

УДК 656.6:616-036
DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.4.1/40>

Онищенко С.П.

Одеський національний морський університет

Мельник О.М.

Одеський національний морський університет

Бондаренко Ю.А.

Компанія «Оскар», Одеса

Присяжнюк А.М.

Одеський національний морський університет

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СУДЕН-КОНТЕЙНЕРОВОЗІВ НА ЛІНІЇ З УРАХУВАННЯМ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ КОНТЕЙНЕРОПОТОКІВ

Метою даного дослідження є розробка теоретичних положень щодо оцінки ефективності роботи суден-контейнеровозів на лініях з урахуванням невизначеності контейнеропотоків, що дозволить забезпечити обґрунтованість рішень у системі управління роботою флоту судноплавних компаній, завдяки врахуванню реальних умов їх експлуатації.

Запропоновано формулу тайм-чартерного еквіваленту для судна-контейнеровозу на лінії, яка враховує ймовірнісну природу обсягів перевезень, як похідну від невизначеності контейнеропотоків. Визначено послідовність та сутність етапів процесу прогнозування обсягів перевезень між портами лінії для певного судна з урахуванням невизначеності контейнеропотоків. Оцінка контейнеропотоків та відповідних обсягів роботи суден передбачає розгляд трьох прогнозних значень – оптимістичного, песимістичного та більш ймовірного (середнього), що формується з урахуванням математичного опису невизначеності контейнеропотоків на оперативному та стратегічному рівнях управління. Сформульовані вирази тайм-чартерного еквіваленту судна-контейнеровоза для трьох варіантів обсягів перевезень – очікуваного, оптимістичного та песимістичного для кожного рівня управління з урахуванням специфіки врахування невизначеності, а також переходу від обсягу роботи компанії на лінії до обсягу роботи кожного судна на даній лінії, що встановлюється за допомогою коефіцієнтів, які відображають частку контейнеромісткості судна у загальній контейнеромісткості суден, що працюють на лінії. Дана формула дозволяє оцінювати перспективну ефективність роботи суден-контейнеровозів для своєчасного корегування лінійного сервісу – розміру судна, портів лінії, перш за все. Порівняння прогнозованої ефективності з фактичною також надаватиме додаткову інформацію для осіб, які приймають рішення щодо управління роботою флоту та функціонування лінійного сервісу.

Ключові слова: контейнерні перевезення, морський транспорт, вантажні перевезення, організація, транспортні послуги, ефективність, лінійний сервіс, тайм-чартерний еквівалент, невизначеність, ймовірність, обсяги перевезень, контейнеропотоки.

Постановка проблеми. Індустрія сучасного судноплавства стикається зі складним середовищем, що характеризується нерівномірною та незбалансованою потужністю в різних сегментах. Геополітичні фактори, зміни маршрутів руху суден, старіння флоту, відносно помірний портфель замовлень на судна, суднобудівні обмеження, основна надлишкова місткість контей-

неровозів і реструктуризація на ринку лінійних перевезень [1] є факторами, які визначають перспективи судноплавної галузі взагалі та контейнерного сектора, зокрема. Стійкою залишається тенденція зростання розміру суден-контейнеровозів, що спостерігається останні роки як результат прагнення судновласників досягти та підвищити ефект масштабу. Це призводить до змін у порто-

вому обслуговуванню – модернізації інфраструктури, наприклад, та впровадження нового обладнання; поглиблення підхідних каналів та глибин біля причалів [2]. Екологічні ініціативи на світовому рівні обумовлюють впровадження заходів, які сприяють зменшенню впливу контейнерних перевезень на навколишнє середовище, у тому числі, впроваджуються більш чисті види палива, підвищується енергоефективність та досліджуються альтернативні технології двигунів [3]. Перерозподіл у світовій торгівлі обґрунтовує корегування існуючих глобальних логістичних систем. Це впливає на пошук компаніями-перевізниками нових маршрутів [4] та відкриття нових сервісів у відповідності до нових структур ланцюгів постачань, що формує специфіку ринку морських контейнерних перевезень у перспективі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Контейнерні перевезення у широкому сенсі та питання організації доставки вантажів у контейнерах є предметом багатьох сучасних досліджень. Різні аспекти контейнерних перевезень – організаційні, економічні, екологічні, технологічні – розглядаються у публікаціях [4–11]. З урахуванням значимості контейнерних перевезень для світовою торгівлі, звичайно, питанням, пов'язаним з роботою суден, у тому числі, на контейнерних ліній, присвячено достатню кількість публікацій. Слід зазначити, що більшість сучасних публікацій відповідають на нові виклики судноплавства та пов'язано з ними у тому чи іншому сенсі. Сучасні тенденції у судноплаванні, які впливають на ефективність роботи суден будь-якої спеціалізації, полягають у контролі та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище, переходу на нові стандарти технічної експлуатації [11, 12], використання нових видів палива [3]. Отже, більшість сучасних публікацій спрямовано на вирішення проблеми знаходження балансу між економічною ефективністю та енергоефективністю, але ж у більшості робіт більшу увагу приділено саме енергоефективності без врахування у необхідному обсязі економічного підґрунтя. Крім того, тенденція автоматизації та цифровізації морських перевезень обґрунтовує нову реальність для усіх учасників процесу доставки вантажів у контейнерах [10], у тому числі, обумовлює новий режим роботи контейнерних терміналів при обслуговуванні суден-контейнеровозів [2], це надає можливості прискорити час перебування суден у портах та впливає на формування розкладу роботи суден.

У [8] структуровано і формалізовано вплив зовнішнього середовища на стан системи фідерних

ліній, для оцінки доцільності організації роботи суден-контейнеровозів в певному регіоні; а також встановлено і формалізовано взаємозв'язок системи фідерних ліній та системи магістральних ліній за параметрами: обсяги контейнеропотоків, контейнеромісткість суден та частка її розподілу за портами. З урахуванням особливостей функціонування лінійного контейнерного сервісу, а саме, наявності стійкого розкладу, за яким працюють судна, значна частка сучасних публікацій присвячено саме питанням розкладу, наприклад [13, 14], у тому числі, впливу невизначеності на розклад роботи суден [13]. Особливу увагу у сучасних роботах присвячено невизначеності у вигляді погодних умов на рейс судна, маршрут його руху та ефективність, наприклад, у роботах [4, 15, 16]. Проте дані роботи орієнтовані на балкерні та універсальні судна при роботі у трамповій секції судноплавства, отже вони можуть використовуватися для лінійного судноплавства з урахуванням його особливостей з точки зору роботи суден, перш за все. Ймовірнісна природа умов реалізації транспортного процесу [4], обумовлює окремий напрямок досліджень впливу невизначеності на параметри виробничого процесу суден [15]. Що стосується невизначеності контейнеропотоків, то це питання розглядається відносно до роботи контейнерних терміналів (наприклад, [4, 5]), але ж як вантажна база суден-контейнеровозів дані питання майже не розглядаються у наукових публікаціях. Таким чином, можна стверджувати, що вплив невизначеності на роботу суден є предметом сучасних досліджень, але ж майже відсутні дослідження природи невизначеності контейнеропотоків та її впливу на ефективність роботи суден на контейнерних лініях.

Постановка завдання. Метою даного дослідження є розробка теоретичних положень щодо оцінки ефективності роботи суден-контейнеровозів на лініях з урахуванням невизначеності контейнеропотоків, що дозволить забезпечити обґрунтованість рішень у системі управління роботою флоту судноплавних компаній, завдяки врахуванню реальних умов їх експлуатації.

Виклад основного матеріалу. Основним показником ефективності роботи судна є тайм-чартерний еквівалент, який описується наступною формулою [16]:

$$TCE = \frac{F - R_{зм}}{T_p} = \frac{F - (R_{порт} + R_{кан} + R_{бунк})}{T_p}, \quad (1)$$

де F (дол) – сума фрахту, яка традиційно для трампового судноплавства визначається як

$F = f \cdot Q$, f – фрахтова ставка (дол/т); Q – кількість вантажу (т); T_p – тривалість рейсу (дб); $R_{зм}$ – змінні витрати (дол), які складаються з портових зборів та платень $R_{порт}$ (дол), вартості проходжень каналів та проливів $R_{кан}$ (дол), вартості бункеру $R_{бунк}$ (дол).

Для суден контейнеровозів сума фрахту F формується з урахуванням структури перевезень на лінії та відповідних ставок перевезення:

$$F_{n\gamma} = \sum_{l=1}^{v_n} \sum_{k=1}^{v_n} f_{lk}^n \cdot Q_{lk}^{n\gamma}, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}, \quad (2)$$

де f_{lk}^n – ставки на перевезення (дол/TEU) між портами лінії $n = \overline{1, N}$; $Q_{lk}^{n\gamma}$ – відповідна кількість вантажу (TEU), яка перевезена судном $\gamma = \overline{1, \gamma_n}$ на лінії $n = \overline{1, N}$ (обсяги перевезень) між портами $l, k = \overline{1, v_n}, l \neq k$.

Тривалість рейсу T_p у даному випадку – це транзитний час $T_{n\gamma}^p, \gamma = \overline{1, \gamma_n}, n = \overline{1, N}$, який для певного судна є умовно постійним з урахуванням існуючого розкладу. Тривалість рейсу (транзитний час) складається з двох складових – часу ходового $T_{n\gamma}^v$ та часу стоянкового $T_{n\gamma}^p$, отже:

$$T_p = T_{n\gamma}^v + T_{n\gamma}^p. \quad (3)$$

Наступні системи параметрів характеризують судна, порти та маршрути ліній [6]:

власні судна компанії-перевізника
 $S_{n\gamma} = \langle K_{n\gamma}, NT_{n\gamma}, BT_{n\gamma}, r_{n\gamma}, r_{n\gamma}^{bunk_v}, r_{n\gamma}^{bunk_p} \rangle, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}$,
 де $K_{n\gamma}$ – контейнеромісткість судна, TEU; $NT_{n\gamma}$, $BT_{n\gamma}$ – відповідно, нетто- та брутто-тоннаж судна, які визначають важливу складову витрат по судну – портові збори та плати, а також вартість проходження каналів та протоки; $r_{n\gamma}$ – норматив постійних витрат по судну, дол/доб; $r_{n\gamma}^{bunk_v}$ – витрати палива на ходу (для усередненої швидкості), т/доб; $r_{n\gamma}^{bunk_p}$ – витрати палива на стоянці, т/доб;

орендовані у тайм-чартер судна:

$S_{n\gamma} = \langle f_{n\gamma}^{t-ch}, NT_{n\gamma}, BT_{n\gamma}, r_{n\gamma}, r_{n\gamma}^{bunk_v}, r_{n\gamma}^{bunk_p} \rangle, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}$,
 де $f_{n\gamma}^{t-ch}$ – ставка тайм-чартерної оренди судна;

порти: $\Pi_{nk} = \langle r_{nk}^{port_NT}, r_{nk}^{port_BT} \rangle, k = \overline{1, v_n}, n = \overline{1, N}$,
 де $r_{nk}^{port_NT}, r_{nk}^{port_BT}, r_{nk}^{port}$, які відображають вартість перебування судна в порту для 1 NT і 1 BT, відповідно, оскільки, як правило, портові збори та плати нараховуються саме на NT і BT судна);

канали та протоки: $H_{ng} = \langle h_{ng}^{NT}, h_{ng}^{BT} \rangle, g = \overline{1, \psi_n}, n = \overline{1, N}$, де h_{ng}^{NT}, h_{ng}^{BT} характеризують вартість для 1 NT та 1 BT проходження судном каналу або протоки (або іншого інфраструктурного об'єкта на маршруті).

Вираз тайм-чартерного еквіваленту для певного судна на певній лінії має наступний вигляд:

$$TCE_{n\gamma} = \frac{\sum_{l=1}^{v_n} \sum_{k=1}^{v_n} f_{lk}^n \cdot Q_{lk}^{n\gamma} - \left(\sum_{l=1}^{v_n} R_{n\gamma l}^{norm} \right) + R_{n\gamma}^{кан} + R_{n\gamma}^{бунк}}{T_{n\gamma}}, \quad (4)$$

де $\sum_{l=1}^{v_n} R_{n\gamma l}^{norm}$ – портові витрати, $R_{n\gamma}^{кан}, R_{n\gamma}^{бунк}$ – вартості проходження каналів/проток та витрати на бункер.

Складові змінних витрат формуються наступним чином:

$$\sum_{l=1}^{v_n} R_{n\gamma l}^{norm} = \left(\sum_{l=1}^{v_n} r_{nl}^{port_NT} \right) \cdot NT_{n\gamma} + \left(\sum_{l=1}^{v_n} r_{nl}^{port_BT} \right) \cdot BT_{n\gamma}, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}, \quad (5)$$

$$R_{n\gamma}^{бунк} = r_{n\gamma}^{bunk_v} \cdot T_{n\gamma}^v + r_{n\gamma}^{bunk_p} \cdot T_{n\gamma}^p, n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}, \quad (6)$$

$$R_{n\gamma}^{кан} = \sum_{g=1}^{\psi_n} (h_{ng}^{NT} \cdot NT_{n\gamma} + h_{ng}^{BT} \cdot BT_{n\gamma}), n = \overline{1, N}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}. \quad (7)$$

Отже, вираз тайм-чартерного еквіваленту (4) для суден-контейнеровозів дозволяє оцінювати економічну ефективність їх роботи на лініях.

Планування роботи суден та оцінка ефективності передбачають використання прогнозних значень у виразі тайм-чартерного еквіваленту, у тому числі, ймовірнісних оцінок. Слід зазначити, що для суден-балкерів, які працюють у трамповій секції судноплавства, у дослідженнях [16] надані формули тайм-чартерного еквіваленту, які враховують невизначеність на двох рівнях – на оперативному та стратегічному. Тем не менш, робота суден-балкерів має певну специфіку, тому основними ймовірнісними характеристиками в рамках певного рейсу є часові параметри, перш за все. Для стратегічного рівня ймовірнісними характеристиками є фрахтові ставки, вартість бункеру, кількість рейсів. На відміну від цієї ситуації, судна-контейнеровози працюють при умовно постійному часу рейсів у відповідності до розкладу на обох рівнях управління – оперативному та стратегічному. Фрахтова ставка схильна до змін в рамках стратегічного розгляду. Але ж головним фактором, якій має цілком ймовірнісну природу, є кількість контейнерів, яка надана для перевезення між певними портами та яка формується на базі оцінок контейнеропотоків.

Підсумовуючи вищезгадані особливості роботи суден-контейнеровозів, формуємо наступний перелік ймовірнісних складових виразу тайм-чартерного еквіваленту (4). На оперативному рівні:

• $Q_{lk}^{n\gamma}$ – кількість вантажу (TEU), яка перевезена судном $\gamma = \overline{1, \gamma_n}$ на лінії $n = \overline{1, N}$ між портами $l, k = \overline{1, v_n}, l \neq k$;

на стратегічному рівні:

• $Q_{lk}^{n\gamma}$ – кількість вантажу (TEU), яка перевезена судном $\gamma = \overline{1, \gamma_n}$ на лінії $n = \overline{1, N}$ між портами $l, k = \overline{1, v_n}, l \neq k$; f_{lk}^n – ставки на перевезення (дол./TEU) між портами $l, k = \overline{1, v_n}, l \neq k$ лінії $n = \overline{1, N}$.

Інші складові формули (4) можуть вважатися детермінованими, тому що навіть при підвищенні вартості бункеру або вартості проходження судном каналу, або заходу в порт, прийнята у даному секторі судноплавства система надбавок до фрахтової ставки враховує вказані зміни. Таким чином, на оперативному рівні прогнозована оцінка тайм-чартерного еквіваленту формується з трьох значень: одне відповідає «оптимістичному» варіанту, інше – «песимістичному», а третє є варіантом, заснованим на середньому значенні контейнеропотоків, його можна визначити як «очікуваний».

Отже, для оцінки ефективності роботи суден на оперативному рівні пропонуються наступні формули:

$$TCE_{n\gamma}^{\gamma} = \frac{\sum_{l=1}^{v_n} \sum_{k=1, k \neq l}^{v_n} f_{lk}^n \cdot Q_{lk}^{n\gamma} - \left(\left(\sum_{l=1}^{v_n} R_{n\gamma l}^{norm} \right) + R_{n\gamma}^{кан} + R_{n\gamma}^{бунк} \right)}{T_{n\gamma}}, \quad (8)$$

$$TCE_{n\gamma}^n = \frac{\sum_{l=1}^{v_n} \sum_{k=1, k \neq l}^{v_n} f_{lk}^n \cdot Q_{lk}^{n\gamma} - \left(\left(\sum_{l=1}^{v_n} R_{n\gamma l}^{norm} \right) + R_{n\gamma}^{кан} + R_{n\gamma}^{бунк} \right)}{T_{n\gamma}}, \quad (9)$$

$\gamma = \overline{1, \gamma_n}, n = \overline{1, N}$

де $Q_{lk}^{n\gamma}, Q_{lk}^{m\gamma}$, відповідно, оптимістичний та песимістичний варіанти обсягів перевезень між портами лінії; $TCE_{n\gamma}^{\gamma}, TCE_{n\gamma}^n$ відповідно, оптимістичне та песимістичне значення ефективності роботи судна. Очікуване значення $TCE_{n\gamma}$ враховує математичне очікування обсягів перевезень.

Формули (4), (8), (9) можуть бути використані для оцінки ефективності роботи суден-контейнеровозів. З урахуванням того, що у центрі уваги даного дослідження саме невизначеність контейнеропотоків, тому ймовірісна природа фрахтової ставки не розглядається.

Для оцінки оптимістичного та песимістичного варіантів контейнеропотоків на оперативному рівні управління використовуємо підхід, який наведено у [4], заснований на властивостях нормального закону розподілу, отримаємо наступне:

$$Q_{lk}^n = \overline{Q}_{lk}^n + \lambda \cdot \sigma_{Q_{lk}^n} \text{ та } Q_{lk}^{m\gamma} = \overline{Q}_{lk}^n - 2 \cdot \sigma_{Q_{lk}^n}, \quad (10)$$

де λ – коефіцієнт, який приймається базуючись на властивостях нормального закону розподілу: $\lambda = 2$ або $\lambda = 3$. Згідно правила «трьох сигм» з імовірністю 0,9972 значення нормальної випадкової величини знаходяться у межах $\pm 3\sigma$ від середнього значення, з ймовірністю 0,9544 у межах $\pm 2\sigma$ від середнього значення. Таким чином, в якості значень песимістичного $Q_{lk}^{m\gamma}$ та оптимістичного Q_{lk}^n обсягів перевезень приймаємо відповідно:

$$\overline{Q}_{lk}^{n\gamma} + 2 \cdot \sigma_{Q_{lk}^{n\gamma}} \text{ та } \overline{Q}_{lk}^{n\gamma} - 2 \cdot \sigma_{Q_{lk}^{n\gamma}} \\ \text{або } \overline{Q}_{lk}^{n\gamma} + 3 \cdot \sigma_{Q_{lk}^{n\gamma}} \text{ та } \overline{Q}_{lk}^{n\gamma} - 3 \cdot \sigma_{Q_{lk}^{n\gamma}} \quad (11)$$

Як правило, прогнози контейнеропотоків формуються для лінії у цілому. Якщо тільки одне судно працює на лінії, то параметри його обсягів роботи $\overline{Q}_{lk}^{n\gamma}, \sigma_{Q_{lk}^{n\gamma}}$ формуються тільки на базі параметрів контейнеропотоків $\overline{Q}_{lk}^n, \sigma_{Q_{lk}^n}$, згідно відповідній епюрі контейнеропотоків. Якщо на маршруті працюють декілька суден компанії, то $\overline{Q}_{lk}^{n\gamma}, \sigma_{Q_{lk}^{n\gamma}}$ може бути прийнято з урахуванням пропорційності контейнеромісткостей суден.

Слід зазначити, що запропонований далі підхід відповідає ситуації, коли загальні провізні здатності суден не менш, ніж загальні обсяги перевезень. Якщо провізної здатності не вистачає, то слід виконати аналогічні розрахунки для іншого складу суден. Як правило, така процедура носить попередній характер та виконується шляхом порівняння відповідних показників. Отже, для оцінки перспективних обсягів роботи суден на лінії меж певною парою портів пропонується використовувати наступний підхід (рис. 1).

На першому етапі розраховуються δ_{γ}^n частки розподілу контейнеропотоків між суднами:

$$\delta_{\gamma}^n = \frac{K_{n\gamma}}{\sum_{\gamma=1}^{\gamma_n} K_{n\gamma}}, \gamma = \overline{1, \gamma_n}, n = \overline{1, N}. \quad (12)$$

На другому етапі визначаються варіанти обсягів перевезень між портами лінії з урахуванням епюрі контейнеропотоків:

$$\overline{Q}_{lk}^{work-n}, Q_{lk}^{work-n}, Q_{lk}^{nwork-n}, k, l = \overline{1, v_n}, n = \overline{1, N}. \quad (13)$$

Потім визначається обсяг роботи для кожного судна з урахуванням частки судна в загальному обсязі роботи – якщо відомо, які судна працюватимуть на лінії:

$$\overline{Q}_{lk}^{n\gamma} = \delta_{\gamma}^n \cdot \overline{Q}_{lk}^{work-n}, Q_{lk}^{n\gamma} = \delta_{\gamma}^n \cdot Q_{lk}^{nwork-n},$$

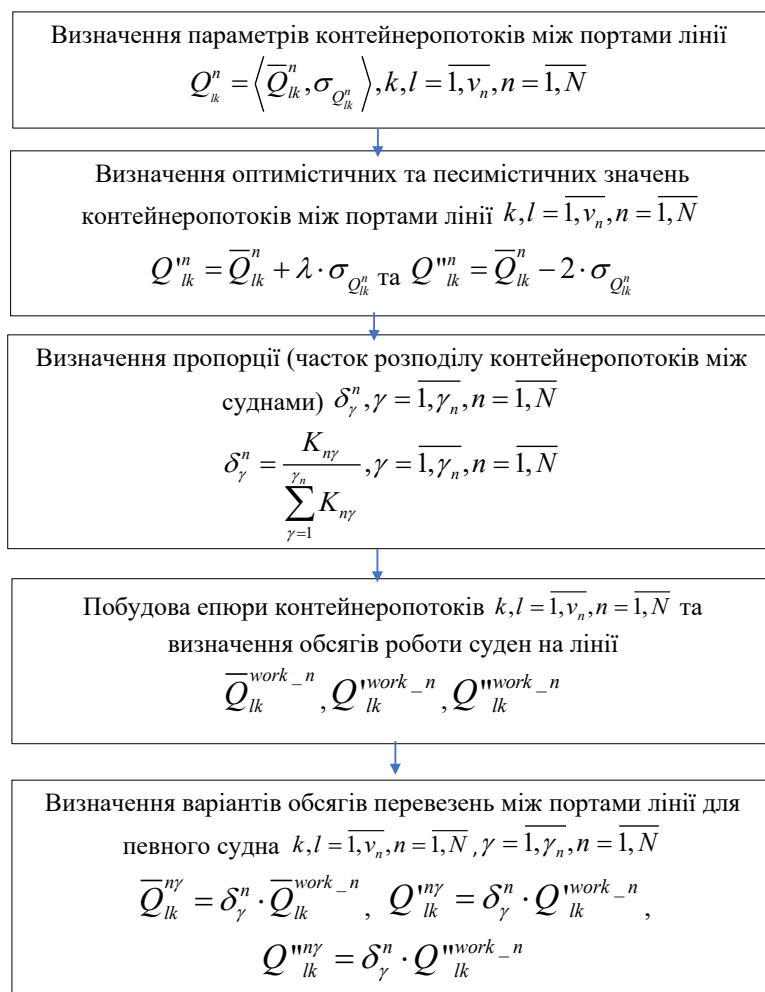


Рис. 1. Схема визначення обсягів перевезень між портами лінії для певного судна з урахуванням невизначеності

$$Q_{lk}^{*n\gamma} = \delta_\gamma^n \cdot Q_{lk}^{*work_n}, \quad (14)$$

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

Отже, маємо наступну схему (рис. 1) оцінки обсягів роботи суден для оперативного рівня – перевезень між портами лінії для певного судна, де $\bar{Q}_{lk}^{n\gamma}, Q_{lk}^{*n\gamma}, Q_{lk}^{**n\gamma}$, відповідно, очікуваний, оптимістичний та песимістичний варіанти.

Що стосується стратегічного рівня управління роботою суден, контейнеропотоки даного рівня характеризуються законом розподілу, на базі якого можна встановити математичне очікування $\bar{Q}_{lk}^n$ та середньоквадратичне відхилення $\sigma_{Q_{lk}^n}$.

Уявляється доцільним використовувати наступні формули переходу від річних обсягів роботи судна до обсягів роботи для одного рейсу:

$$\bar{Q}_{lk}^{n\gamma} = \delta_\gamma^n \cdot \frac{T_{n\gamma}}{T} \cdot \bar{Q}_{lk}^{work_n}, Q_{lk}^{*n\gamma} = \delta_\gamma^n \cdot \frac{T_{n\gamma}}{T} \cdot Q_{lk}^{*work_n},$$

$$Q_{lk}^{**n\gamma} = \delta_\gamma^n \cdot \frac{T_{n\gamma}}{T} \cdot Q_{lk}^{**work_n}, \quad (15)$$

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

де T – період часу, для якого встановлено прогнози обсягів роботи; $\frac{T_{n\gamma}}{T}$ – частка рейсу в рамках періоду, для якого розроблявся прогноз; δ_γ^n встановлює частку обсягів роботи певного судна у загальному обсягу (для лінії у цілому).

Таким чином, запропоновані формули дозволяють здійснити перехід від прогнозів річних контейнеропотоків для компанії на лінії до обсягів роботи певного судна на даній лінії на рівні окремого рейсу. Отже, у процесі управління використовуватимуться три «класичних» варіанти ефективності – оптимістичний, песимістичний та очікуваний.

Висновки. В даному дослідженні запропоновано формулу тайм-чартерного еквіваленту для судна-контейнеровозу на лінії, яка враховує ймо-

вірнісну природу обсягів перевезень, як похідну від невизначеності контейнеропотоків.

Визначено послідовність та сутність етапів процесу прогнозування обсягів перевезень між портами лінії для певного судна з урахуванням невизначеності контейнеропотоків. Оцінка контейнеропотоків та відповідних обсягів роботи суден передбачає розгляд трьох прогнозних значень – оптимістичного, песимістичного та більш ймовірного (середнього), що формується з урахуванням математичного опису невизначеності контейнеропотоків на оперативному та стратегічному рівнях управління. Сформульовані вирази тайм-чартерного еквіваленту судна-контейнеровоза для трьох варіантів обсягів перевезень – очікуваного, оптимістичного та песимістичного для

кожного рівня управління з урахуванням специфіки врахування невизначеності, а також переходу від обсягу роботи компанії на лінії до обсягу роботи кожного судна на даній лінії, що встановлюється за допомогою коефіцієнтів, які відображають частку контейнеромісткості судна у загальній контейнеромісткості суден, що працюють на лінії. Дана формула дозволяє оцінювати перспективну ефективність роботи суден-контейнеровозів для своєчасного корегування лінійного сервісу – розміру судна, портів лінії, перш за все. Порівняння прогнозованої ефективності з фактичною також надаватиме додаткову інформацію для осіб, які приймають рішення щодо управління роботою флоту та функціонування лінійного сервісу.

Список літератури:

1. Review of Maritime Transport 2024. URL: <https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2024> (дата звернення 10.05.2025)
2. Notteboom T, Parola F, Satta G., Pallis, A.A. The relationship between port choice and terminal involvement of alliance members in container shipping, *Journal of Transport Geography*. 2017. № 64. С. 158-173.
3. Melnyk O., Onishchenko O., Onyshchenko S., Yaremenko N., Maliuha E., Honcharuk, I., Shamov O. Innovative Technologies for the Maritime Industry: Hydrogen Fuel as a Promising Direction. *Modern Technologies in Energy and Transport. Studies in Systems, Decision and Control*. 2024. № 510. P. 23-34. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-44351-03>
4. 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
5. 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*. Том 35 (74). 2024. № 1. С. 139-146. DOI: 10.32782/2663-5941/2024.1.2/23
6. Бондаренко Ю.А. Структура та параметри системи морських контейнерних перевезень компанії-перевізника. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія «Технічні науки»*. 2024. Том 35 (74). № 2. С. 271-279. DOI: 10.32782/2663-5941/2024.2/37
7. 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
8. Drozhzhyn O., Koskina, Y. The model of container feeder line organization focused on the nature and parameters of external container flows. *Komunikácie*. 2021. Vol. 23(2). DOI: 10.26552/com.C.2021.2.A94-A102
9. 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
10. 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
11. Onyshchenko S., Savelieva I., Melnyk O., Koryakin K., Kotenko O. Enhancing Safety and Efficiency in Maritime Ergatic Systems Through Advanced Information Technologies. *Systems, Decision and Control in Energy VII: Volume I: Energy Informatics and Transport*. 2021. P. 295-308.
12. Onishchenko O., Golikov V., Melnyk O., Onyshchenko S., Obertiur K. Technical and operational measures to reduce greenhouse gas emissions and improve the environmental and energy efficiency of ships. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2022. Vol. 116. P. 223-235. DOI: 10.20858/sjsutst.2022.116.14
13. Haralambides H.E. Gigantism in container shipping, ports and global logistics: a time-lapse into the future. *Maritime Economics and Logistics*. 2019. Vol. 21. P. 1-60. DOI: 10.1057/s41278-018-00116-0
14. Henry S. M., Hoffman M. J., Waddell L. A., Muldoon F. M. Holistic fleet optimization incorporating system design considerations. *Naval Research Logistics (NRL)*. 2023. Vol. 70(7). P. 675-690.
15. Melnyk O., Onyshchenko S., Onishchenko O., Shcherbina O., Vasalatii N. Simulation-Based Method for Predicting Changes in the Ship's Seaworthy Condition Under Impact of Various Factors. *Studies in Systems, Decision and Control*. 2023. Vol 481. P. 653-664. DOI: 10.1007/978-3-031-35088-737
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

Onyshchenko S.P., Melnyk O.M., Bondarenko Yu.A., Prysyazhnyuk A.M. ASSESSMENT OF THE CONTAINER SHIPS EFFICIENCY TAKING INTO ACCOUNT THE CONTAINER FLOWS UNCERTAINTY

The purpose of this study is to develop theoretical provisions on the assessment of the efficiency of container ships on the lines, taking into account the uncertainty of container flows, which will ensure the validity of decisions in the fleet management system of shipping companies, due to the consideration of the real conditions of their operation.

A formula for the time charter equivalent for a container ship on the line is proposed, which takes into account the probabilistic nature of transportation volumes, as a derivative of the uncertainty of container flows. The sequence and essence of the stages of the process of forecasting the volumes of transportation between the ports of the line for a particular ship, taking into account the uncertainty of container flows, is determined. The assessment of container flows and the corresponding volumes of vessel work involves the consideration of three forecast values – optimistic, pessimistic and more probable (average), which is formed taking into account the mathematical description of the uncertainty of container flows at the operational and strategic levels of management. The expressions of the time charter equivalent of a container ship are formulated for three variants of transportation volumes – expected, optimistic and pessimistic for each level of management, taking into account the specifics of taking into account uncertainty, as well as the transition from the volume of work of the company on the line to the volume of work of each vessel on a given line, which is established using coefficients that reflect the share of the container capacity of the vessel in the total container capacity of vessels operating on the line. This formula allows you to assess the prospective efficiency of the operation of container ships for timely adjustment of the line service – the size of the vessel, ports of the line, first of all. Comparison of the predicted efficiency with the actual one will also provide additional information for those who make decisions on fleet management and the functioning of the line service.

Key words: container transportation, sea transport, cargo transportation, organization, transport services, efficiency, line service, time charter equivalent, uncertainty, probability, transportation volumes, container flows.

Дата надходження статті: 24.07.2025

Дата прийняття статті: 29.07.2025

Опубліковано: 27.10.2025