

УДК 656.025.2:656.611.2

Ю. В. МИХАЙЛОВА^{1*}

^{1*}Кафедра «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень», Одеський національний морський університет, вул. Мечникова, 34, 65123, м. Одеса, Україна, тел. +38 (067) 7562267, ел. пошта yuliya.mikhailova@i.ua, ORCID 0000-0002-4882-7803

ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДІВ ДО РОЗСТАНОВКИ ПАСАЖИРСЬКИХ СУДЕН ЗА НАПРЯМКАМИ ЇХ РОБОТИ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛАНУВАННЯ РОБОТИ ФЛОТУ СУДНОПЛАВНОЇ КОМПАНІЇ

Анотація. Метою статті є вирішення завдання розстановки пасажирського флоту та удосконалення планування роботи флоту судноплавної компанії. Для досягнення мети були вивчені можливі умови експлуатації пасажирського флоту; розроблені підходи, які дозволять з урахуванням різних видів плавання, різних напрямків роботи, розмірів суден, а також можливості поповнення флоту отримати максимальне значення фінансового результату при розстановці пасажирського флоту судноплавної компанії, що зробило можливим удосконалити планування роботи пасажирського флоту судноплавної компанії. Процес управління судноплавним підприємством є безперервною розробкою управлінських рішень, від яких в значній мірі залежить кінцевий результат роботи будь-якої компанії. Це особливо важливо для судноплавства, яке функціонує в умовах значної динаміки як зовнішньої середовища так і безпосередньо виробництва транспортних процесів. Запропоноване рішення дозволить судноплавній компанії ефективно розташувати свій флот, отримати максимальний фінансовий результат з урахуванням умов перевезень та роботи суден різних видів плавання, форм організації перевезень, різних типів суден, маршрутів, а також враховує можливість поповнення флоту судноплавної компанії у разі, якщо його потенційна провізна здатність не перевищує обсягу транспортної роботи. Одним з найважливіших напрямів роботи судноплавної компанії є планування та оптимізація використання ресурсів підприємства. Судноплавна компанія прагне максимуму фінансового результату від виконаної роботи. Якщо розглядати «зовнішнє середовище» як суб'єкт управління, який також приймає рішення, що відповідають варіантам можливої структури пасажиропотоків, то такого роду завдання може бути формалізоване і представлено у вигляді матричної гри. Характерною умовою є те, що кожна сторона не має відомостей про рішення іншої. Таким чином, реалізується принцип максимуму (мінімуму) у конфліктній ситуації. Значення гри визначає математичне очікування виграву першого гравця, тобто значення фінансового результату, яке слід прийняти як планове. В результаті прогноз результатів діяльності судноплавної компанії відобразить виробничі можливості «зовнішнього середовища» (другого гравця) та умови, в яких йому доведеться працювати. Запропонований підхід може також бути використаний для визначення величин планових показників інших підприємств морського транспорту – портів, судноремонтних заводів, а також нормативів транспортної роботи; розробці програми поповнення (списання) флоту судноплавної компанії; визначенні тарифної політики, пов'язаної з перевезенням пасажирів у регіоні діяльності судноплавної компанії.

Ключові слова: пасажирів, пасажирські судна, флот, судноплавна компанія.

Вступ

Питання ефективної роботи флоту судноплавної компанії, а саме обґрунтування вирішення завдання розстановки суден за напрямками (маршрутами) роботи судноплавної компанії та удосконалення планування роботи флоту судноплавної компанії набуває особливого значення у сучасних умовах.

Огляд джерел за темою дослідження

Питанням планування роботи флоту присвячено багато робіт. Зокрема, О. В. Белов [1] приділив увагу виявленню факторів, що впливають

на ефективність експлуатації флоту. Одним з напрямків планування є підвищення ефективності експлуатації флоту. Кириченко В.О. у своїй роботі [2] запропонував вирішення проблеми на основі використання автоматизації процесу. Кітов А. Г. в роботі [3] зосередився на виявленні проблем оперативного управління та планування роботи флоту, а Тимошук Е. Н. [4] звернула увагу на особливості планування, які повинні бути враховані для ефективного функціонування судноплавної компанії. Робота Кириллової О. В. [5] присвячена теоретичним основам управління роботою флоту. Одним з головних напрямків планування є побудова схем руху, склад флоту та розробка розкладу роботи

флоту, саме ці питання розглянуті в роботах Вишневського О. Д. [6-9].

Моделі оптимального розміщення морських суден за напрямками роботи здебільшого засновані на розподільчій задачі лінійного програмування. Як параметр управління в моделях часто використовується бюджет часу типів суден на виділених напрямках перевезень. Він виявляється у судно-добах, тоннаже-сутках, чи частках від одиниці. За одиницю приймається бюджет часу кожного із типів суден. У інших роботах параметр управління характеризує кількість рейсів, що виконуються кожним типом суден на напрямках перевезень.

Незважаючи на велику кількість робіт, присвячених вирішенню цього питання, у практиці роботи судноплавних підприємств запропоновані в них моделі не знайшли застосування. У зв'язку з цим цікавить модель, розроблена М. І. Котлубаєм і реалізована в Чорноморському морському пароплаванні. До недоліків цієї моделі можна віднести те, що не враховується сезонність вантажопотоків, початкова позиція флоту, вимога цілісності вирішення завдання.

Завданню раціональної розстановки флоту приділено достатньо уваги у низці наукових праць. У кожній із них пропонувалися методики, актуальні кожна для свого часу та для вирішення конкретних проблем. Що стосується пасажирського флоту, то в роботі Боровик С.С. [10] запропоновано модель задачі оптимального розподілу пасажирського флоту за маршрутами.

Як було встановлено раніше, основним недоліком всіх розглянутих моделей є те, що вони мають статичний характер. Не дозволяє врахувати взаємодія процесів перевезення вантажів окремими суднами, інтенсивність надходження вантажів у порти і забезпечити перебування оптимальних рішень на ринкових умовах пасажирського флоту судноплавної компанії.

Для рішення завдання розстановки флоту та удосконалення планування роботи флоту судноплавної компанії в літературі у теперішній час відсутні обґрунтовані інструменти.

Мета дослідження

Метою даної статті є вирішення завдання розстановки пасажирського флоту та удосконалення планування роботи флоту судноплавної компанії. Для досягнення мети поставлені наступні задачі: вивчення умов експлуатації пасажирського флоту; розробка підходів, які дозволять отримати максимальне значення фінансового результату при розстановці флоту компанії

з урахуванням різних видів плавання, різних напрямків роботи, розмірів суден, а також можливості поповнення флоту; удосконалення планування роботи флоту судноплавної компанії.

Постановка задачі

Процес управління судноплавним підприємством є безперервною розробкою управлінських рішень із застосуванням їх на практиці. Від ефективності розробки цих рішень в значній мірі залежить кінцевий результат роботи будь-якої компанії. Особливе значення це набуває у судноплаванні, яке функціонує в умовах значної динаміки як зовнішньої середовища так і безпосередньо виробництва транспортних процесів.

Виклад основного матеріалу

Розставлення типів морських пасажирських суден за напрямками перевезень для пасажирського флоту, що виконує невеликі за тривалістю міжнародні рейси, потребує врахування таких умов експлуатації:

- бюджет часу роботи флоту;
- тип пасажиропотоків, що перевозяться;
- сезонності пасажиропотоків;
- необхідності виконання попередньо оголошеного розкладу відходу суден на окремих напрямках перевезень;
- допустимість роботи суден на окремих напрямках;
- різномірності вихідної інформації про обсяги перевезень (заявки та довгострокові контракти, прогнозні та експертні величини).

Відома модель [11], яка загалом відбиває перелічені вище умови. Однак, вона не враховує різномірності оперативних даних про структуру пасажиропотоків і не передбачає попередньої оцінки співвідношення провізної спроможності флоту та обсягу транспортної роботи. Хоча саме остання обставина істотно впливає на вибір критерію оптимальності.

Напрямки перевезень визначаються парою районів, між якими існують пасажиропотоки. Вони диференційовані за підперіодами t_y , напрямками j та типами пасажиропотоків p . У середині районів перевезення відсутні або вони настільки малі, що їх можна не враховувати при цьому рівні достовірності інформації. Пари кореспондуючих районів, між якими заявлений певний обсяг перевезень, є основою для формування сукупності маршрутів $\{m\}$. Поряд із маршрутами встановлюється бюджет часу роботи суден кожного типу - T_i . Для цього з його календарного значення виключається період часу,

протягом якого планується ремонт, а також час завершення роботи суден відповідно до графіка.

Робота кожного типу i на напрямі j характеризується завантаженням суден, часом рейсу та показником ефективності його використання.

Розрахунок співвідношення між потенційною провізною здатністю флоту $П_c$ та обсягом транспортної роботи V_p пропонується виконувати за результатами вирішення наступної розстановної задачі:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M D_i^m X_i^m H_i^m \rightarrow \max; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m \in m_j} q_{ij} X_i^m H_i^m = P_j^k, \quad j = 1, 2, \dots, n', \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m \in m_j} q_{ij} X_i^m H_i^m \leq P_j^n, \quad (3)$$

$$j = 1 + n', 2 + n', \dots, n$$

$$\sum_{m=1}^M t_i^m X_i^m \leq T_i, \quad i = 1, 2, \dots, M, \quad (4)$$

$$X_i^m \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, I; \quad m = 1, 2, \dots, M, \quad (5)$$

де D_i^m – доходи за рейс від роботи суден типу i на маршруті m ;

q_{ij} – завантаження суден типу i на напрямі j ;

P_j^k – кількість пасажирів, яку необхідно перевезти на напрямі j , виходячи із заявок та довгострокових контрактів;

P_j^n – кількість пасажирів на напрямі j , встановлена на основі статистичних та експертних методів;

T_i – бюджет часу роботи суден типу i ;

t_i^m – час рейсу судна типу i на маршруті m .

m_j – безліч маршрутів, що містять напрямки j ;

K_i^m – змінні коефіцієнти, що приймають значення 0 або 1. Вони визначаються на етапі підготовки вихідної інформації та в розрахунку мають конкретне значення.

$$K_i^m = \begin{cases} 1, & \text{якщо робота судна типу } i \\ & \text{допустима на маршруті } m; \\ 0, & \text{в протилежному випадку} \end{cases}$$

X_i^m – кількість рейсів суден типу i на маршруті m .

Вираз (1) характеризує цільову функцію математичної моделі, що забезпечує отримання максимального доходу від роботи флоту.

Рівняння (2) відображають вимогу доставки всіх пасажирів відповідно до заявок та довгострокових договорів.

Нерівності (3) характеризують граничні обсяги транспортної роботи флоту, встановлені на основі кількісного прогнозу пасажиропотоків.

Вираз (4) визначає вимогу не перевищення бюджету часу флоту наявного у судноплавного підприємства.

Після виявлення співвідношення між величинами $П_c$ і V_p , і навіть вибору відповідного йому критерію оптимізації, у загальному випадку, розстановку флоту пропонується проводити з урахуванням наступної математичної моделі лінійного програмування.

$$\sum_{y=1}^Y \sum_{i=1}^{I_y} \sum_{m=1}^{M_i} \sum_{j=1}^{n_m} \sum_{p=1}^{P_j} \Phi_{yijp}^m X_{yijp}^m H_i^m S_{yjp} \rightarrow \max \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^{I_y} \sum_{m=1}^{M_i} q_{yijp} X_{yijp}^m H_i^m S_{yjp} = P_{yjp}^k \quad (7)$$

$$y = 1, 2, \dots, Y; \quad j = 1, 2, \dots, n_m; \quad p = 1, 2, \dots, P_j'$$

$$\sum_{i=1}^{n_m} \sum_{m=1}^{M_i} q_{yijp} X_{yijp}^m H_i^m S_{yjp} \leq P_{yjp}^n \quad (8)$$

$$y = 1, 2, \dots, Y; \quad j = 1, 2, \dots, n_m; \quad p = P_j' + 1, P_j' + 2, \dots, P_j$$

$$\sum_{y=1}^Y \sum_{m=1}^{M_i} \sum_{j=1}^{n_m} \sum_{p=1}^{P_j} t_{yijp}^m X_{yijp}^m H_i^m S_{yjp} \leq T_i \quad (9)$$

$$(i = 1, 2, \dots, I_y)$$

$$\sum_{m=1}^{M_i} \sum_{p=1}^{P_i} X_{yijp}^m H_i^m S_{yjp} \geq N_{yij}, \quad (10)$$

$$y = 1, 2, \dots, Y; \quad i = 1, 2, \dots, I_y; \quad j = 1, 2, \dots, n_m$$

$$X_{yijp}^m = 0, 1, 2, \dots, P \quad (11)$$

$$y = 1, 2, \dots, Y; \quad i = 1, 2, \dots, I_y; \quad m = 1, 2, \dots, M_i;$$

$$j = 1, 2, \dots, n_m; \quad p = 1, 2, \dots, P_j$$

де Φ_{yijp}^m – фінансовий результат від роботи судна типу i при перевезенні пасажирів p на напрямку j маршруту m у підперіоді t_y ;

N_{yij} – кількість відходів суден типу i у напрямку j у підперіоді t_y , виходячи з оголошеного квартального розкладу;

P_j – кількість пасажирів на напрямі j із заявок та довгострокових контрактів;

S_{yijp}^m – змінні коефіцієнти, які встановлюються в ході формування структури пасажиропотоків. У розрахунку вони мають конкретні значення:

$$S_{yijp}^m = \begin{cases} 1, & \text{якщо в підперіоді } t_y \\ & \text{на напрямку } j \\ 0, & \text{в протилежному випадку} \end{cases}$$

X_{yijp}^m – керуючі змінні.

Їх значення характеризують кількість рейсів у підперіоді t_y суден типу i під час перевезення пасажирів p напрямку j , що входить у маршрут m .

Всі інші позначення такі, як і прийняті вище.

Цільова функція математичної моделі (6) передбачає таке розташування флоту, яке дозволить отримати максимальне значення фінансового результату від виконаної роботи. Як критерій оптимальності може бути прийнятий і інший показник залежно від співвідношення P_c і V_p .

Наприклад,

– якщо $P_c \geq V_p$, то доцільно прийняти в якості критерію витрати суден, оскільки доходи будуть фіксовані величиною сумарного пасажиропотоку.

– якщо $P_c \leq V_p$, то потенційної провізної спроможності не достатньо для повного освоєння пасажиропотоків, в якості критерію оптимізації приймається прибуток від роботи флоту. В результаті розстановки за цим критерієм в першу чергу будуть вивезені високо тарифні категорії пасажирів, які, як правило, мають пріоритет у термінах відправлення.

Обмеження (10) встановлює необхідність виконання розкладу за кількістю відходів суден у зазначених у ньому напрямках.

Економічний сенс обмежень (7)-(9) такий самий, як у (2)-(4) математичної моделі (1) - (5).

Проведений нами аналіз та висновки вказують на необхідність продовження досліджень у галузі створення моделей та методів вирішення завдання розстановки флоту, спрямованих на вдосконалення їх у теоретичному плані з

обов'язковим досягненням практичної придатності результатів. У зв'язку з цим, необхідно зазначити, що наведена постановка та модель розвивають існуючі підходи до вирішення завдання розстановки флоту.

Таким чином, до особливостей розглянутого підходу до визначення проекту плану розвитку перевезень та роботи флоту належить те, що:

– загалом він має комплексний характер. Враховуються умови перевезень та роботи суден різних видів плавання (каботажні, міжнародні). Також знайшли відображення лінійна та круїзна форми використання суден при виконанні перевезень;

– залежно від пасажиромісткості суден (малотоннажний та великотоннажний флот) та регіону діяльності судноплавного підприємства, використовуються різні за змістом математичні моделі;

– попередня оцінка потенційної провізної здатності флоту дозволяє ефективно вирішити питання вибору критерію оптимальності при розстановці флоту у кожному даному випадку;

– враховується неоднорідність вихідної інформації структуру пасажиропотоків;

– введення в моделі змінних коефіцієнтів, що визначають можливість використання окремих типів суден на тих чи інших маршрутах (напрямах), забезпечує відповідність техніко-експлуатаційних характеристик суден умовам їхньої майбутньої роботи, а також досвід експлуатації флоту;

– для малотоннажного флоту маршрути формуються заздалегідь. На етапі підготовки вихідної інформації для вирішення завдання вони, зазвичай, доповнюються у разі появи раніше відсутніх напрямів перевезень чи частина з них виключається з розгляду у разі, якщо окремі напрями не забезпечені пасажиропотоками. Це значно скорочує обсяг робіт із підготовки вихідної інформації та, як наслідок, час проведення розрахунку. Варіювання ж значеннями змінних коефіцієнтів моделі дозволяє в цілому значно звузити межі пошуку оптимального рішення задачі;

– враховується можливість поповнення флоту судноплавного підприємства у разі, якщо його потенційна провізна здатність не перевищує обсягу транспортної роботи;

– для великотоннажного флоту побудова замкнених маршрутів суден провадиться в ході вирішення задачі. У цьому розглядаються всі теоретично можливі варіанти маршрутів суден, і встановлюється найкращий.

«Метод від досягнутого» є досить поширеним для розрахунку показників діяльності підприємств морського транспорту на перспективу. У його основі, як відомо, лежить аналіз рядів динаміки досягнутих значень показників обсягів виробництва транспортних підприємств. В результаті відсутній зв'язок між прогнозними значеннями розвитку виробництва та ресурсами системи.

Одним з головних напрямків удосконалення планування, спрямованого на усунення цього недоліку, є застосування економіко-математичних методів та моделей. Сутність такого підходу полягає в оптимізації використання ресурсів підприємства та отриманні на цій основі відповідних показників. Для вирішення цього завдання у літературі широко представлені моделі лінійного програмування, які, проте, знаходять практичне застосування лише в окремих випадках. Значною мірою це обумовлено тим, що вони є детермінованими, тобто передбачається, що умови ухвалення рішень, включаючи неконтрольовані фактори, відомі. Такий метод простий, але точність його залежить від стійкості обсягів перевезень та показників транспортної роботи на окремих ділянках та в цілому по судноплавному підприємству.

Обсяги транспортної роботи визначаються довгостроковими угодами перевезення і носять, зазвичай, «річний» і «п'ятирічний» рівні достовірності. Аналіз їх виконання показує, що дані, що містяться в заявках на перевезення іноземних і внутрішніх пасажиропотоків, а також їх прогноз не є цілком достовірними, тобто мають місце значні відхилення пасажиропотоків, що фактично пред'являються, від зазначених у заявках як за обсягом, структурою так і за напрямками перевезень.

Другим напрямом досліджень, що проводяться, є розробка стохастичних моделей. Це вибір рішень при ризику, коли відомо безліч можливих (допустимих) варіантів умов та апріорний ймовірнісний розподіл на цій множині. Побудова таких моделей можлива, якщо є достатній фактичний матеріал для оцінки параметрів. Однак імовірнісна оцінка в більшості випадків утруднена через велику кількість різномірних факторів, що визначають появу даного спостереження і, як наслідок, незначну їх кількість. У зв'язку з цим рішення доводиться приймати, знаючи лише одну безліч можливих (допустимих) приватних результатів, ймовірності яких абсолютно невідомі або навіть не мають сенсу. Дослідження таких ситуацій проводяться методами теорії ігор.

Розглянемо з позиції даного підходу завдання формування проекту плану розвитку перевезень та роботи флоту на основі інформації, що має «річний» та «п'ятирічний» рівні достовірності.

Як раніше зазначалося, існує низка моделей детермінованого характеру, що дозволяють розподіляти флот за напрямками відповідно до обсягів транспортної роботи. Залежно від розмірів флоту, виду плавання, типів морських суден та форми організації їхньої роботи може бути використана та чи інша модель, яка відображає конкретні умови виробничої діяльності судноплавного підприємства. Для забезпечення цілісності викладу матеріалу розглянемо узагальнену постановку задачі, що формулюється в такий спосіб.

Відомі пасажиропотоки P_j між портами (регіонами) відправлення та призначення j ($j=1,2,\dots,n$), які встановлені на основі довгострокових угод на перевезення, а також прогнозу їх обсягів з використанням моделей.

Напрямки перевезень j об'єднані в маршрути m ($m=1,2,\dots,M$). Встановлено склад флоту з урахуванням поповнення і списання, використання якого передбачається в періоді часу, що розглядається, він диференційований за типами суден i ($i=1,2,\dots,I$). Для кожного типу судна встановлено:

- бюджет часу роботи в експлуатації – t_j ;
- час рейсу судна типу i за маршрутом m – t_{im} ;
- завантаження судна типу i на напрямку j – q_{ij} ;
- фінансовий результат роботи судна типу i за маршрутом m – Φ_i .

Тоді математична модель завдання набуде наступного вигляду:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m=1}^M \Phi_{im} X_{im} \rightarrow \max \quad (12)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{m \in m_j} q_{ij} X_{im} \leq P_j \quad (13)$$

$$\sum_{m=1}^M t_{im} X_{im} = t_i^e \quad (14)$$

$$X_{im} \geq 0 \quad (15)$$

$$j=1,2,\dots,I; m=1,2,\dots,M$$

де X_i – кількість рейсів судна типу i за маршрутом m ;

m_j – сукупність маршрутів, що містять ділянку роботи j .

Варіанти можливих структур пасажиропотоків формуються виходячи із значень перевезень P_j величини ΔP_j з урахуванням морфологічної матриці.

Величини ΔP_j визначаються на основі обробки статистичної інформації про відхилення фактичних значень пасажиропотоків від заявлених:

$$\Delta P_{j\mu} = P_{j\mu}^{\phi} - P_{j\mu} \quad (16)$$

Для оцінки закону розподілу випадкової величини ΔP_j та його числових характеристик будується емпірична функція розподілу.

Враховуючи, що відхилення ΔP_j формуються під дією безлічі випадкових незалежних або слабо залежних факторів, можна припустити, що ΔP_j розподілене за нормальним законом.

Точкові незміщені оцінки параметрів визначаються за відомими формулами:

$$a^{\wedge} = \frac{1}{M} \sum_{\mu=1}^M P_{j\mu} \quad (17)$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{\mu=1}^M (\Delta P_{j\mu} - a^{\wedge})^2}{M-1}} \quad (18)$$

Інтервальна оцінка ΔP_j з необхідною довірчою ймовірністю $1 - \lambda$ визначається з виразу:

$$a^{\wedge} - t_{\alpha/2; n-1} \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} < P_j < a^{\wedge} + t_{\alpha/2; n-1} \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}} \quad (19)$$

де $t_{\alpha/2; n-1}$ - квантили розподілу Стюдента.

При розрахунку величини пасажиропотоку використовується реалізація ΔP_j згенеровано датчиком випадкових чисел.

Рядки морфологічної матриці характеризуються напрямками j , а стовпці – значеннями:

$$\left. \begin{aligned} P_j^1 &= P_j - \Delta P_j \\ P_j^2 &= P_j \\ P_j^3 &= P_j - \Delta P_j \end{aligned} \right\} (j=1,2,\dots,n) \quad (20)$$

$$\left. \begin{aligned} P_1^1 P_1^2 P_1^3 \\ P_2^1 P_2^2 P_2^3 \\ \dots \dots \dots \\ P_n^1 P_n^2 P_n^3 \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

Якщо в кожному рядку матриці (21) виділити один з елементів, а потім послідовно їх з'єднати, то отриманий ланцюг елементів буде представляти можливий варіант стратегії S реалізації структури пасажиропотоків, кожному з яких відповідає певна розстановка флоту і прогнозне значення показника на основі моделі (12)-(15).

Судноплавна компанія прагне максимуму фінансового результату від виконаної роботи. Якщо розглядати «зовнішнє середовище» як суб'єкт управління, який також приймає рішення, що відповідають варіантам можливої структури пасажиропотоків, то такого роду завдання може бути формалізоване і представлене у вигляді матричної гри. Характерною умовою є те, що кожна сторона не має відомостей про рішення іншої. Для судноплавної компанії це відомості про фактичні обсяги перевезень пасажирів у майбутньому періоді часу. У результаті складається антагоністичний конфлікт, реалізація якого полягає в тому, що кожна сторона робить один вибір з можливих своїх стратегій. Для судноплавної компанії, це варіант розставлення флоту, а для «зовнішньої середовища» структура пасажиропотоків. Результати дії сторін задаються як матриці:

$$A = \|\Phi_{sk}\| \quad (22)$$

$$s=1,2,\dots,S; k=1,2,\dots,K$$

Рядки матриці A відповідають стратегіям судноплавної компанії, а стовпці – стратегіям «зовнішнього середовища».

Матриця виграшів від прийняття рішення кожної зі сторін має такий вигляд:

$$A = \begin{bmatrix} \Phi_{11} & \Phi_{12} & \dots & \Phi_{1k} \\ \Phi_{21} & \Phi_{22} & \dots & \Phi_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Phi_{s1} & \Phi_{s2} & \dots & \Phi_{sk} \end{bmatrix} \quad (23)$$

Розрахунок значень елементів матриці виграшів ведеться з урахуванням моделі (12)-(15) - діагональні значення. При цьому використовується метод прискореного перерахунку, що базується на тому, що при зміні правих частин обмежень B в останній симплексній таблиці міститься обернена базисна матриця D^{-1}

$$\tilde{x}^{(k)} = D^{-1}B^{(k)} \quad (24)$$

Інші значення встановлюються виходячи з економічного сенсу подвійних оцінок плану.

Відсутність обміну інформацією між гравцями робить вибори стратегій випадковими та незалежними. Тому кожна ситуація J у чистих стратегіях (s, k) реалізується з ймовірністю:

$$Y = Y_s P_k \quad (25)$$

де Y_s – змішана стратегія s першого гравця;

P_k – змішана стратегія k другого гравця.

Природно, що перший учасник конфлікту, вибираючи свою змішану стратегію $y \in Y$, прагне максимізувати виграш $\Phi(y, p)$; другий – вибираючи свою змішану стратегію $p \in P$, переслідуює протилежні інтереси. Таким чином, реалізується принцип максимуму (мінімаксу) у конфліктній ситуації. Відомо, що для такого класу ігор при використанні змішаних стратегій завжди існує рівність:

$$\max_{y \in Y} \min_{p \in P} \Phi(y, p) = \min_{p \in P} \max_{y \in Y} \Phi(y, p) \quad (26)$$

З рівняння (26) випливає, що:

$$\Phi(y, \tilde{p}) \leq \Phi(\tilde{y}, \tilde{p}) \leq \Phi(\tilde{y}, p) \quad (27)$$

$$\Phi(\tilde{y}, \tilde{p}) = \sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^K \Phi_{sk} \tilde{Y}_s \tilde{P}_k = G \quad (28)$$

$$\sum_{s=1}^S \tilde{Y}_s = 1 \quad (29)$$

$$\sum_{k=1}^K \tilde{P}_k = 1 \quad (30)$$

де \tilde{y}, \tilde{p} – оптимальні змішані стратегії учасників конфлікту;

G - значення гри.

Значення гри визначає математичне очікування виграшу першого гравця, тобто значення фінансового результату, яке слід прийняти як планове. В результаті прогноз результатів діяльності судноплавної компанії відобразатиме виробничі можливості «зовнішнього середовища» (другого гравця) та умови, в яких йому доведеться працювати.

Значення гри та відповідні йому оптимальні стратегії встановлюються з розв'язання задач лінійного програмування:

Гравець 1

$$\bar{V} = \sum_{s=1}^S \bar{Y}_s \rightarrow \min \quad (31)$$

$$\sum_{s=1}^S F_{sk} \bar{Y}_s \geq 1 \quad (32)$$

$$k=1, 2, \dots, K$$

$$\bar{Y}_s \geq 0 \quad (33)$$

$$s=1, 2, \dots, S$$

$$\text{де, } \sum_{s=1}^S \bar{Y}_s = \frac{1}{V} \sum_{s=1}^S \tilde{Y}_s = \frac{1}{V} = \bar{V}$$

Гравець 2

$$\bar{V} = \sum_{k=1}^K \bar{P}_k \rightarrow \max \quad (34)$$

$$\sum_{k=1}^K F_{sk} \bar{P}_k \leq 1 \quad (35)$$

$$s=1, 2, \dots, S$$

$$\bar{P}_k \geq 0 \quad (36)$$

$$k=1, 2, \dots, K$$

$$\text{де } \sum_{k=1}^K \bar{P}_k = \frac{1}{V} \sum_{k=1}^K \tilde{P}_k = \frac{1}{V} = \bar{V}$$

Задачі (31)-(33) та (34)-(36) є подвійнопов'язаними. Тому достатньо встановити рішення для однієї з них. В результаті отримано точкову оцінку плану відповідного реалізації величини ΔP_j . Інтервальна оцінка, виходить, за сукупністю реалізацій описаної процедури.

Висновки

В роботі запропоновано обґрунтований підхід до вирішення завдання розстановки пасажирського флоту та удосконалення планування роботи флоту судноплавної компанії. Для цього були проаналізовані умови експлуатації пасажирського флоту; розроблені підходи, які дозволять отримати максимальне значення фінансового результату при розстановці флоту компанії з урахуванням різних видів плавання, різних напрямків роботи, розмірів суден, а також можливості поповнення флоту; запропоновано методи удосконалення планування роботи флоту судноплавної компанії.

Розроблений проект плану розвитку перевезень та роботи флоту має комплексний характер,

що враховує умови перевезень та роботи суден різних видів плавання (каботажні, міжнародні), а також різних форм використання суден. В залежності від пасажиромісткості суден (малотоннажний та великотоннажний флот) та регіону діяльності судноплавного підприємства, використовуються різні за змістом математичні моделі. Для кожного випадка обирається свій критерій оптимальності при розстановці флоту виходячи з попередньої оцінки потенційної провізної здатності. Запропонований підхід враховує неоднорідність вихідної інформації структури пасажиропотоків та дає можливість використовувати окремі типи суден на тих чи інших маршрутах (напрямах), забезпечує відповідність техніко-експлуатаційних характеристик суден умовам їхньої майбутньої роботи, а також досвід експлуатації флоту. Варіювання значеннями змінних коефіцієнтів моделі дозволяє в цілому значно звужити межі пошуку оптимального рішення задачі. Розроблений підхід враховує можливість поповнення флоту судноплавного підприємства у разі, якщо його потенційна провізна здатність не перевищує обсягу транспортної роботи.

Більш того, запропонований підхід може також бути використаний для визначення:

1. Величин планових показників інших підприємств морського транспорту – портів, судноремонтних заводів, а також нормативів транспортної роботи.

2. Програми поповнення (списання) флоту судноплавної компанії. У цьому враховуються типи суден, які можна придбати у суднобудівних заводів, куплені в інших судноплавних підприємств нашої країни чи закордоном. У результаті судна, які увійшли в оптимальний план, слід придбати. Типи суден, які відсутні у ньому, необхідно продати, передати у оренду тощо.

3. Тарифної (фрахтової) політики, пов'язаної з перевезенням пасажирів у регіоні діяльності судноплавної компанії.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Белов, О. А. Аналитический обзор факторов эффективной эксплуатации морского транспорта. [Электрон. ресурс] / О. А. Белов // Техническая эксплуатация водного транспорта: проблемы и пути развития. – 2019. – №1-1.5-9

2. Кириченко, В. О. Метод підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту на основі автоматизації процесу. [Текст] / В. О. Кириченко, І. В.

Трофименко, Ю. С. Шапран, // Телекомунікаційні та інформаційні технології - 2017. - № 2. – С. 82-86.

3. Китов А.Г., Самсонов Р.И., Чуплігін Г.Н. Проблемы оперативного управления и планирования работы флота в современных судоходных компаниях //TRANSPORT BUSINESS: 36. наук. праць. – - Вип 3. 2017 - С 35-47.

4. Тимошук Е.Н. Особенности планирования в процессе управления судоходной компанией// Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони № 3 (30)/2017. - С 99-102.

5. Кириллова Е.В. Теоретичні основи управління роботою флоту у транспортно-технологічних системах: дис.... д-ра техн. наук: 05.22. 01–транспортні системи/Кириллова Олена Вікторівна; Одес. нац. мор. ун-т

6. Вишне夫斯基 Д.О. Система формирования расписаний в линейном судоходстве // Вісник Одеського національного морського університету: 36. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, - Вип 36. - С 35-47.

7. Вишне夫斯基 Д.О. Формирование схем движения судов и расстановка флота в линейном судоходстве // Вісник Одеського національного морського університету: 36. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, - Вип 3 (39). - С 256-262.

8. Вишне夫斯基 Д.О. Обоснование состава участков для организации работы судов на линии // Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции “Современные направления теоретических и прикладных исследований `2013”. – Одесса: ОНМУ 2013. – Том 1. Вип 3 - С.54-58.

9. Вишне夫斯基 Д.О. Обоснование состава флота для организации его работы на линии // Судовождение: 36. наук. праць. – Одеса: ОНМА, - Вип 22. - С 58-65.

10. Боровик, С. С. Модель задачі оптимального розподілу пасажирського флоту за маршрутами. [Текст] / С. С. Боровик. // Вісник Херсонського національного технічного університету. - 2020. - № 3 (74) – С. 11-18

11. Экономико-математические методы и модели в управлении морским транспортом: Учебник студентов морских вузов /Е.Н. Воевудский, Н.А. Коневцева, Г.С. Махуренко, И.П. Тарасова; / Под ред. Е.Н. Воевудского. - М.: Транспорт, 1988. - 384 с.

Стаття рекомендована до публікації д.физ.-мат.н., проф. Білозьоровим В. Є. (Україна)

Надійшла до редколегії 30.05.2023.

Прийнята до друку 19.06.2023.

JUSTIFICATION OF APPROACHES BEFORE PLACEMENT OF PASSENGER VESSELS IN THE DIRECTIONS OF THEIR WORK AND IMPROVING THE WORK PLANNING OF THE SHIPPING COMPANY'S FLEET

Abstract. The purpose of the article is to solve the task of arranging the passenger fleet and improving the planning of the fleet of the shipping company. To achieve the goal, the possible operating conditions of the passenger fleet were studied; developed approaches that will allow, taking into account different types of sailing, different directions of work, sizes of ships, as well as the possibility of replenishment of the fleet, to obtain the maximum value of the financial result when deploying the passenger fleet of the shipping company, which made it possible to improve the planning of the passenger fleet of the shipping company. The process of managing a shipping enterprise is a continuous development of management decisions, which largely depends on the final result of the work of any company. This is especially important for shipping, which functions in conditions of significant dynamics of both the external environment and the direct production of transport processes. The proposed solution will allow the shipping company to effectively locate its fleet, obtain the maximum financial result, taking into account the conditions of transportation and operation of vessels of various types of navigation, forms of organization of transportation, various types of vessels, routes, and also takes into account the possibility of replenishing the fleet of the shipping company in the event that its potential freight capacity does not exceed the amount of transport work. One of the most important areas of the shipping company's work is planning and optimizing the use of the company's resources. The shipping company strives for the maximum financial result from the work performed. If we consider the "external environment" as a management subject that also makes decisions corresponding to the options of the possible structure of passenger flows, then this kind of task can be formalized and presented in the form of a matrix game. A characteristic condition is that each party has no information about the decision of the other. Thus, the maximin (minimax) principle is implemented in a conflict situation. The value of the game determines the mathematical expectation of winning the first player, that is, the value of the financial result, which should be taken as planned. As a result, the forecast of the results of the shipping company will reflect the production capabilities of the "external environment" (the second player) and the conditions in which it will have to work. The proposed approach can also be used to determine the values of the planned indicators of other maritime transport enterprises - ports, ship repair plants, as well as standards of transport work; development of the replenishment (write-off) program of the shipping company's fleet; determining the tariff policy related to the transportation of passengers in the shipping company's region.

Keywords: passengers, passenger ships, fleet, shipping company.