

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)

УДК 656.6:616-036

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2024.2-21.04>

СИСТЕМА ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ СУДЕН-КОНТЕЙНЕРОВОЗІВ У РАМКАХ ЛІНІЙНИХ СЕРВІСІВ

Ю.А. Бондаренко¹, С.П. Онищенко²

¹Phd здобувач кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень»,
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,
ORCID ID: 0000-0001-8393-1481

²д.е.н., професор, професор кафедри
«Експлуатація флоту і технологія морських перевезень»,
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-7528-4939

Анотація

Вступ. Виявлення джерел підвищення ефективності має базуватися на аналізі техніко-експлуатаційних показників роботи суден. Таким чином, система техніко-експлуатаційних показників роботи суден на лініях, з одного боку, дає змогу оцінити використання суден як транспортних засобів, з іншого – визначити можливі шляхи підвищення економічної ефективності їхньої роботи через поліпшення використання основного ресурсу суден як транспортних засобів – їхньої провізної здатності. **Результати.** Для оцінки техніко-експлуатаційних результатів роботи судна на контейнерній лінії пропонується використовувати: інтегральний та локальні коефіцієнти використання контейнеромісткості судна на лінії у цілому та на окремих ділянках; інтегральний та локальні показники дисбалансу завантаження судна під час переходу між портами. Дані показники розроблено для аналізу роботи конкретного судна як на кожній ділянці лінії – переходу між портами, так лінії загалом. Для диференціації різного рівня даних показників пропонується використовувати терміни «локальний» та «інтегральний» відповідно для пари портів і лінії у цілому. Формування даних показників передбачає урахування протяжності кожної ділянки лінії у відношенні до загальної протяжності лінії як важелів. Дана система показників доповнює та деталізує існуючі підходи до оцінки використання суден у виробничому сенсі. Розрахунковий приклад продемонстрував роботу пропонованих формул для оцінки показників, а також їхню адекватну реакцію на зміну вихідних даних. **Висновки.** Пропоновані показники дають змогу оцінювати і прогнозувати доцільність та ефективність структури лінії й роботи конкретного судна на даній лінії. Локальні показники призначені для аналізу роботи судна між конкретною парою портів, інтегральні показники відображають техніко-експлуатаційні результати роботи судна на лінії. У рамках аналізу річного періоду ці показники можуть бути усереднені, а їхні середньоарифметичні значення повинні бути використані для оцінки результатів

та доцільності роботи даного судна на даній лінії, а також доцільності даної структури лінії з погляду набору портів. Окрім того, дані показники на рівні лінії – «інтегральні» показники є основою для подальшої техніко-експлуатаційної та економічної оцінки функціонування лінійного контейнерного сервісу в цілому.

Ключові слова: коефіцієнт використання контейнеромісткості, лінійний сервіс, транспортна робота, структура контейнерної лінії, дисбаланс, завантаження.

CONTAINER SHIPPING LINES PERFORMANCE INDICATORS SYSTEM

Yu.A. Bondarenko¹, S.P. Onyshchenko²

¹Phd applicant of the Department «Fleet Operations and Shipping Technology»,
Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0001-8393-1481

²Director of «MetalsUkrain Corp Ltd»

²Doctor of Economics, Professor, Professor at the Department
«Fleet Operations and Shipping Technology»,
Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-7528-4939

Summary

Introduction. The efficiency improvement sources identification should be based on the analysis of the technical and operational performance indicators of vessels. Thus, the system of technical and operational indicators of the container carries on the lines, on the one hand, allows to evaluate the use of vessels, on the other hand, to determine possible ways of increasing the economic efficiency of their operating by «improving» the use of the main vessels resource – their carrying capacity. **Results.** To evaluate the vessel technical and operational results on the container line, it is proposed to use: integral and local coefficients of the capacity utilization as the use of the container carriers' capacity on the line as a whole and on individual sections; integral and local indicators of ship loading imbalance during the transition between ports. These indicators are designed to analyze the operation of a specific vessel both on each section of the line – the transportation between ports, and on the line in general. To differentiate different levels of these indicators, it is suggested to use the terms «local» and «integral», respectively, for a pair of ports and the line as a whole. The formation of these indicators involves taking into account the distance of each section of the line in relation to the total line distance as weight. This system of indicators complements and details the existing approaches to the vessels use assessment in the production sense. The calculated example demonstrated the operation of the proposed formulas for evaluating indicators, as well as their adequate response to changes according to the initial data. **Conclusions.** The proposed indicators make it possible to evaluate and forecast the expediency and efficiency of the line structure and the vessel operation on this line. Local indicators are intended for the analysis of the vessel's operation between a specific pair of ports, integral indicators reflect the technical and operational results of the vessel's operation on the line. For the annual period, these indicators can be averaged, and their arithmetic mean values should be used to evaluate the results and feasibility of the vessels operating on this line, as well as the feasibility of line structure

from the point of view of the set of ports. In addition, these indicators at the line level – «integral» indicators are the basis for further technical, operational and economic evaluation of the container service functioning as a whole.

Key words: *container carriers capacity utilization rate; line service, transport work, container line structure, imbalance, loading.*

Вступ. Судноплавні лінії відіграють важливу роль у забезпеченні світової торгівлі. Практична більшість лінійних сервісів пов'язана з контейнерними перевезеннями та роботою суден-контейнеровозів, і лише невелика їхня частка – до 5% – припадає на перевезення з використанням багатоцільових (універсальних суден). Контейнерні лінії можна порівняти з артеріями для сучасної економіки, які утворюють основу для реалізації мультимодальних та інтермодальних перевезень. Контейнерні лінії (або лінійні сервіси) є динамічними структурами, які виникають, трансформуються і ліквідуються залежно від ринкових чинників. Лінійний сервіс – це певний маршрут та судна, які працюють за даним маршрутом відповідно до розкладу [1]. Ефективність кожного сервісу залежить як від ринкових чинників, так і від характеристик суден та специфіки портів. Зменшення ефективності лінійного сервісу є сигналом для перегляду набору портів та складу суден, які обслуговують цю лінію. Але навіть за умов досить задовільної економічної ефективності можуть бути варіанти її підвищення. Виявлення джерел підвищення ефективності має базуватися на аналізі техніко-експлуатаційних показників роботи суден. Таким чином, система техніко-експлуатаційних показників роботи суден на лініях, з одного боку, дає змогу оцінити використання суден як транспортних засобів, з іншого – визначити можливі шляхи підвищення економічної ефективності їх роботи через поліпшення використання основного ресурсу суден як транспортних засобів – їхньої провізної здатності.

Постановка проблеми. Як прийнято у теорії транспортних процесів, усі показники роботи суден (та транспортних засобів інших видів транспорту) діляться на техніко-експлуатаційні та економічні [2]. Існують різні трактовки поняття «техніко-експлуатаційні показники». Наприклад, у деяких джерелах вказується, що техніко-експлуатаційні показники характеризують рівень реалізації технічних можливостей транспортного засобу [3]. Деякі спеціалісти вважають, що техніко-експлуатаційні показники – це система взаємопов'язаних первинних та розрахункових показників, що характеризують можливе та фактичне використання транспортного засобу в існуючих умовах експлуатації [4].

У [5] стосовно техніко-експлуатаційних показників роботи суден наводиться такий перелік із посиланням на класичні для морського транспорту джерела:

- показники кількості й якості роботи флоту;
- показники перевезень і вантажообігу;
- показники технічної роботи та виробничої потужності судна і флоту;
- показники бюджету часу роботи флоту;
- показники реалізації технічної швидкості судна і флоту;
- показники використання вантажопід'ємності і вантажомісткості судна і флоту;
- результативні показники технічної продуктивності судна і флоту;

– показники інтенсивності обробки суден у морських портах; показники провізної здатності флоту.

Цей перелік був сформований у період планової економіки, окрім того, він більшою мірою орієнтований на судна, які не працюють на лінії у сучасному її розумінні, тому цей перелік такий великий.

Робота суден-контейнеровозів на лінії має певну специфіку, насамперед за рахунок специфіки лінійної форми судноплавства та особливостей роботи суден на лінії. Наприклад, технічна швидкість судна використовується так, щоб витримувалася розклад лінії, тому показник реалізації технічної швидкості судна у цьому разі не має особливого сенсу. Це стосується й показників бюджету часу, й інтенсивності обробки судна в морських портах, наприклад обробка суден у портах здійснюється в рамках розкладу лінії. Тому для контейнерних лінійних сервісів має значення дотримання розкладу [6].

Морські контейнерні перевезення є елементами різних систем – систем доставки, транспортно-технологічних систем, магістрально-фідерних систем, що досліджувалось у сучасних роботах. У рамках систем доставки важливими питаннями є маршрути доставки, їх оптимізація розглядалась у роботах [7–13].

Слід зазначити, що сучасну теоретичну базу роботи суден-контейнеровозів формують дослідження [14; 15], де розглянуто специфіку та встановлено методи організації роботи суден-контейнеровозів у контейнерній транспортно-технологічній системі. У даних дослідженнях акцентувалась увага саме на технологічних питаннях роботи суден, проте окремі комерційні питання також було розглянуто. Наприклад, важливим є обґрунтування комерційної доцільності заходження суден у факультативні порти лінії, результати дослідження цього питання наведені у [14]. Функціонування магістрально-фідерної системи контейнерних перевезень розглянуто у роботах [16–19]. Робота суден на лініях, але для універсальних суден, досліджувалось у [6], деякі результати даного дослідження можуть бути застосовані й для суден-контейнеровозів.

Таким чином, сучасні дослідження акцентували увагу саме на організації та управлінні роботою суден у рамках зазначених систем. Але ж залишається ще інший погляд на роботу суден – як елементів лінійного сервісу, ефективність якого обґрунтовується ефективністю роботи кожного судна. Слід зазначити, що з урахуванням специфіки предметної сфери вказаних досліджень техніко-експлуатаційні показники роботи суден на лініях не досліджувались у повному обсязі, але ж необхідність адаптувати «класичні» показники, такі, наприклад, як коефіцієнт використання вантажопід'ємності та пропозиції заміни вантажопід'ємності на контейнеромісткість, наведено у [17].

Таким чином, питання формування системи техніко-експлуатаційних показників роботи суден-контейнеровозів на лініях з урахуванням структури ліній та диференціації вантажопотоків між портами ліній на різних ділянках залишаються актуальними.

Ба більше, як уже було зазначено, велике значення має не лише робота конкретного судна, а й функціонування лінійного сервісу в цілому. А це пов'язано з оцінкою роботи множини суден на лінії та передбачає їх розгляд уже на іншому рівні та в рамках іншої системи, а саме системи лінійного сервісу.

Формування системи техніко-експлуатаційних показників роботи суден у рамках лінійного сервісу дасть змогу доповнити існуючу теоретичну базу та надасть інструментарій для більш глибокого аналізу використання суден і встановлення можливостей для підвищення ефективності функціонування лінійних сервісів.

Ціль статті. Виходячи з вищезазначеного, метою даного дослідження є розроблення системи техніко-експлуатаційних показників роботи суден у рамках лінійних сервісів для забезпечення більш повного та деталізованого аналізу використання виробничих можливостей суден.

Результати. Отже, для суден-контейнеровозів, що працюють на лінії, велике значення з погляду оцінки їхньої транспортної роботи – фактичної чи прогнозованої – мають техніко-експлуатаційні показники, які пов'язані з обсягами перевезень контейнерів (контейнеропотоками) та співвідношенням їх з основним ресурсом судна – провізною здатністю, базою для розрахунку якої є, насамперед, контейнеромісткість судна та відстані перевезень у рамках маршруту контейнерної лінії.

Як відомо, транспортна робота – це переміщення певної кількості вантажу на певну відстань, що для морського транспорту обчислюється в тонно-милях. З урахуванням того, що з погляду відстані перевезення маршрут лінії є заданою характеристикою, то основним параметром, який впливає на величину транспортної роботи і результату роботи судна-контейнеровозу (суден), є кількість контейнерів (TEU). Таким чином, контейнеропотоки, які пов'язані з портами лінії та даною компанією-перевізником, визначають і розміри відправок – кількість контейнерів, представлених до перевезення з порту до порту, що визначає завантаження судна на кожній ділянці лінії та формує, зрештою, транспортну роботу, яка виконана судном. Порівняння виконаної «корисної» транспортної роботи з фактично виконаною з урахуванням основного ресурсу судна-контейнеровозу – контейнеромісткості визначає сутність коефіцієнта використання контейнеромісткості.

Отже, одним із важливих техніко-експлуатаційних показників, що характеризують використання судна з виробничого погляду, є коефіцієнт використання вантажопід'ємності судна – контейнеромісткості для суден-контейнеровозів. Як правило, у літературних джерелах цей коефіцієнт розглядається як частка використання контейнеромісткості судна, та розрахункова формула формується за аналогією з коефіцієнтом використання чистої вантажопідйомності судна, яка враховує відношення «корисної роботи» – тонно-миль з урахуванням завантаження Q та відстані перевезення вантажу l – до «спільної роботи», яка враховує у тому числі й баластовий перехід у межах відстані кругового рейсу L та чисту вантажопідйомність судна D_v [2; 3]:

$$\alpha = \frac{Q \cdot l}{D_v \cdot L}. \quad (1)$$

Для суден-контейнеровозів ця формула може бути трансформована з урахуванням заміни завантаження в тоннах на завантаження в TEU, а також заміни чистої вантажопідйомності на контейнеромісткість (паспортну) судна. Окрім того, відсутні баластові ділянки, тому, по суті, на кожній ділянці лінії цей показник виражається так:

$$\alpha^{cont} = \frac{Q^{TEU}}{K}, \quad (2)$$

де Q^{TEU} – завантаження судна в TEU, K – контейнеромісткість судна (в TEU).

Тим не менше така трансформація не дає реального інструменту для оцінки використання контейнеромісткості судна під час роботи на лінії, у рамках якої розглядається кілька ділянок, на кожному з яких різне використання вантажопідйомності. Тому природним у цій ситуації є формування показника, який урахує використання контейнеромісткості на кожній ділянці маршруту лінії, а також тривалість кожної ділянки у складі лінії. Останнє, по суті, є ваговим коефіцієнтом: чим більша відстань, тим більша виконана робота, тому «корисна» робота на цій ділянці має більшу вагу, ніж в інших меншій протяжності.

Отже, нехай судноплавна компанія, що розглядається, працює в рамках N контейнерних сервісів – ліній. Кожна лінія $n = \overline{1, N}$ складається з ділянок, які формуються залежно від кількості портів v_n у складі лінії, тобто ділянки лінії – це послідовні проміжки між портами заходу суден. Формули, що пропонуються нижче, передбачають розгляд роботи суден на кожній лінії з урахуванням їх складників – ділянок.

Уведемо позначення:

$\alpha_{n\gamma}, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}$ – коефіцієнт використання контейнеромісткості судна γ на n -ої лінії, N – загальна кількість ліній, що розглядаються, γ_n – кількість суден, які працюють на n -ої лінії. Зазначимо, що термін «коефіцієнт» є усталеним терміном у практиці вітчизняних морських і річкових перевезень, хоча за фактом це «показник» використання контейнеромісткості;

$L_{lk}; l, k = \overline{1, v_n}, n = \overline{1, N}$ – відстані між портами n -ї лінії, v_n – кількість портів заходу в лінії;

$Q_{lk}^{\gamma}; l, k = \overline{1, v_n}, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}$ – кількість контейнерів (у TEU), що перевозяться (представлені до перевезення) між портами l, k на судні γ на n -ій лінії. Зазначимо, що Q_{lk}^{γ} не є завантаженням судна на переході між портами l, k , а лише її частиною. Так, наприклад, у порт $k = 4$ контейнери перевозяться як із порту $l = 3$, так і з портів $l = 2$ і $l = 1$. Окрім того, частина контейнерів слідує далі, наприклад у порт $k = 5$, що також має бути враховано. Таким чином, завантаження судна є сумою кількостей контейнерів, які занурені раніше і слідує або до, або далі розглянутого порту k .

Даний показник – коефіцієнт використання контейнеромісткості судна для контейнерної лінії – може бути визначений так:

$$\alpha_{n\gamma} = \frac{\sum_{l=1}^{v_n-1} L_{l(l+1)} \left(\sum_{k=l+1}^{v_n} (Q_{lk}^{\gamma} + \sum_{m<l} Q_{mk}^{\gamma}) \right)}{K_{n\gamma} \cdot L_n}, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}, \quad (3)$$

де

$$q_{l(l+1)}^{\gamma} = \left(\sum_{k=l+1}^{v_n} (Q_{lk}^{\gamma} + \sum_{m<l} Q_{mk}^{\gamma}) \right), l = \overline{1, v_n-1}, n = \overline{1, N} \quad (4)$$

виражає завантаження судна на переході між портами $l, l+1$, урахувуючи те, що завантажено в порту l для перевезення в наступні порти $k = l+1, l+2, \dots, v_n$, а також те, що було завантажено в попередніх портах $m < l$ і також слідує в порти $k = l+1, l+2, \dots, v_n$;

$K_{n\gamma}$ – контейнероємність судна в TEU;

L_n – протяжність маршруту лінії, що виражається як

$$L_n = \sum_{l=1}^{v_n} L_{l(l+1)}, n = \overline{1, N}. \quad (5)$$

Тут слід зазначити, що, як правило, маршрут лінії пов'язаний із заходом в одні й ті ж порти в напрямку в один та інший бік, тобто для судна це круговий рейс з обходом спочатку в одному порядку, потім у зворотному, одних і тих ж портів. Але ж зустрічаються й інші ситуації, коли порти в одному та іншому напрямках відрізняються, але ж незначно, це, звичайно, потребує певної адаптації наданих формул.

Складники (3)

$$\alpha_{n\gamma}^{l(l+1)} = \frac{\left(\sum_{k=l+1}^{v_n} (Q_{lk}^\gamma + \sum_{m<l} Q_{mk}^\gamma) \right)}{K_{n\gamma}}, l = \overline{1, v_n - 1}, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n} \quad (6)$$

є коефіцієнтами використання контейнеромісткості судна на переході між портами $l, l+1$ як відношення завантаження судна $q_{l(l+1)}^\gamma$ до його контейнеромісткості $K_{n\gamma}$.

$\frac{L_{l(l+1)}}{L_n}$ формує «вагу» ділянки між портами $l, l+1$ у межах маршруту лінії з погляду відстані перевезень – частку відстані між портами $l, l+1$ у загальній протяжності маршруту.

Значимо, що не лише «інтегральний» коефіцієнт використання контейнеромісткості судна на лінії (3), а й «локальний» коефіцієнт використання контейнеромісткості судна на окремій ділянці лінії (6) є інструментами оцінки доцільності використання судна з виробничого, перш за все, погляду. Так, (6) можна використовувати у сукупності з оцінкою комерційної доцільності заходу судна в порт [14; 15] під час оцінки доцільності включення/виключення конкретного порту/зі складу лінії, а в сукупності з (3) – для оцінки доцільності використання судна певної контейнеромісткості. Цей аналіз передуватиме аналізу економічної ефективності роботи судна на лінії.

Для демонстрації роботи показників (3) та (6) розглянемо приклад. У табл. 1, 2 представлено вихідні дані: кількість контейнерів, представлених до перевезення між портами лінії, а також відстані між портами лінії. Контейнеромісткість судна – 4000 TEU, кількість портів даної лінії – $v_n = 4$. Прокоментуємо окремі складники (3) та (6) для даного прикладу.

Довжина маршруту лінії становить $L_n = 2200$ миль, результати розрахунків подано у табл. 3.

Сума елементів останнього рядка формує шуканий коефіцієнт використання контейнеромісткості судна на даній лінії: $\alpha_{n\gamma} = 0,456$.

Таблиця 1

Кількість контейнерів, відправлених між портами, TEU – базовий варіант

| Порти лінії | Порт 1 | Порт 2 | Порт 3 | Порт 4 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| Порт 1 | 0 | 1400 | 1700 | 400 |
| Порт 2 | 300 | 0 | 300 | 300 |
| Порт 3 | 400 | 600 | 0 | 500 |
| Порт 4 | 200 | 600 | 250 | 0 |

Таблиця 2

Відстань перевезень між портами, миль

| Порти лінії | Порт 1 | Порт 2 | Порт 3 | Порт 4 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| Порт 1 | 0 | 400 | 250 | 460 |
| Порт 2 | 400 | 0 | 300 | 280 |
| Порт 3 | 250 | 300 | 0 | 400 |
| Порт 4 | 460 | 280 | 400 | 0 |

Таблиця 3

Результати розрахунків коефіцієнтів використання контейнеромісткості судна на ділянках маршруту лінії для базового варіанту вихідних даних

| Ділянка лінії (порти) | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-3 | 3-2 | 2-1 |
|---|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| $q_{l(l+1)}$ | 3500 | 2700 | 1200 | 1050 | 1800 | 900 |
| $\alpha_{ny}^{l(l+1)}$ | 0,875 | 0,675 | 0,3 | 0,2625 | 0,45 | 0,225 |
| $\frac{L_{l(l+1)}}{L_n}$ | 0,182 | 0,136 | 0,182 | 0,182 | 0,136 | 0,182 |
| $\frac{L_{l(l+1)}}{L_n} \cdot \alpha_{ny}^{l(l+1)}$ | 0,159 | 0,092 | 0,055 | 0,048 | 0,061 | 0,041 |

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що контейнеромісткість судна використовується на досить низькому рівні: навіть «локальні» коефіцієнти використання у багатьох ділянках становлять від 25% до 45 %, що визначає досить низьке значення α_{ny} . У процесі дослідження було змінено деякі кількості контейнерів (табл. 4), поданих до перевезення, між портами порівняно з початковими даними табл. 1:

Результати розрахунків для даних відправлень TEU у табл. 5.

Для цієї ситуації, тобто за зміни кількості контейнерів, представлених до перевезення між портами лінії, коефіцієнт використання контейнеромісткості судна став значно вищим і становив $\alpha_{ny} = 0,661$. Таким чином, можна стверджувати, що в середньому контейнеромісткість судна використовується на ділянках лінії

на 66% з урахуванням вагомості кожної ділянки маршруту. Рис. 1 демонструє порівняння середнього значення коефіцієнта використання контейнеромісткості на лінії у цілому (інтегральний показник) із локальними коефіцієнтами використання контейнеромісткості на ділянках маршруту.

Таблиця 4

Кількість контейнерів, відправлених між портами, TEU

| Порти лінії | Порт 1 | Порт 2 | Порт 3 | Порт 4 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|
| Порт 1 | 0 | 1400 | 1700 | 400 |
| Порт 2 | 1300 | 0 | 1000 | 300 |
| Порт 3 | 400 | 600 | 0 | 2500 |
| Порт 4 | 200 | 600 | 1250 | 0 |

Таблиця 5

Результати розрахунків коефіцієнтів використання контейнеромісткості судна на ділянках маршруту лінії за змін кількості відправлених контейнерів між портами

| Ділянка лінії (порти) | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-3 | 3-2 | 2-1 |
|---|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| $q_{l(l+1)}$ | 3500 | 3400 | 3200 | 2050 | 1800 | 1900 |
| $\alpha_{ny}^{l(l+1)}$ | 0,875 | 0,85 | 0,8 | 0,5125 | 0,45 | 0,475 |
| $\frac{L_{l(l+1)}}{L_n}$ | 0,182 | 0,136 | 0,182 | 0,182 | 0,136 | 0,182 |
| $\frac{L_{l(l+1)}}{L_n} \cdot \alpha_{ny}^{l(l+1)}$ | 0,159 | 0,116 | 0,145 | 0,093 | 0,061 | 0,086 |

— Коеф. використ локальний - - - Коеф. використання інтегральний

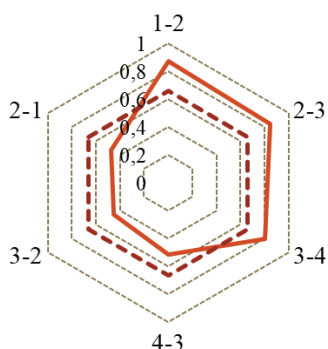


Рис. 1. Порівняння коефіцієнта використання контейнеромісткості судна 4000 TEU для лінії у цілому з локальними значеннями коефіцієнтів використання на ділянках маршруту

За заміни судна контейнероємністю 4000 TEU на судно контейнеромісткістю 3600 TEU логічно отримуємо більш високі значення локальних коефіцієнтів використання контейнеромісткості судна та збільшення інтегрального коефіцієнта використання контейнеромісткості до $\alpha_{\text{нл}} = 0,735$ (табл. 5, рис. 2).

Таблиця 6

Результати розрахунків коефіцієнтів використання контейнеромісткості судна на ділянках маршруту лінії для судна контейнеромісткістю 3600 TEU

| Ділянка лінії (порти) | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-3 | 3-2 | 2-1 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $q_{l(l+1)}$ | 3500 | 3400 | 3200 | 2050 | 1800 | 1900 |
| $\alpha_{\text{нл}}^{l(l+1)}$ | 0,972 | 0,944 | 0,889 | 0,569 | 0,500 | 0,528 |
| $\frac{L_{l(l+1)}}{L_n}$ | 0,182 | 0,136 | 0,182 | 0,182 | 0,136 | 0,182 |
| $\frac{L_{l(l+1)}}{L_n} \cdot \alpha_{\text{нл}}^{l(l+1)}$ | 0,177 | 0,129 | 0,162 | 0,104 | 0,068 | 0,096 |

— Коеф. використ локальний — Коеф. використання інтегральний

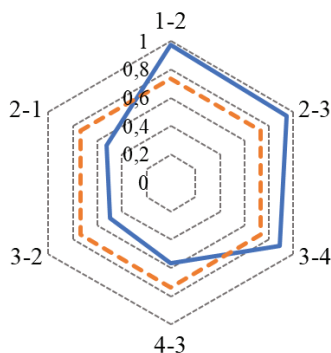


Рис. 2. Порівняння коефіцієнту використання контейнеромісткості судна 3600 TEU для лінії у цілому з локальними значеннями коефіцієнтів використання на ділянках маршруту

Аналіз використання контейнеромісткості на окремих ділянках лінії продемонстрував наявність дисбалансу у перевезеннях контейнерів на лінії у різних напрямках. Так, із портів 1, 2, 3 до порту 4 загальна кількість перевезених контейнерів становить 7300 TEU (табл. 5), тоді як у зворотному напрямку – 4350 TEU.

Слід зазначити, що показники дисбалансу «експорт – імпорт» є традиційними для лінійного судноплавства, ба більше, ступень даного дисбалансу

використовується компаніями-перевізниками під час формування деяких надбавок до ставки перевезення (наприклад, бункерної надбавки).

Більш детальніший погляд на оцінку дисбалансу дає змогу ввести у розгляд показник $IL_{n\gamma}^{l(l+1)}$ дисбалансу завантаження судна між парами портів:

$$IL_{n\gamma}^{l(l+1)} = \begin{cases} \frac{q_{l(l+1)}^\gamma}{q_{(l+1)l}^\gamma}, q_{(l+1)l}^\gamma \geq q_{l(l+1)}^\gamma; \\ \frac{q_{(l+1)l}^\gamma}{q_{l(l+1)}^\gamma}, q_{(l+1)l}^\gamma < q_{l(l+1)}^\gamma; \end{cases} \quad (7)$$

$$l = \overline{1, v_n - 1}, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}.$$

Так, для прикладу, що розглядається, отримуємо такі значення цього показника: $IL_{n\gamma}^{12} = 0,543$, $IL_{n\gamma}^{23} = 0,529$, $IL_{n\gamma}^{34} = 0,641$. Дані значення можуть трактуватися як відповідно 54%, 53% і 64% завантаження судна в «імпортному» (зворотному напрямку) порівняно з «експортним» напрямком.

Середній показник дисбалансу завантаження судна на лінії $IL_{n\gamma}$ може бути обчислений на базі підходу, що використовується вище, для визначення коефіцієнта використання контейнеромісткості, де як «ваги» використовувалися $\frac{L_{l(l+1)}}{L_n}$ відношення відстаней ділянок між портами і протяжністю всього маршруту лінії:

$$IL_{n\gamma} = \sum_{l=1}^{v_n-1} IL_{n\gamma}^{l(l+1)} \cdot \frac{2 \cdot L_{l(l+1)}}{L_n}, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}. \quad (8)$$

Зазначимо, що множення на 2 важелів $\frac{L_{l(l+1)}}{L_n}$ пропонується використовувати через те, що кожна ділянка між портами враховується двічі – в одному та іншому напрямку в рамках «локальних» показників дисбалансу завантаження судна.

Для розрахункового прикладу отримуємо: $IL_{n\gamma} = 0,574$, що означає, що у середньому завантаження судна у зворотному (імпортному) напрямку становить 57% від середнього завантаження експортного напрямку. Таким чином, ідея формування системи техніко-експлуатаційних показників роботи судна-контейнероза на лінії наведено на рис. 3. Рисунок ілюструє межі локальних (на ділянках) та інтегральних (лінія у цілому) показників, а також ідею їх формування на рівні ділянок: коефіцієнтів використання контейнеромісткості – як співвідношення контейнеромісткості судна та його завантаження, дисбалансу – як співвідношення завантаження в експортному та імпортному напрямках.

Отже, для оцінки техніко-експлуатаційних результатів роботи судна на контейнерній лінії пропонується використовувати:

1) коефіцієнт використання контейнеромісткості судна на ділянках лінії $\alpha_{n\gamma}^{l(l+1)}$ – «локальний» коефіцієнт використання контейнеромісткості;

2) коефіцієнт використання контейнеромісткості судна на лінії $\alpha_{n\gamma}$ – «інтегральний» коефіцієнт використання контейнеромісткості;

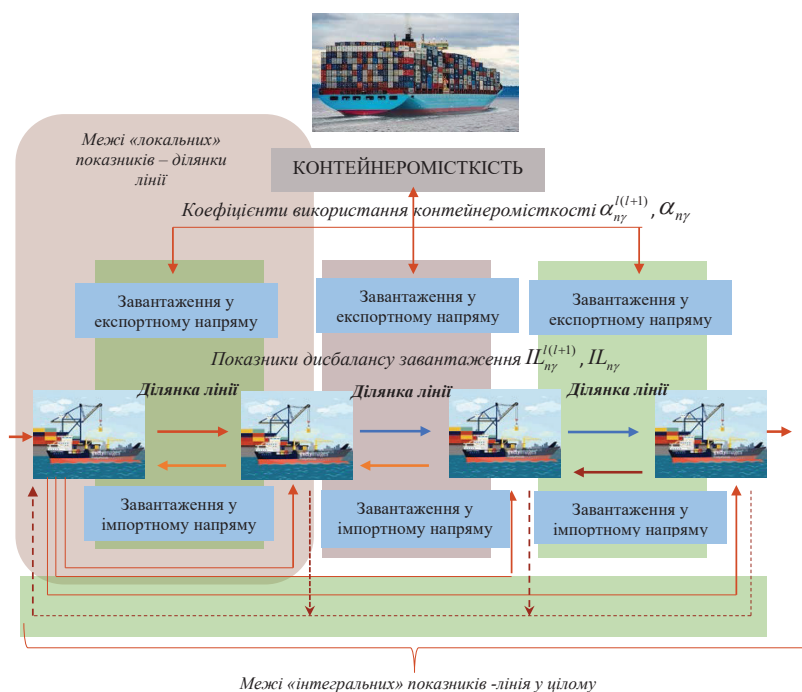


Рис. 3. Система основних техніко-експлуатаційних показників роботи судна-контейнеровоза на лінії

3) $IL_{ny}^{l(i+1)}$ – «локальний» показник дисбалансу завантаження судна під час переходу між портами;

4) IL_{ny} – «інтегральний» показник дисбалансу завантаження судна на лінії.

Дана система показників доповнює та деталізує існуючі підходи до оцінки використання суден у виробничому сенсі. Розрахунковий приклад продемонстрував роботу запропонованих формул для оцінки показників, а також їхню адекватну реакцію на зміну вихідних даних.

Висновки. У рамках даного дослідження розроблено систему базових техніко-експлуатаційних показників роботи суден-контейнеровозів на лініях.

Дані показники розроблено для аналізу роботи конкретного судна як на кожній ділянці лінії – переходу між портами, так лінії загалом. Для диференціації різного рівня даних показників пропонується використовувати терміни «локальний» та «інтегральний» відповідно для пари портів і лінії у цілому. Це дає змогу оцінювати та прогнозувати доцільність та ефективність структури лінії й роботи конкретного судна на даній лінії. Локальні показники призначені для аналізу роботи судна між конкретною парою портів, інтегральні показники відображають техніко-експлуатаційні результати роботи судна на лінії.

Зазначимо, що розглянуті вище показники належать до конкретного рейсу судна на лінії. У рамках аналізу, наприклад річного періоду, ці показники можуть бути усереднені, а їхні середньоарифметичні значення повинні бути використані для оцінки результатів та доцільності роботи даного судна на даній лінії, а також доцільності даної структури лінії з погляду набору портів. Окрім того,

дані показники на рівні лінії – «інтегральні» показники є основою для подальшої техніко-експлуатаційної та економічної оцінки функціонування лінійного контейнерного сервісу в цілому, що є напрямом подальшого дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко Ю.А., Онищенко С.П. Структура та невизначеність контейнеропотоків у системі морських перевезень. Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки». 2024. Т. 35(74). № 1. С. 139–146.
2. Кириллова О.В. Управління роботою портів. Основи теорії і практики : навчальний посібник. Одеса : ОНМУ, 2019. 141 с.
3. Давідіч Ю.О., Фалецька Г.І., Ольхова М.В. Ефективність транспорту. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2019. 74 с.
4. Основи теорії транспортних процесів та систем / А.І. Панченко та ін. Мелітополь : Люкс, 2021. 160 с.
5. Мелешенко К. Забезпечення сталого функціонування вантажопажирських поромів : автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.22.01. Одеса, 2018. 27 с.
6. Вишневський Д.О. Методичні основи організації роботи універсальних суден на міжнародних лініях : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Одеса, 2016. 171 с.
7. Берестенко В., Онищенко С. Ймовірнісні характеристики мультимодальної доставки. Розвиток транспорту. 2021. № 1(12). С. 118–128. DOI: 10.33082/td.2022.1-12.10.
8. 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)). Р. 24–29. DOI: 10.15587/2312-8372.2020.198373.
9. Берестенко В., Онищенко С. Структура та характеристики мультимодальної доставки з позиції цифровізації. Розвиток транспорту. 2021. № 4(11). С. 82–93. DOI: 10.33082/td.2021.4-11.08.
10. Король В.Ю. Обґрунтування маршрутів доставки вантажів при транспортно-експедиторському обслуговуванні контейнеропотоків. Вісник Одеського національного морського університету. 2018. Вип. 2(55). С. 82–95.
11. Korol V. (2018). Substantiation of quantitative composition of consignments in organizing aggregated shipments in containers. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(3 (96), 41–47. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.152013.
12. Pavlova N., Onyshchenko, S. (2021). Development and Research of a Model for Optimizing the Composition of a Project-Oriented Forwarding Company'Suppliers. Technology audit and production reserves, 1(2), 57. DOI: 10.15587/2706-5448.2021.225521.
13. Pavlova, N., & Onyshchenko, S. (2020). Організація проектно-орієнтованого управління транспортною компанією (на прикладі

- транспортно–експедиторської компанії). Управління розвитком складних систем, 42, 23–28. DOI: 10.32347/2412–9933.2020.42.23–28.
14. Кириллов Ю.І. Організація та управління роботою суден у контейнерній транспортно-технологічній системі : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Одеса, 2013. 24 с.
 15. Кириллова О.В. Теоретичні основи управління роботою флоту у транспортно-технологічних системах : автореф. дис. ... докт. техн. наук : 05.22.01. Одеса, 2016. 49 с.
 16. 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. 55–68.
 17. Drozhzhyn O. Containership Traffic Optimization on Feeder Shipping Line. *Transport and Telecommunication Journal*. 2016. Vol. 17(4). P. 314–321. DOI: 10.1515/ttj-2016-0028.
 18. 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.
 19. Drozhzhyn, O., Koskina, Y. (2021). The model of container feeder line organization focused on the nature and parameters of external container flows. *Komunikácie*, 23(2). DOI: 10.26552/com.C.2021.2.A94-A102.

REFERENCES

1. Bondarenko Yu.A., Onyshchenko S.P. Structure and uncertainty of container flows in the maritime transport system [Struktura ta nevyznachenist' konteyneropotokiv u systemi mors'kykh perevezen'] Academic notes of the Tavri National University V.I. Vernadskyi, Series: Technical Sciences, Volume 35 (74), No. 1, 2024, pp. 139–146. [in Ukrainian]
2. Kirillova O.V. Port Management [Upravlinnya robotoyu portiv]. Fundamentals of theory and practice: a study guide. Odesa: ONMU. 2019, 141 p. [in Ukrainian]
3. Yu.O. Davidych. Transport efficiency [Efektyvnist' transportu] / Yu.O.Davydich, G.I.Faletska, M.V.Olkhova; Kharkiv.nationalcityuniversity O.M. Beketov. – Kharkiv: XNUMX named after O. M. Beketova, 2019, 74 p. [in Ukrainian]
4. Panchenko A.I., Voloshina A.A., Boltyanskyi, O.V., Milayeva I.I., Panchenko I.A., Voloshyn A.A. Fundamentals of the theory of transport processes and systems [Osnovy teoriiy transportnykh protsesiv ta system]. Melitopol: VOC «Lux», 2021. 160 p. [in Ukrainian]
5. Meleshenko K. Ensuring sustainable operation of cargo-passenger ferries [Zabezpechennya staloho funktsionuvannya vantazhopasazhyrs'kykh poromiv:]: autoref. thesis for obtaining sciences. degree of doctor of technology Sciences: specialist 05.22.01 / K. Meleshenko; Odessa national plague Univ. O., 2018. 27 p. [in Ukrainian]

6. Vyshnevsky D.O. Methodical bases of the organization of work of universal vessels on international lines [Metodychni osnovy orhanizatsiyi roboty universal'nykh suden na mizhnarodnykh liniyakh]: diss. candidate: 05.22.01 / D.O. Vishnevskiy. Odessa, 2016. 171 p. [in Ukrainian]
7. Berestenko V., Onyshchenko S. Probability characteristics of multimodal delivery [Ymovirnisni kharakterystyky mul'tymodal'noyi dostavky]. Transport development. 2021. Vol. 1(12), P. 118–128 DOI: 10.33082/td.2022.1-12.10 [in Ukrainian]
8. 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. T. 1. (2(51)), P. 24–29. DOI: 10.15587/2312-8372.2020.198373
9. Berestenko V., Onyshchenko S. Structure and characteristics of multimodal delivery from the digitalization point of view [Struktura ta kharakterystyky mul'tymodal'noyi dostavky z pozytsiyi tsyfrovizatsiyi]. Transport development. 2021. 4(11), 82–93. DOI: 10.33082/td.2021.4-11.0810 [in Ukrainian]
10. Korol V.Yu. Justification of cargo delivery routes in transport and forwarding service of container flows [Obgruntuvannya marshrutiv dostavky vantazhiv pry transportno-ekspedytors'komu obsluhovuvanni konteyneropotokiv]. Bulletin of Odessa National Maritime University. 2018, 2(55), 82–95. [in Ukrainian]
11. Korol V. (2018). Substantiation of quantitative composition of consignments in organizing aggregated shipments in containers. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 6(3 (96), 41–47. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.152013
12. Pavlova N., Onyshchenko, S. (2021). Development and Research of a Model for Optimizing the Composition of a Project–Oriented Forwarding Company'Suppliers. Technology audit and production reserves, 1(2), 57. DOI: 10.15587/2706–5448.2021.225521
13. Pavlova, N., Onyshchenko, S. Organization of project-oriented management of a transport company (on the example of a transport and forwarding company). [Orhanizatsiya proyektno–oriyentovanoho upravlinnya transportnoyu kompaniyeyu (na prykladi transportno–ekspedytors'koyi kompaniyi)] Management of the development of complex systems, 42, 23–28. DOI: 10.32347/2412–9933.2020.42.23–28[in Ukrainian]
14. Kirillov Yu.I. Organization and management of the work of vessels in the container transport and technological system [Orhanizatsiya ta upravlinnya robotoyu suden v konteynerniy transportno-tekhnolohichniy systemi]: autoref. thesis for obtaining sciences. candidate's degree technical Sciences 05.22.01 / Yu.I. Kirillov; Odessa national plague Univ. O., 2013. 24 p. [in Ukrainian]
15. Kirillova O.V. Theoretical foundations of fleet operation management in transport and technological systems [Teoretychni osnovy upravlinnya robotoyu flotu u transportno-tekhnolohichnykh systemakh]: autoref. thesis

- for obtaining sciences. degree of doctor of technology Sciences: specialist 05.22.01 / O.V. Kirillova; Odessa national plague Univ. O., 2016. 49 p. [in Ukrainian]
16. O.V. Kirillova. On the question of substantiating the distribution of container flows between vessels serving the trunk-feeder line [Do pytannya obgruntuvannya rozpodilu konteyneropotokiv mizh sudnamy, obsluhovuyuchymy mahistral'no-fidernoyi liniy]. Scientific Bulletin of the Kherson State Maritime Academy. 2014. Vol. 2. No. 11, pp. 55–68. [in Ukrainian]
 17. Drozhzhyn O. Containership Traffic Optimization on Feeder Shipping Line. Transport and Telecommunication Journal. 2016. Vol. 17(4), P. 314–321. DOI: 10.1515/ttj-2016-0028
 18. 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
 19. Drozhzhyn, O., Koskina, Y. (2021). The model of container feeder line organization focused on the nature and parameters of external container flows. *Komunikácie*, 23(2). DOI: 10.26552/com.C.2021.2.A94-A102