

СТРАТЕГІЇ СУДНОПЛАВНОЇ КОМПАНІЇ В ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

Статтю присвячено вдосконаленню методики вибору судна з такими техніко-експлуатаційними показниками, які забезпечують мінімальні витрати на перевезення при заданому вантажепоточі. Для цього було інтегровано методики прогнозування ключових показників, що визначають основні статті витрат в процесі транспортування: фрахтові ставки, вартість судна, вартість палива.

Ключові слова: транспортні перевезення, техніко-експлуатаційні показники судна, мінімізація транспортних витрат.

Стаття посвящена совершенствованию методики выбора судна с такими технико-эксплуатационными показателями, которые обеспечивают минимальные издержки на перевозку грузов в рамках заданного грузопотока. Для этого в существующую методику интегрированы методы прогнозирования ключевых показателей, которые определяют основные статьи транспортных затрат: фрахтовые ставки, стоимость суден, стоимость топлива.

Ключевые слова: транспортные перевозки, технико-эксплуатационные показатели, минимизация транспортных издержек.

The article is devoted to perfection of method of ship choice with such technical and operating indexes which provide minimum costs for transportation for particular set of cargo. For this purpose the methods of prognostication of key indexes which determine the principal items of transport expenses are integrated in an existent method: freight rates, cost of ships, cost of fuel.

Key words: transport transportations, technical and operating indexes, minimization of transport costs.

Постановка проблеми в загальному виді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями. Посилення міжнародної конкуренції вимагає від товаровиробників мінімізації витрат на всіх стадіях виробництва, складування та транспортування. Статистика свідчить, що 72 % українських експортних вантажів (за фізичними обсягами) і 65 % (за вартістю), перевозяться водним транспортом, саме тому завдання одного з джерел мінімізації вартості морського перевезення вантажів – вибір таких техніко-експлуатаційних показників судна, що за безечує мінімум приведених витрат.

Розв'язок актуальної для підприємства задачі побудови нових суден, призначених для морських перевезень вантажів, оцінки експлуатаційних і валютно-фінансових показників перевезень значною мірою залежить від важливих характеристик транспортно-логістичного процесу – напрямку і обсягу перевезення вантажів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблеми оптимізації техніко-експлуатаційних показників суден при освоєнні певного вантажепоточу викладені в роботах Громова М. М., Панченко Т. О., Чудновського О. Д. [1], Воевудського Є. М., Конєвцевої Н. О., Мауренко Г. С. [2], Громова Е. П. [3], Тарасової І. П. [4; 5].

Визначення частини проблеми, що не вирішена раніше. Практична задача оптимізації техніко-

експлуатаційних показників суден при освоєнні певного вантажепоточу розроблялася представниками наукової школи Одеського національного морського університету, але вона не враховує той факт, що велика кількість показників, на які спирається методика, в сучасному турбулентному середовищі швидко змінюються. Тому виникає необхідність інтегрування в існуючу методику прогнозування таких показників, як вартість судна, фрахтові ставки на різні роди вантажу, вартість палива тощо.

Ціль даної статті. Метою даної статті є створення методики вибору судна з такими техніко-експлуатаційними показниками, що забезпечують мінімальні приведені витрати на експлуатацію судна при освоєнні певного вантажепоточу.

Викладення основного змісту статті.

Методика вибору судна з такими техніко-експлуатаційними показниками, що забезпечують мінімальні приведені витрати на експлуатацію судна при освоєнні певного вантажепоточу, полягає в наступному. Середня питома вантажомісткість судів, m^3/t , обчислюється за формулою:

$$\bar{w} = \frac{\sum_{i=1}^m W_i}{\sum_{i=1}^m D_i^n}, \quad (1)$$

де W_i – вантажомісткість судна i -го типу, m^3 ;

D_i^n – паспортна чиста вантажопідйомність судна i -го типу, т;

m – число типів суден.

Коефіцієнти перерахування вантажопотоку на ділянках руху в тоннажо-потік визначаються таким чином:

$$k_i = \begin{cases} u_i/\bar{w}, & \text{якщо } u_i > \bar{w}, \\ 1, & \text{якщо } u_i \leq \bar{w}, \end{cases} \quad (2)$$

де u_i – вантажний об'єм вантажу сільськогосподарського призначення на ділянці l , м³/т;

\bar{w} – середня питома вантажомісткість судів, м³/т.

Вантажопотоки на ділянках перераховуються в тоннажо-потоки:

$$D_l = k_l Q_l \quad (l = 1, 2, \dots, h) \quad (3)$$

де D_l – тоннажо-потік на ділянці l , тис. т;

Q_l – вантажопотік на ділянці l , тис. т;

k_l – коефіцієнт перерахування вантажопотоку на ділянці l в тоннажо-потік.

Для визначення портів з лишком і нестачею тоннажу будується коса таблиця навантажених тоннажопотоків, до якої заносяться розраховані тоннажопотоки D_l ($l = 1, 2, \dots, h$). Для кожного порту визначається різниця між прибулим і відправленим обсягом вантажів сільськогосподарського призначення, яка записується в діагональні клітинки. Якщо різниця додатна, то в даному порту є надлишок тоннажу, не забезпеченого вантажем, тобто є «запас» баластного тоннажу. Якщо різниця від'ємна, то даному порту необхідний баластний тоннаж, адже в ньому є вантаж, не забезпечений тоннажем.

Оптимізація переходу тоннажу в баласті. В загальному вигляді математична модель задачі визначення оптимального плану баластних переходів є такою [6]:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n L_{ij} x_{ij} \rightarrow \min, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

де x_{ij} – кількість тоннажу, який прямує в баласті з i -го порту з надлишком тоннажу до j -го порту з його нестачею;

a_i – «запас» тоннажу, не забезпеченого вантажем в i -му порту;

b_j – потреба в тоннажі в j -му порту;

L_{ij} – відстань між портами i та j .

Значення a_i і b_j беруться з косої таблиці навантажених тоннажо-потоків.

Задача належить до класу транспортних задач і розв'язується методом потенціалів. Для складення початкового опорного плану (матриці планування) доцільно застосувати метод мінімального елемента.

Побудова оптимальних схем руху при перевезенні вантажів сільськогосподарського призначення. Для побудови оптимальних схем руху тоннажу оптимальний план баластних переходів переноситься з матриці планування до косої таблиці кореспонденції

тоннажо-потоків. Далі будуються схеми руху відповідно до наступних умов:

– схеми руху повинні бути замкненими, тобто судна мають повернутись до порту, з якого вони вийшли;

– кожний порт може входити до схеми тільки один раз, за виключенням початкового порту, який є й кінцевим;

– у схемі не може бути два або більше послідовних баластних переходів;

– схеми повинні бути врівноважені за тоннажем на всіх ділянках схеми.

Побудова схем руху виконується в наступній послідовності:

– спочатку будуються прості (між двома портами) схеми, врівноважені за тоннажем, з вантажем на обох ділянках (якщо такі існують);

– далі переходять до побудови схем, які містять баластні переходи.

Щоб від тоннажо-потоків на ділянках схем руху D_{lj} перейти до вантажопотоків Q_{lj} , потрібно скористатися співвідношенням:

$$Q_{lj} = \frac{D_{lj}}{k_l} \quad (l \in j; j = 1, 2, \dots, n) \quad (8)$$

де D_{lj} – кількість тоннажу, який прямує за l -ою ділянкою схеми j , тис. т;

Q_{lj} – кількість вантажу сільськогосподарського призначення, який прямує за l -ою ділянкою схеми j , тис. т;

k_l – коефіцієнт перерахування вантажопотоку на ділянці l в тоннажо-потік.

Визначається кількість вантажу Q_j ($j = 1, 2, \dots, m$), який підлягає перевезенню за j -ю схемою, шляхом підсумовування кількості вантажу за всіма навантаженими ділянками, що входять до даної схеми.

Підготування вихідних даних для розв'язання задачі оптимізації структури флоту судноплавної компанії в системі АПК. Для суден універсального призначення розраховується питома вантажомісткість судна w_i , м³/т:

$$w_i = \frac{W_i}{D_i^n}, \quad (9)$$

де W_i – вантажомісткість судна i -го типу, м³;

D_i^n – паспортна вантажопідйомність судна i -го типу, т.

Визначається P_{il}^p – завантаження судна i -го типу на l -й ділянці, т. Для суден універсального призначення:

$$P_{il}^p = \begin{cases} D_i^n, & u_l \geq w_i, \\ W_i/u_l, & u_l < w_i, \end{cases} \quad (10)$$

де u_l – вантажний об'єм вантажу на ділянці l , м³/т; для судів-контейнеровозів:

$$P_{il}^p = P_l N_i = \begin{cases} q N_i, & u_l \leq w^k, \\ \frac{q}{u_l} N_i, & u_l > w^k, \end{cases} \quad (11)$$

де N_i – контейнеромісткість i -го типу судна, шт.;

P_l – завантаження одного контейнера на ділянці l , т;

w^k – питома вантажомісткість контейнера, $w^k = 2$ м³/т;

q – вантажопідйомність контейнера, $q = 18$ т;

ω – вантажомісткість контейнера; для 20-футового контейнера $\omega = 36 \text{ м}^3$.

Провізна спроможність одного судна на схемі руху за рейс визначається як сума завантажень на навантажених ділянках, що входять до схеми:

$$P_{ij}^p = \sum_{l \in j} P_{il}^p \quad (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n). \quad (12)$$

Визначення оптимальної структури флоту судноплавної компанії. Для розв'язання задачі використовують метод «майже оптимальних планів».

Визначаються коефіцієнти:

– використання чистої вантажопідйомності:

$$\alpha = \frac{\sum Q_i \bar{l}}{\sum D_i L}; \quad (13)$$

– змінності вантажу:

$$\beta = \frac{L}{\bar{l}}; \quad (14)$$

– інтенсивності:

$$I = \alpha \cdot \beta, \quad (15)$$

а також середньозважені норми вантажних робіт:

$$\bar{M}_e = \frac{2 \cdot \sum Q_i}{\sum Q_i / M_i}, \quad (16)$$

де M_i – норма вантажних робіт i -го виду вантажу, т/добу, яка визначається за даними портів.

По габаритним обмеженням (осадці) на трасі визначається граничне значення чистої вантажопідйомності за такою схемою.

Допустима водотоннажність:

$$D_{\max} = T_{\text{пр}}^3 / t_{\text{відн}}^3, \quad (17)$$

де $T_{\text{пр}}$ – допустима осадка судна в портах або на трасі; $t_{\text{відн}}$ – відносна осадка.

Максимальне значення дедвейту судна:

$$D_{e, \max} = D_{\max} \cdot \eta_D, \quad (18)$$

де η_D – коефіцієнт утилізації водотоннажності (дорівнює 0,69).

Допустиме значення вантажопідйомності судна:

$$D_{c, \max} = D_{e, \max} \cdot \eta_{\text{вд}}, \quad (19)$$

де $\eta_{\text{вд}}$ – коефіцієнт утилізації дедвейту (дорівнює 0,88).

Добовий обсяг перевезень за ділянкою з визначальним вантажопотоком складає:

$$q_{\text{доб}} = Q_{\max} / T_H, \quad (20)$$

де $T_H = 365$ діб – період освоєння заданого обсягу роботи.

Коефіцієнт завантаження судна визначається з виразу:

$$\alpha_3 = \omega / U, \quad (21)$$

де ω – прийняте значення питомої вантажомісткості ($\text{м}^3/\text{т}$);

U – значення питомого вантажного об'єму вантажу, що перевозиться ($\text{м}^3/\text{т}$).

Граничне значення чистої вантажопідйомності визначається з виразу

$$D_c = \frac{t_l \cdot q_{\text{доб}}}{\alpha_3}. \quad (22)$$

Після порівняння отриманих значень чистої вантажопідйомності судів за обмеженим осіданням і значень за частотою відправлення призначаються межі варіювання зазначених параметрів.

З метою отримання розгорненої характеристики основної діяльності суден і подальшого порівняльного аналізу варіантів, визначаються основні показники роботи судна.

Ходовий час обчислюється за формулою:

$$t_x = \frac{L_{\text{заг}} - l_{\text{обм}}}{V_T} + \frac{l_{\text{обм}}}{V_{\text{обм}}} + t_{x, \text{дод}}, \quad (23)$$

де $L_{\text{заг}}$ – протяжність схеми руху, напрямку, миль;

$l_{\text{обм}}$ – протяжність ділянки, де швидкість судна обмежена;

$V_{\text{обм}}$ – обмежена швидкість судна;

$t_{x, \text{дод}}$ – додаткові витрати ходового часу (швартування, відшвартування, лоцманська проводка тощо).

Час стоянки рейса для універсальних судів визначається за формулою

$$t_{\text{см}} = \frac{2 \cdot \alpha \cdot \beta \cdot D_c}{\bar{M}_e}. \quad (24)$$

Загальний час рейса:

$$t_p = t_x + t_{\text{см}}. \quad (25)$$

Кількість рейсів одного судна за експлуатаційний період:

$$n_p = T_e / t_p. \quad (26)$$

Провізна спроможність судна за експлуатаційний період, тонн:

$$\Pi_m = \alpha \cdot \beta \cdot D_c \cdot n_p. \quad (27)$$

Провізна спроможність судна за експлуатаційний період, т·миль:

$$\Pi_{\text{мм}} = \alpha \cdot \beta \cdot D_c \cdot n_p \cdot \bar{l} = \Pi_T \cdot \bar{l}. \quad (28)$$

Потрібна кількість судів для освоєння заданого вантажопотоку:

$$n_c = \frac{\sum Q_i}{\Pi_T}. \quad (29)$$

Експлуатаційна швидкість судна, миль/добу:

$$V_e = \frac{L_{\text{заг}}}{t_x}. \quad (30)$$

Коефіцієнт ходового часу:

$$\varepsilon_x = \frac{t_x}{t_p}. \quad (31)$$

Продуктивність однієї тонни вантажопідйомності за добу експлуатації, т·миль/т·добу:

$$\mu = \alpha \cdot V_e \cdot \varepsilon_x. \quad (32)$$

Для проектних варіантів суден визначаються показники судно-добових експлуатаційних витрат.

Будівельна вартість корпусу судна (дол США) визначається за формулою:

$$K_K = S_D \cdot D_B, \quad (33)$$

де S_D – будівельна вартість однієї тонни дедвейту, метод прогнозування якої представлено в [7].

Будівельна вартість машини (дол США) визначається за формулою:

$$K_m = S_N \cdot N_e, \quad (34)$$

де S_N – будівельна вартість однієї ефективної кінської сили (приймається відповідною 104 дол США);

N_e – ефективна потужність судна, яка розраховується за формулою:

$$N_e = 0,02 \cdot D_B^{0,5} \cdot V_{зд}^3, \quad (35)$$

де $V_{зд} = 1,03 \cdot V_T$ – здавальна швидкість судна, вузл.

Середньосерійна будівельна вартість судна визначається з виразу:

$$K_c = K_k + K_m. \quad (36)$$

Добові витрати на амортизацію (C_A), а також на ремонт і постачання (C_{PI}), доларів США, обчислюються за формулами:

$$C_A = \frac{K_c \cdot b_A}{T_e}; \quad (37)$$

$$C_{PI} = \frac{K_c \cdot (b_p + b_n)}{T_e}, \quad (38)$$

де b_A – норма відрахувань на амортизацію (складає 5,8 % від балансової вартості);

b_p – норма відрахувань на ремонт (складає приблизно 1 % від балансової вартості);

b_n – норма відрахувань на постачання (складає приблизно 0,5 % від балансової вартості).

Середньодобові витрати на утримання екіпажа (дол США) визначається за формулою:

$$C_E = k_n \cdot k_d \cdot q_{ек} \cdot N_{ек}, \quad (39)$$

де k_n – коефіцієнт, який враховує витрати на соціальне страхування і пенсійне забезпечення;

k_d – коефіцієнт, який враховує додаткові види оплат за невластиві роботи;

$q_{ек}$ – добові витрати на утримання одного члена екіпажа (станом на 01.01.10 р. складає в середньому 30 дол США);

$N_{ек}$ – кількість членів екіпажа (залежить від типу і розміру судна).

Умовний об'єм судна розраховується за формулою:

$$W_y = k_y \cdot D_q, \quad (40)$$

де k_y – чисельний коефіцієнт, що визначається за прототипом судна як відношення добутку найбільших довжини, ширини і висоти судна до його чистої (паспортної) вантажопідйомності.

Добові витрати на оплату корабельних зборів:

$$C_{кор} = \frac{2 \cdot W_y \cdot K_{кор}}{t_p}, \quad (41)$$

де $K_{кор}$ – ставка корабельних зборів.

Добові витрати на оплату маякових зборів:

$$C_m = \frac{W_y \cdot K_m}{t_p}, \quad (42)$$

де K_m – ставка маякових зборів.

Добові витрати на оплату каналних зборів:

$$C_{кан} = \frac{2 \cdot W_y \cdot K_{кан}}{t_p}, \quad (43)$$

де $K_{кан}$ – ставка каналних зборів.

Добові витрати на оплату причальних зборів в українських портах:

$$C_{пр} = \frac{W_y \cdot K_{пр}}{t_p}, \quad (44)$$

де $K_{пр}$ – ставка причальних зборів.

Добові витрати на оплату швартування в українських портах:

$$C_{шв} = \frac{n \cdot K_{шв}}{t_p}, \quad (45)$$

де $K_{шв}$ – ставка по оплаті швартових послуг;

n – кількість портів країни, відвідуваних судном в рейсі.

Добові витрати на оплату санітарного збору:

$$C_{сан} = \frac{W_y \cdot K_{сан} \cdot n}{t_p}, \quad (46)$$

де $K_{сан}$ – ставка по оплаті санітарних послуг.

Добові витрати на оплату лоцманських послуг в українських портах:

$$C_{лоц} = \frac{W_y \cdot K_{лоц} \cdot n}{t_p}, \quad (47)$$

де $K_{лоц}$ – ставка по оплаті лоцманських послуг.

Добові витрати на оплату послуг за користування буксирами:

$$C_{букс} = \frac{W_y \cdot K_{букс} \cdot 2}{t_p}, \quad (48)$$

де $K_{букс}$ – ставка по оплаті послуг за користування буксирами.

Добові витрати на агентську винагороду:

$$C_{аз} = \frac{K_{аз} \cdot n}{t_p}, \quad (49)$$

де $K_{аз}$ – ставка агентської винагороди.

Інші витрати в іноземній валюті ($C_{ін.пр.}$) визначаються по брутто-реєстровому тоннажу (BRT) і нормативам витрат в іноземних портах:

$$C_{ін.пр.} = \frac{BRT \cdot S_{ін}}{t_p}, \quad (50)$$

$$BRT = K_{BRT} \cdot D_B, \quad (51)$$

де K_{BRT} – коефіцієнт, визначуваний за прототипом як відношення BRT до дедвейту;

$S_{ін}$ – норма витрат в іноземній валюті.

Витрати по іноземних і українських портах в сумі утворюють інші витрати за добу експлуатації ($C_{інші}$):

$$C_{інші} = C_{ін.пр.} + C_{кор} + C_m + C_{кан} + C_{пр} + C_{шв} + C_{сан} + C_{лоц} + C_{букс} + C_{аз}. \quad (52)$$

Прямі постійні витрати визначаються як сума статей, розрахованих від будівельної вартості судна, амортизації, ремонту, постачання, середньодобових витрат на тримання екіпажа та інших витрат:

$$C_{пр.пост} = K_{стрх} \cdot C_A + C_{PI} + C_E + C_{інші}, \quad (53)$$

де $K_{стрх}$ – коефіцієнт, який враховує витрати на страхування судна.

Добові розподілені (непрямі) витрати складають:

$$C_{шт} = 0,2 \cdot C_{пр.пост} \quad (54)$$

Добові змінні витрати на паливо і мастило на ходу:

$$C_{зм}^x = q_x \cdot S_T \cdot k_M, \quad (55)$$

де q_x – добова витрата палива на ходу (т/добу), яка розраховується за формулою:

$$q_x = q \cdot N_e \cdot 24 \cdot 10^{-6}, \quad (56)$$

де q – витрата палива на 1 е.к.с./год.;

k_M – коефіцієнт, який враховує витрати судна на стоянці;

S_T – середньозважена вартість однієї тонни палива, чие середньорічне значення визначається за лінійним трендом.

Добові змінні витрати на паливо і мастило на стоянці приймаються за емпіричною формулою:

$$C_{зм}^{см} = 0,1 \cdot C_{зм}^x \quad (57)$$

Визначається собівартість тримання судна на добу:

– на ходу:

$$C_x = C_{пр.пост} + C_{зм}^x + C_{шт}; \quad (58)$$

– на стоянці:

$$C_{см} = C_{пр.пост} + C_{зм}^{см} + C_{шт}. \quad (59)$$

Валютно-фінансові показники розраховані наступним чином.

Обчислюється середньозважена фрахтова ставка за перевезення 1 т вантажу сільськогосподарського призначення (в дол США):

$$\bar{f} = \frac{\sum Q_i f_i L_i}{\sum Q_i L_i}, \quad (60)$$

де f_i – базисна тарифна ставка для вантажу сільськогосподарського призначення і-го типу, яка визначається шляхом прогнозування [8]:

L_i – дальність перевезення вантажу сільськогосподарського призначення і-го типу.

Доходи від перевезень (дол США) складають:

$$F_{вал} = (k_6 - k_6) \cdot \bar{f} \cdot \sum Q_i, \quad (61)$$

де k_6 – комісійний збір з фрахту (брокерські).

Витрати судна (дол США) складають:

$$R = (C_x \cdot t_x + C_{см} \cdot t_{см}) \cdot n_p \cdot n_c. \quad (62)$$

Фінансовий результат, дол США:

$$\Delta F_{вал} = F_{вал} - R. \quad (63)$$

Прибуток за вирахуванням податків, дол США:

$$\Delta F_u = (K_{под} - K_{под}) \cdot \Delta F_{вал}, \quad (64)$$

де $K_{под}$ – коефіцієнт, який враховує оплату податків.

Відношення прибутку до витрат:

$$f_{вал} = \frac{\Delta F_{вал}}{R}. \quad (65)$$

Рівень прибутковості:

$$K_{приб} = \frac{F_{вал}}{R}. \quad (66)$$

Інтенсивність валютних надходжень, дол США/т·добу:

$$\mu_{вал} = \frac{\Delta F_{вал}}{\sum D_q T_e}. \quad (67)$$

Питомі капітальні вкладення, дол США/т:

$$K_{инв} = \frac{K_c}{\Pi_m}. \quad (68)$$

Собівартість перевезень, дол США/т:

$$S = \frac{R}{\Pi_m \cdot n_c}. \quad (69)$$

Оборотні кошти, дол США/т:

$$K_{об} = \frac{\bar{\Pi} \cdot t_d}{365}, \quad (70)$$

де $\bar{\Pi}$ – середньозважена вартість однієї тонни вантажів сільськогосподарського призначення в доларах США;

t_d – час доставки вантажів, днів:

$$t_d = t_x + 0,5 \cdot t_{см}. \quad (71)$$

Приведені витрати, дол США / т:

$$S_{пр} = S + E_1 \cdot K_{инв} + E_2 \cdot K_{об}, \quad (72)$$

де E_1 і E_2 – коефіцієнти ефективності за капітальними вкладеннями і оборотними коштами відповідно.

Термін окупності капітальних вкладень прибутком за вирахуванням амортизаційних відрахувань, років [73]:

$$n_{рок} = \frac{K_c \cdot n_c}{F_{вал} - C_a \cdot T_e} \quad (73)$$

де C_a – добові відрахування на амортизацію і ремонт, дол США/добу.

Приведений прибуток визначається таким чином:

$$F_{пр} = \bar{f} - S_{пр}. \quad (74)$$

Обчислюється розрахункове значення коефіцієнта ефективності капітальних вкладень:

$$E_{кв} = \frac{\Delta F_{вал}}{K_c \cdot n_c}. \quad (75)$$

Як приклад розглядається проект, яким передбачено перевезення 160 тис. т елементів зрошувальних системи з порту Миколаїв до порту Коломбо, а також перевезення 150 тис. т рису з порту Рангун до порту Стамбул.

Загальний об'єм вантажів, що перевозяться, склав:

– для зрошувальних систем:

$$V_1 = Q_1 \cdot q_1 = 160000 \cdot 0,40 = 64000 (м^3);$$

– для рису:

$$V_2 = Q_2 \cdot q_2 = 150000 \cdot 1,87 = 280500 (м^3);$$

де Q_1, Q_2 – вантажопотоки;

q_1, q_2 – питомі вантажні об'єми елементів зрошувальних системи і рису відповідно.

Розраховано потрібне значення питомої вантажомісткості тоннажу для вибраного типу суден:

$$\omega = V_{max} / Q_{max} = 280500 / 160000 = 1,75 (м^3 / т).$$

Схема руху суден, визначена за моделлю (4) – (7), на підставі якої робилися подальші розрахунки, має вигляд (рис. 1):

Рис. 1. Схема руху суден



Стрілками показано ділянки переходу, причому штриховими лініями – переходи в баласті; над стрілками – загальні вантажопотоки (в тис. т).

Результати розрахунків параметрів схем руху суден (усереднених параметрів напряму роботи флоту) подано в табл. 1.

Таблиця 1

Усереднені параметри напряму роботи флоту

ΣQ , тис. т	$\Sigma Q \cdot l$, млн. т·миль	$\Sigma D_{ч}$, тис. т	$\Sigma D_{ч} \cdot L$, млн т·миль	l , миль	L , миль	α_3	β	I	$M_{в}$, т/добу
310 000	1 573 260	160 000	1 869 440	5 075	11 684	0,842	2,302	1,938	599

Гранична вантажопідйомність та швидкість судна складають:

– відносна осадка $t_{\text{отн}}^3 = \frac{8,91^3}{18110} = 0,039 \text{ (} m^3 / m \text{)}$

– допустима водотоннажність

$D_{\text{max}} = 9,0^3 / 0,039^3 = 18664 \text{ (} m \text{)}$;

– максимальне значення дедвейту судна

$D_{\text{в. max}} = 18664 \cdot 0,69 = 12863 \text{ (} m \text{)}$;

– допустиме значення вантажопідйомності судна

$D_{ч. \text{max}} = 12863 \cdot 0,88 = 11347 \text{ (} m \text{)}$;

– добовий обсяг перевезень по ділянці з визначальним вантажопотоком:

$q_{\text{доб}} = 160000 / 365 = 438,36 \text{ (} m / \text{добу} \text{)}$;

– коефіцієнт завантаження судна – для труб приймався рівним 0,9, а для каучуку визначався таким чином: $\alpha_3 = 1,75 / 1,87 = 0,9375$. Далі приймалося $\alpha_3 = 0,9375$.

Граничне значення чистої вантажопідйомності дорівнює:

$D_{ч} = \frac{30 \cdot 438,36}{0,9375} = 14027 \text{ (} m \text{)}$.

Після порівняння отриманих значень чистої вантажопідйомності судів за обмеженою осадкою та значень за частоткою відправлення для подальших розрахунків вибиралося менше, яке дорівнювало 11 347 т. Максимальне значення швидкості встановлювалося на підставі аналізу швидкостей прототипу і приймалося рівним 17 вузлам.

Граничне значення вантажопідйомності (11 347 т) приймалося за верхню межу варіювання. Інші два значення вантажопідйомності призначалися нижче максимального відповідно на 10 % і 20 %. Для кожного значення вантажопідйомності встановлювалися три швидкості з інтервалом в 1 вузол. Результати варіювання зведено в табл. 2.

Таблиця 2

Варіанти вантажопідйомності і швидкості проєктованих судів для перевезення рису та зрошувальних систем

Показники	Вантажопідйомність, т								
	$D_{ч} = 11\ 347$			$D_{ч} = 10\ 212$			$D_{ч} = 9\ 078$		
	Швидкість, вузл.								
	$V = 17$	$V = 18$	$V = 19$	$V = 17$	$V = 18$	$V = 19$	$V = 17$	$V = 18$	$V = 19$
η_D	0,7	0,69	0,68	0,67	0,66	0,65	0,64	0,63	0,62
$\eta_{вд}$	0,92	0,91	0,9	0,91	0,9	0,89	0,9	0,89	0,88
$D_{в}$	13 998	14 152	14 309	12 737	12 878	13 023	11 447	11 576	11 707

Результати розрахунків експлуатаційних показників для вибраної схеми руху наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Експлуатаційні показники перевезення вантажів (рису та зрошувальних систем)

Найменування показників	Одиниці виміру	Позначення	Вантажопідйомність, т								
			$D_{ч} = 11\ 374$			$D_{ч} = 10\ 212$			$D_{ч} = 9\ 078$		
			Швидкість, вузл.								
			$V=17$	$V=18$	$V=19$	$V=17$	$V=18$	$V=19$	$V=17$	$V=18$	$V=19$
Ходовий час	діб	t_x	29,61	27,91	26,53	29,46	27,91	26,53	29,46	27,91	26,53
Стоянковий час	діб	$t_{ст}$	73,38	73,38	73,38	66,04	66,04	66,04	58,71	58,71	58,71
Час рейса	діб	t_p	102,99	101,29	99,91	95,50	93,96	92,57	88,16	86,62	85,23
Кількість рейсів	рейс	n_p	3,30	3,36	3,40	3,56	3,62	3,67	3,86	3,93	3,99

Провізна спроможність	тис т	P_T	72,6	73,8	74,8	70,4	71,6	72,7	67,8	69,0	70,2
Провізна спроможність	млн т·м	P_{TM}	368,3	374,5	379,7	357,5	363,4	368,8	344,2	350,4	356,1
Кількість суден	суден	n_c	4,27	4,20	4,14	4,40	4,33	4,27	4,57	4,49	4,42
Експлуатаційна швидкість	миль/добу	V_e	394,6	418,6	440,4	396,6	418,6	440,4	396,6	418,6	440,4
Коефіцієнт ходового часу	–	ϵ_x	0,287	0,276	0,266	0,308	0,297	0,287	0,334	0,322	0,311
Продуктивність	т·миль/т·добу	μ	95,5	97,1	98,4	103,0	104,7	106,2	111,5	113,5	115,4

Результати розрахунків собівартості утримання судна за формулами наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Собівартість тримання судна для перевезення вантажів (рису та зрошувальних систем)

Найменування показників	Одиниці виміру	Позначення	Вантажопідйомність, т								
			$D_q = 11\ 347$			$D_q = 10\ 212$			$D_q = 9\ 078$		
			Швидкість, вузл.								
			$V=17$	$V=18$	$V=19$	$V=17$	$V=18$	$V=19$	$V=17$	$V=18$	$V=19$
Вартість корпусу	млн дол	K_k	13,81	13,97	14,12	12,57	12,71	12,85	12,41	12,55	12,69
Вартість машини	млн дол	K_m	1,24	1,48	1,75	1,18	1,41	1,67	1,12	1,34	1,58
Вартість судна	млн дол	K_c	15,05	15,45	15,87	13,75	14,12	14,52	13,53	13,88	14,27
Ефективна потужність	є.к.с.	N_e	11 924	14 232	16 831	11 374	13 577	16 057	10 783	12 872	15 225
Добові витрати на амортизацію і ремонт	дол/добу	C_A	2 568	2 635	2 707	2 346	2 409	2 477	2 308	2 368	2 435
Добові витрати на постачання	дол/добу	C_{RP}	664	681	700	607	623	641	597	613	630
Добові витрати на тримання екіпажа	дол/добу	C_E	2 234	2 234	2 234	2 234	2 234	2 234	2 234	2 234	2 234
Умовний об'єм	м ³	W_v	38 077	38 077	38 077	34 269	34 269	34 269	30 461	30 461	30 461
Добові витрати на корабельні збори	дол/добу	$C_{кор}$	34,75	35,34	35,82	33,73	34,29	34,80	32,48	33,06	33,59
Добові витрати на маякові збори	дол/добу	C_m	5,92	6,01	6,10	5,74	5,84	5,92	5,53	5,63	5,72
Добові витрати на каналні збори	дол/добу	$C_{кан}$	38,45	39,09	39,64	37,32	37,93	38,50	35,93	36,57	37,17
Добові витрати на причальні збори	дол/добу	$C_{пр}$	4,44	4,51	4,57	4,31	4,38	4,44	4,15	4,22	4,29
Добові витрати на швартування	дол/добу	$C_{шв}$	0,58	0,59	0,60	0,63	0,64	0,65	0,68	0,69	0,70
Добові витрати на санітарні послуги	дол/добу	$C_{сан}$	5,55	5,64	5,72	5,38	5,47	5,55	5,18	5,28	5,36
Добові витрати на лоцманські послуги	дол/добу	$C_{лоц}$	0,41	0,41	0,42	0,39	0,40	0,41	0,38	0,39	0,39
Добові витрати на оплату буксира	дол/добу	$C_{букс}$	19,23	19,55	19,82	18,66	18,97	19,25	17,97	18,29	18,58
Агентське винагородження	дол/добу	$C_{аг}$	12,91	13,13	13,31	13,93	14,16	14,37	15,09	15,35	15,60
Добові інвалютні інші	дол/добу	$C_{ін.пр}$	53,34	37,88	38,83	52,34	53,79	55,21	50,95	52,45	53,90
Брутто-реєстровий тоннаж	Рег. т	BRT	9 988	10 097	10 210	9 088	9 189	9 292	8 168	8 260	8 353
Добові прямі постійні витрати	дол/добу	$C_{пр.пост}$	5 745	5 818	5 915	5 453	5 538	5 630	5 399	5 482	5 571
Добові непрямі витрати	дол/добу	$C_{НП}$	1 149	1 164	1 183	1 091	1 108	1 126	1 080	1 096	1 114
Добові змінні витрати на ходу	дол/добу	$C_{зм}^x$	4 822	5 755	6 806	4 599	5 490	6 493	4 360	5 205	6 156
Добові змінні витрати на стоянці	дол/добу	$C_{зм}^{ст}$	482	575	681	460	549	649	436	520	616
Собівартість тримання судна на ходу	дол/добу	C_x	11 715	12 737	13 904	11 143	12 136	13 249	10 840	11 783	12 842
Собівартість тримання судна на стоянці	дол/добу	$C_{ст}$	7 376	7 557	7 779	7 004	7 195	7 406	6 915	7 099	7 301

Результати розрахунків валютно-фінансових показників за формулами наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Валютно-фінансові показники перевезення вантажів (рису та зрошувальних систем)

Найменування показників	Одиниці виміру	Позначення	Вантажопідйомність, т									
			D _н = 11 347			D _ч = 10 212			D _г = 9 078			
			Швидкість, вузл.									
			V=17	V=18	V=19	V=17	V=18	V=19	V=17	V=18	V=19	
Доходи	млн дол	F _{вал}	21,58	21,58	21,58	21,58	21,58	21,58	21,58	21,58	21,58	21,58
Витрати	млн дол	R	12,52	12,83	13,25	12,39	12,75	13,17	12,78	13,14	13,56	13,56
Фінансовий результат	млн дол	ΔF _{вал}	9,05	8,74	8,33	9,19	8,82	8,41	8,79	8,43	8,02	8,02
Прибуток за вирахуванням податків	млн дол	ΔF _ч	6,34	6,12	5,83	6,43	6,18	5,88	6,15	5,90	5,61	5,61
Прибуток до витрат	—	f _{вал}	0,723	0,681	0,628	0,741	0,692	0,638	0,688	0,642	0,591	0,591
Рівень прибутковості	—	K _{дох}	1,723	1,681	1,628	1,741	1,692	1,638	1,688	1,642	1,591	1,591
Інтенсивність валютних надходжень	дол / т-добу	μ _{вал}	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205	0,205
Питомі капітальні вкладення	дол / т	K _{уд}	207,4	209,3	212,1	195,2	197,2	199,8	199,4	201,1	203,4	203,4
Собівартість перевезення вантажу	дол / т	S	40,40	41,40	42,74	39,97	41,14	42,48	41,24	42,40	43,74	43,74
Оборотні кошти	дол / т	K _{об}	25,94	25,36	24,87	24,36	23,81	23,32	22,82	22,27	21,77	21,77
Приведені витрати	дол / т	S _{пр}	69,18	70,32	71,93	67,05	68,37	69,96	68,59	69,87	71,42	71,42
Термін окупності	років	n _{прок}	5,03	5,19	5,42	4,77	4,94	5,16	4,99	5,17	5,40	5,40
Приведений прибуток	дол / т	F _{пр}	2,21	1,07	-0,54	4,34	3,01	1,43	2,79	1,52	-0,03	-0,03
Коефіцієнт ефективності капітальних вкладень	—	E _{кв}	0,141	0,135	0,127	0,152	0,144	0,136	0,142	0,135	0,127	0,127

Вибір оптимального типу судна для заданого напрямку роботи флоту проводився за мінімальними приведеними витратами. Мінімальним значенням є S_{пр} = 67,05 дол США/т, яке відповідає судну з такими характеристиками: вантажопідйомність – 10 212 т, швидкість – 17 вузлів. Даний тип судна є оптимальним для перевезення даного обсягу рису та зрошувальних систем у заданих напрямках.

Результати розрахунку економічних показників морських перевезень є підставою для вибору оптимального типу судна, що проектується, та його основних характеристик.

Висновки. Таким чином, запропоновано методику вибору судна з такими техніко-експлуатаційними

показниками, що забезпечують мінімальні приведені витрати на експлуатацію судна при освоєнні певного вантажопотоку. Для цього:

- інтегровано методики прогнозування ключових показників, що визначають витрати при морському перевезенні: фрахтові ставка, вартість суден і палива;

- визначено граничну вантажопідйомність та швидкість судна для заданого вантажопотоку, а також межі варіювання цих параметрів;

- на основі розрахованої собівартості, технічних і фінансово-економічних показників здійснено вибір оптимального судна для даного вантажопотоку за критерієм мінімальних приведених витрат.

ЛІТЕРАТУРА

1. Громов Н. Н. Единая транспортная система / Н. Н. Громов, Т. А. Панченко, А. Д. Чудновский. – М. : Транспорт, 1987. – 304 с.
2. Экономико-математические методы и модели в управлении морским транспортом / Е. Н. Воеводский, Н. А. Коневцева, Г. С. Махуренко, И. П. Тарасова. – М. : Транспорт, 1988. – 381 с.
3. Громовой Э. П. Математические методы и модели в планировании и управлении на морском транспорте / Э. П. Громовой. – М. : Транспорт, 1979. – 360 с.
4. Тарасова И. П. Введение в исследование операций в транспортных системах / И. П. Тарасова. – Одесса : ОГМУ, 2000. – 58 с.
5. Тарасова И. П. Задачи транспортного типа. – Одесса : ОГМУ, 1999. – 50 с.
6. Жирнова Н. М. К решению оптимизационных задач размещения транспортных средств на участках маршрута перевозки / Н. М. Жирнова // Підвищення ефективності навчально-виховного процесу в сучасній вищій школі: Науково-методичний семінар. Школа-семінар дослідника-початківця. – Миколаїв : ПСІ КСУ, 2004. – С. 124–131.
7. Белова Н. М. Проблеми визначення вартості морських суден / Н. М. Белова // Наукові праці: науково-методичний журнал / Н. М. Белова. – Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. Петра Могили, 2008. – Т. 89. – Вип. 76. – С. 104–107.
8. Белова Н. М. Прогнозування короткострокових фрахтових ставок / Н. М. Белова // Економіка : проблеми теорії і практики : Збірник наукових праць. – Дніпропетровськ : ДНУ, 2009. – Т. 5. Вип. 250. – С. 1104–1112.

Рецензенти: Бажал Ю. М., д.е.н., професор;
Верланов Ю. Ю., к.е.н., професор