamma=1}^{\gamma_n} K_{n\gamma}$  – сумарна контейнеромісткість усіх суден, які працюють на  $n$  лінії.

Отже, пропонується всі техніко-експлуатаційні та економічні показники роботи суден на лініях

розглядати з урахуванням даного дворівневого підходу (рівень конкретного судна на лінії та лінії в цілому) і двох типів показників (абсолютних і відносних) на рівні лінії.

**Висновки.** У даному дослідженні запропоновано формалізований опис структури та параметрів системи морських контейнерних перевезень компанії-перевізника, як сукупності відповідних підсистем лінійних сервісів.

Для підсистеми «лінійний сервіс» основними елементами є: «порти», «судна», «контейнеропотоки», а розклад та тарифи – це додаткові елементи, що відображають умови, за якими здійснюється транспортний процес для власників вантажу, «канали (протоки)» – елементи, що відображають географію маршруту сервісу та впливають на нього з точки зору витрат. Для кожного елемента сформовано відповідну множину параметрів, які у сукупності описують систему

морських контейнерних перевезень компанії-перевізника.

Параметри елементів лінії визначають результати роботи суден і функціонування лінійного сервісу в цілому. Результати оцінюються техніко-експлуатаційними та економічними показниками. Запропоновано дворівневий підхід до оцінки результатів роботи суден: перший рівень – рівень роботи конкретного судна; другий рівень – рівень функціонування лінійного контейнерного сервісу. Запропоновано підхід до визначення двох типів показників для оцінки функціонування лінійного сервісу, що передбачає, зокрема, враховувати контейнеромісткість суден для формування відносних показників (коефіцієнт використання контейнеромісткості, тайм-чартерний еквівалент).

Подальшим розвитком зазначених результатів є формування оптимізаційних моделей для визначення оптимальних параметрів лінійних сервісів.

#### Список літератури:

1. Кириллова О.В. Типологія транспортно-технологічних систем Водний транспорт. 2016. № 1(24), С. 63-73.
2. Кириллов Ю. І. Організація та управління роботою суден в контейнерній транспортно-технологічній системі: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.22.01 / Ю. І. Кириллов; Одес. нац. мор. ун-т. – О., 2013. – 24 с.
3. Кириллова О. В. До питання обґрунтування розподілу контейнеропотоків між суднами, обслуговуваними магістрально-фідерної лінії. *Науковий вісник Херсонської державної морської академії*. 2014. Т. 2. №. 11, С. С. 55-68.
4. Drozhzhyn O. Containership Traffic Optimization on Feeder Shipping Line. *Transport and Telecommunication Journal*. 2016. Vol.17(4), P. 314-321. DOI: 10.1515/tjt-2016-0028
5. Drozhzhyn O., Koskina Y. The Model of Container Feeder Line Organization Focused on the Nature and Parameters of External Container Flows. *Communications – Scientific Letters of the University of Zilina*. 2021. Vol. 23(2), P. 94-102. DOI: 10.26552/com.C.2021.2.A94-A102
6. Ruina Yang, Mingzhu Yu, Chung-Yee Lee, Yuquan Du, Contracting in ocean transportation with empty container repositioning under asymmetric information. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 145, 2021, Vol. 102173, ISSN 1366-5545, DOI: 10.1016/j.tre.2020.102173.
7. Chien-Chang Chou, Rong-Hua Gou, Chaur-Luh Tsai, Ming-Cheng Tsou, Chun-Pong Wong, Hui-Lin Yu. Application of a mixed fuzzy decision making and optimization programming model to the empty container allocation, *Applied Soft Computing*. 2010. Vol. 10, Issue 4, P. 1071-1079 DOI: 10.1016/j.asoc.2010.05.008
8. Tran, Nguyen & Haasis, Hans. A research on operational patterns in container liner shipping. *Transport*. 2018. Vol. 33, P. 619-632. DOI: 10.3846/transport.2018.1571.
9. Plum, Christian & Pisinger, David & Sigurd, Mikkel. A service flow model for the liner shipping network design problem. *European Journal of Operational Research*. 2014. Vol. 235, P. 378–386. DOI: 10.1016/j.ejor.2013.10.057.
10. Pasha, J., Dulebenets, M.A., Kavooosi, M. et al. Holistic tactical-level planning in liner shipping: an exact optimization approach. *Journal of Shipping and Trade*. 2020. Vol. 5:8 DOI: 10.1186/s41072-020-00060-4
11. Meng Q., Wang S., Andersson H., Thun K. Containership Routing and Scheduling in Liner Shipping: Overview and Future Research Directions. *Transportation Science*. 2014. Vol.48, P. 265-280. DOI: 10.1287/trsc.2013.0461
12. Li M., Xu H. Economies of scale in container ship under uncertainty of traffic volume. Dalian Haishi Daxue Xuebao. *Journal of Dalian Maritime University*. 2013. Vol. 39, P. 103-106.
13. Elmi Z, Singh P, Meriga VK, Goniewicz K, Borowska-Stefańska M, Wiśniewski S, Dulebenets MA. Uncertainties in Liner Shipping and Ship Schedule Recovery: A State-of-the-Art Review. *Journal of Marine Science and Engineering*. 2022. Vol.10(5), P. 563. DOI: 10.3390/jmse10050563



14. Ksciuk J., Kuhlemann S., Tierney K., Koberstein A. Uncertainty in maritime ship routing and scheduling: A Literature review. *European Journal of Operational Research*. 2023. Vol. 308, Issue 2, P. 499-524, DOI: 10.1016/j.ejor.2022.08.006
15. Vyshnevskiy D., Vyshnevskaya O., Onyshchenko S. Modeling of the distribution of the vessels' time budget under long-term freight contracts within conditions of uncertainty. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. 2019. Vol. 69 (4), P. 15–25. DOI: 10.31375/2226-1915-2019-4-15-25
16. Koskina Y., Onyshenko S., Drozhzhyn O., Melnyk O. Efficiency of tramp fleet operating under the contracts of affreightment. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2023. Vol. 20, P. 137-149 DOI: 10.20858/sjsutst.2023.120.9.
17. Onyshchenko S., Vyshnevskaya O., & Vyshnevskiy D. Justification of the optimal option and transportation parameters for export supplies using marine transport. *Technology Audit and Production Reserves*. 2023. Vol. 2(2(70)), P. 34–39. DOI: 10.15587/2706-5448.2023.277804
18. Onyshchenko S., Melnyk O. Efficiency of ship operation in transportation of oversized and heavy cargo by optimizing the speed mode considering the impact of weather conditions. *Transport and Telecommunication Journal*. 2022. Vol. 23(1), P. 73-80. DOI: 10.2478/tjt-2022-0007
19. Берестенко В., Онищенко С. Ймовірнісні характеристики мультимодальної доставки. *Розвиток транспорту*. 2021. Vol. 1(12), P. 118-128 DOI: 10.33082/td.2022.1-12.10
20. Rusanova S., Onyshchenko S. Development of transport and technological process options' concept for goods delivery with participation of maritime transport. *Technology audit and production reserves*. 2020. Т. 1. (2(51)), P.24–29. DOI: 10.15587/2312-8372.2020.198373
21. Павлова Н.Л., Онищенко С.П. Організація проєктно-орієнтованого управління транспортною компанією (на прикладі транспортно-експедиторської компанії). *Управління розвитком складних систем*, 2020. (42), С. 23-28. DOI: 10.32347/2412-9933.2020.42.23-28
22. Берестенко В., Онищенко С. Структура та характеристики мультимодальної доставки з позиції цифровізації. *Розвиток транспорту*. 2021. 4(11), 82-93. DOI: 10.33082/td.2021.4-11.08

#### **Bondarenko Yu.A. STRUCTURE AND PARAMETERS OF THE CARRIER'S CONTAINER TRANSPORTATION SYSTEM**

*Management of the liner carrier's fleet involves both strategic and operational decisions, based on a system of relevant technical, operational and economic indicators. These indicators should reflect not only the individual vessel results, but the linear service functioning at all, which is based on the appropriate system of parameters that can be used, on the one hand, to analyze the current situation, on the other hand, for forecasts and optimization of these parameters under certain conditions. This study proposes a structure and parameters formalized description for the maritime container transportation system as a set of relevant subsystems of linear services. For the "liner service" subsystem, the main elements are: "ports", "vessels", "container flows", as well as the schedule and tariffs are additional elements that reflect the conditions under which the transport process is carried out for cargo owners, also "channels" are the elements that reflect the geography of the service route and affect it in terms of costs. For each element, a corresponding set of parameters has formed, which describe the maritime container transportation system for the carrier company. The liner service parameters determine the results of the vessels operation and the functioning of the liner service at all. The results are evaluated by technical, operational and economic indicators. A two-level approach to the evaluation of vessel operation is proposed: the first level is the level of certain vessel operation; the second level – the level of linear container service functioning. An approach to the definition of two types of indicators for evaluating the linear service functioning is proposed, which takes into account the vessel's container capacity to form relative indicators (the container capacity use coefficient, time-charter equivalent). The further development of these results is the formation of optimization models for determining the linear services optimal parameters.*

**Key words:** container transportation, liner service, efficiency, vessel operation, technical and operational indicators.