

УДК 656.612:629.563.82

ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ СУДЕН ПОСТАЧАННЯ МОРСЬКИХ БУРОВИХ ПЛАТФОРМ І ОРГАНІЗАЦІЯ ЇХ РОБОТИ

Кравченко О.А.

JUSTIFICATION OF THE OPTIMAL STRUCTURE OF VESSELS SUPPLYING MARINE DRILLING PLATFORMS AND THE ORGANIZATION OF THEIR WORK

Kravchenko O.A.

У статті запропоновано модель та супутні їй методичні положення щодо обґрунтування структури суден постачання і організації їх роботи. Розроблена математична модель враховує вантажопідйомність суден, варіанти обходу платформ і попит на транспортне забезпечення платформ. А також враховує специфіку впливу погодних умов на роботу спеціалізованих суден, що забезпечує відповідність отриманих результатів реальним умовам їх роботи. Дозволяє забезпечити мінімізацію транспортних витрат на обслуговування платформ спеціалізованими суднами.

Ключові слова: спеціалізовані судна постачання, транспортне забезпечення платформ, варіанти маршрутів, бюджет часу, несприятливі погодні умови.

Вступ. У процесі організації обслуговування видобувних платформ одним із важливих завдань є визначення кількісного і якісного складу спеціалізованих суден постачання, а також планування графіка обслуговування. Під графіком обслуговування розуміється чітка ідентифікація того, яке судно, в який проміжок часу, який вид робіт виконує.

При цьому під зазначеним обслуговуванням розуміється постачання платформ необхідним обладнанням, будматеріалами, продуктами і та ін., а також прийом і доставка на берег несправного обладнання, порожньої тари і тому подібне. Зазначена задача може бути формалізована за використанням методів дослідження операцій і, зокрема, лінійного програмування.

Слід зазначити, що до цієї проблеми зверталися окремі дослідники, наприклад, [1-5], які пропонували моделі різного типу для планування роботи спеціалізованих суден, при обслуговуванні платформ. Пропоновані підходи, зокрема, в [1, 2, 5] враховували специфіку роботи окремих компаній і два варіанти тривалості рейсів - 1 і 2 робочих дня. Таким чином, зазначені розробки є вузькоспеціалізовані, орієнтовані на конкретну виробничу ситуацію.

Проте, існуючі розробки можуть бути вдосконалені, шляхом врахування чинників, які не розглядалися в існуючих роботах. Це дозволить отримати результати, які в більшій мірі відповідають реальній ситуації і умовам роботи спеціалізованих суден. А, отже, це надасть особам, котрі приймають рішення щодо організації роботи спеціалізованих суден, враховувати більше факторів, для отримання достовірних результатів.

Мета статті. Таким чином, метою даного дослідження є розробка математичної моделі та методичних положень, що дозволяють обґрунтовувати структуру суден постачання і планувати роботу спеціалізованих суден.

Виклад основного матеріалу дослідження. У даній роботі в якості теоретичної бази використовувалися розробки [1], розвиток яких орієнтовано на досягнення поставленої мети дослідження.

З безлічі доступних і придатних за характеристиками спеціалізованих суден повинен бути сформований флот, обслуговуючий видобувні платформи, тобто бере участь в якості транспортної підсистеми в системі постачання платформ.

В роботах [6, 7, 8] було проаналізовано структуру і визначено специфіку параметрів різних варіантів маршрутів обходу спеціалізованими суднами видобувних платформ (на прикладі трьох платформ). Кожен варіант принципово відрізняється:

- кількістю платформ, які «відвідуються» спеціалізованими суднами (тільки одна або більше);
- «напрямок» обслуговування - прийом (збір), постачання (розвезення) і змішаний варіант.

Розглядається період планування T , який розбивається на тимчасові періоди (наприклад, місяці). Таким чином, вводимо в розгляд індекс часу $t = \overline{1, T}$.

Кількість варіантів залежить, перш за все, від кількості платформ для обслуговування. Нехай роз-

глядається P платформ. Введемо в розгляд індекс платформ $p = \overline{1, P}$.

Кожній платформі відповідає певний попит на завезення / вивезення вантажів від бази / до бази. Позначимо дані види попиту в кожний виділений проміжок часу $t = \overline{1, T}$ відповідно $Q_t^p, Q_t'^p$.

При цьому будемо вважати, що дані величини вже враховують різномірність вантажу з точки зору транспортної характеристики - питомо-навантажувального обсягу.

Таким чином $Q_t^p, Q_t'^p$ є порівнянними з точки зору завантаження суден.

Нехай в результаті попереднього аналізу були визначені n можливих варіантів роботи суден по обслуговуванню платформ.

І нехай відібрані m варіантів спеціалізованих суден постачання. Під варіантом розуміється судно з конкретними техніко-експлуатаційними та економічними характеристиками. Кожне судно $j = \overline{1, m}$ характеризується:

- бюджетом часу, котрий приймається $T_j = T$,
- експлуатаційною швидкістю V_j ,
- вантажопідйомністю D_j ,
- добовими експлуатаційними витратами на ходу R_j^x і на стоянці R_j^{cm} ,
- а також добовою ставкою R_j^{mc} тайм-чартера.

Відзначимо, що бюджет часу суден, введений в розгляд вище, не враховує «реальний» можливий час роботи суден, а лише відображає час, протягом якого судно знаходиться в розпорядженні судновласника або організації, яка обслуговує платформи (наприклад, добувної компанії). На практиці, спеціалізовані судна можуть працювати тільки певну частину даного часу. При цьому важливим при плануванні є наявність змін і інших специфік роботи суден, що повинно знайти відображення в відкоректованому значенні бюджету часу суден, використовуюваного, безпосередньо, для роботи.

Таким чином, з урахуванням всього вищесказаного можуть бути оцінені значення бюджету часу суден T_t^j для кожного проміжку часу t і кожного судна j .

Характеристики кожного варіанта роботи спеціалізованих суден залежать від параметрів судна, яке за цим варіантом буде працювати, і, власне, самих характеристик варіанту (відстаней між платформами і базою, відстанню між платформами).

Відповідно, кожен варіант $i = \overline{1, n}$ для конкретного судна характеризується певним часом рейсу t_j^i , яке визначається як сума складових елементів часу роботи спеціалізованих суден (див. вище):

$$t_j^i = t_{xj}^i + t_{cmj}^i \tag{1}$$

При цьому витрати на виконання роботи по кожному варіанту $i = \overline{1, n}$ для кожного судна $j = \overline{1, m}$:

$$r_j^i = r_{xj}^i + r_{cmj}^i \tag{2}$$

визначаються нормативами витрат по суднах на ходу і стоянці. При цьому вважаємо, що час стоянки t_{cmj}^i , який визначається, перш за все, обсягом вантажів, що пред'являються до завантаження / розвантаження, розраховується виходячи з повного завантаження суден в напрямку від бази D_j і сумарною кількістю вантажу в зворотному напрямку (від платформ до бази) $k_3 \cdot D_j$, де $0 \leq k_3 \leq 1$ - коефіцієнт, який визначається на базі статистичної інформації, виходячи зі співвідношення:

$$k_3 = \frac{\sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P Q_t^p}{\sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P Q_t^p} \tag{3}$$

де $\sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P Q_t^p, \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P Q_t'^p$, відповідно, обсяг попиту (сумарний) на перевезення вантажів від бази до платформ за період T , і від платформ (сумарно) до бази за цей же період.

Як правило,

$$\sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P Q_t^p < \sum_{t=1}^T \sum_{p=1}^P Q_t'^p \tag{4}$$

тобто обсяг попиту на перевезення від бази до платформ більше, ніж у зворотному напрямку. Це пояснюється специфікою роботи видобувних платформ.

Таким чином, k_3 дозволяє врахувати нерівномірність завантаження суден в напрямках від бази до бази при плануванні тимчасових і витратних параметрів.

З урахуванням того, що на даному етапі планування практично неможливо володіти інформацією про конкретний обсяг вантажів, які потребують розвезення / збору з кожної платформи на рівні конкретного рейсу спеціалізованого судна, то в подальшому будемо оперувати усередненими значеннями попиту на перевезення до / від платформи, які були введені в розгляд раніше.

Таким чином, в результаті попередніх досліджень отримана необхідна інформація для формування моделі за визначенням структури флоту і фо-

рмування плану-графіка роботи спеціалізованих суден по обслуговуванню платформ.

Введемо в розгляд бінарний параметр:

$$A_i^p = \begin{cases} 1, p \in \Omega_i \\ 0, p \notin \Omega_i \end{cases}, \quad (5)$$

$$i = \overline{1, n}, p = \overline{1, P}$$

де Ω_i - безліч платформ, що входять в i -ий варіант роботи суден.

Таким чином A_i^p приймає значення 1, якщо платформа p входить в варіант роботи суден i . В іншому випадку A_i^p приймає значення 0. Введення даного бінарного параметра необхідний для обліку в моделі участі тієї чи іншої платформи в варіанті роботи суден для дотримання, перш за все, обмеження щодо попиту для кожної платформи в кожен проміжок часу t .

Введемо в розгляд параметри управління моделі:

- $v_j \in Z^+ \cup 0, j = \overline{1, m}$ - змінна, яка відповідає

за вибір того чи іншого типу судна для тайм-чартерної оренди для подальшої роботи з обслуговування платформ;

- $v_{jt}^i \in Z^+ \cup 0, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}$ - змінна,

яка відповідає за закріплення судна типу j за варіантом роботи i в проміжок часу t і відображає кількість таких рейсів.

Перша група параметрів управління визначає структуру спеціалізованих суден постачання, друга - план роботи суден.

Цільова функція оптимізаційної моделі відображає природне прагнення осіб, котрі приймають рішення, забезпечити мінімізацію витрат на обслуговування платформ спеціалізованими судами. Дані витрати складаються з двох категорій: перша категорія - це витрати на тайм-чартерну оренду суден, друга - витрати експлуатаційні на їх роботу.

Витрати на тайм-чартерну оренду складають:

$$\sum_{j=1}^m R_j^{mch} \cdot T \cdot v_j. \quad (6)$$

При цьому вважається, що судно орендується в тайм-чартер на період T - тобто плановий період. Такий варіант є класичним для фрахтового ринку (оренда суден на плановий період).

Проте, згідно з ситуації на сучасному фрахтовому ринку, в останні роки набули поширення варіанти «короткої» тайм-чартерної оренди. Тому в даному випадку параметр управління $v_j \in Z^+ \cup 0, j = \overline{1, m}$ трансформується в

$v_{jt}^i \in Z^+ \cup 0, j = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}$, а (6) приймає вигляд:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^m R_j^{mch} \cdot \tau \cdot v_{jt}^i, \quad (7)$$

де τ - тривалість періодів $t = \overline{1, T}$.

Такий підхід є виправданим при значній нерівномірності протягом планового періоду T обсягу транспортної роботи для спеціалізованих суден. Наприклад, більш високий попит на перевезення може спостерігатися на початку і в кінці планованого проміжку часу (інтенсивне завезення обладнання і матеріалів - інтенсивний вивіз устаткування та матеріалів). Тому в подальшому дослідження орієнтоване саме на такий підхід до тайм-чартерної оренди і відповідним параметрам управління.

Витрати експлуатаційні визначаються варіантами і інтенсивністю роботи суден (тобто тим, чи працює конкретне судно по конкретному варіанту в кожен проміжок часу):

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n r_j^i \cdot x_{jt}^i. \quad (8)$$

Таким чином, цільова функція має вигляд:

$$\sum_{j=1}^m R_j^{mch} \cdot T \cdot v_j + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n r_j^i \cdot x_{jt}^i \rightarrow \min \quad (9)$$

або

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^m R_j^{mch} \cdot \tau \cdot v_{jt}^i + \sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n r_j^i \cdot x_{jt}^i \rightarrow \min \quad (10)$$

в залежності від прийнятого підходу до оренди суден.

Визначимо обмеження моделі. Перш за все, має бути виконано обмеження щодо попиту на перевезення для кожної платформи p , яке може бути представлено у вигляді:

$$\sum_{j=1}^m D_j \cdot \sum_{i=1}^n A_j^p \cdot x_{jt}^i \geq Q_t^p, t = \overline{1, T}, p = \overline{1, P} \quad (11)$$

Відзначимо, що даним обмеженням встановлюється, що кількість вантажу Q_t^p , яке повинно бути доставлено на конкретну платформу p в конкретний проміжок часу t менше, ніж «потенційна» провізна здатність судна в цей проміжок часу з точки зору постачання даної платформи $\sum_{j=1}^m D_j \cdot \sum_{i=1}^n A_j^p \cdot x_{jt}^i$.

Знак «рівність» не може бути поставлений в даному обмеженні (11) з урахуванням цілочисельності параметрів управління і практичної неможливості забезпечення чіткої відповідності між двома частинами нерівності (11). Знак «менше або дорівнює» не може бути використаний, щоб не створювався в результаті рішення «дефіцит» в забезпеченні платформ.

Кращим варіантом є на етапі попередніх досліджень встановити межі обсягу поставок для кожної платформи і отримати проміжок з максимально і міні-

німально можливими значеннями $[Q_t^{p\min}, Q_t^{p\max}]$, або отримати даний проміжок штучно, прийнявши $Q_t^{p\min} = Q_t^p$, а $Q_t^{p\max} = Q_t^p + \Delta Q_t^p$, при цьому в якості ΔQ_t^p використовувати, наприклад, 5% від значення Q_t^p .

З урахуванням викладеного, (11) набуде вигляду (12):

$$Q_t^{p\min} \leq \sum_{j=1}^m D_j \cdot \sum_{i=1}^n A_j^p \cdot x_{jt}^i \leq Q_t^{p\max}, \quad (12)$$

$$t = \overline{1, T}, p = \overline{1, P}$$

Завдяки використанню бінарного параметра A_j^p робота суден за варіантами стає порівнянна з обслуговуванням конкретної платформи, яка входить або передбачається чи ні тим чи іншим варіантом роботи.

Наступним важливим обмеженням є обмеження по бюджету часу суден, мається на увазі бюджет фактичного часу T_t^j , протягом якого судна можуть працювати в кожен проміжок часу t :

$$\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n t_j^i \cdot x_{jt}^i \leq \left(\sum_{t=1}^T T_t^j \right) \cdot v_j, j = \overline{1, m}, \quad (13)$$

для варіанту оренди суден на весь планований термін, або

$$\sum_{i=1}^n t_j^i \cdot x_{jt}^i \leq T_t^j \cdot v_j, j = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}, \quad (14)$$

при розгляді оренди суден на кожен період $t = \overline{1, T}$.

В (13) $\sum_{t=1}^T T_t^j \cdot v_j$ приймає значення $\sum_{t=1}^T T_t^j$ в ситуації, коли $v_j = 1$, тобто коли судно j береться в тайм-чартерну оренду;

$\sum_{i=1}^n t_j^i \cdot x_{jt}^i$ відображає сумарний час, що витрачається судном j на всі варіанти роботи, актуальні для даного проміжку часу, тобто ті варіанти, для яких $x_{jt}^i = 1$, відповідно $\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n t_j^i \cdot x_{jt}^i$ відображає весь час, що витрачається судном j на роботу з урахуванням специфіки організації робочого часу спеціалізованих суден.

Відмітимо, що $\sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^n t_j^i \cdot x_{jt}^i < T, j = \overline{1, m}$, тобто фактичний час роботи суден, менше, ніж період планування.

Аналогічно в (14), розподіляється бюджет тих суден, які взяті в оренду в конкретний проміжок ча-

су, тобто, якщо $v_j^t = 1$, то бюджет часу цього судна має значення T_t^j в даний проміжок часу, і саме це значення і підлягає розподілу за варіантами роботи при обході платформ. Також аналогічно $\sum_{i=1}^n t_j^i \cdot x_{jt}^i < \tau, j = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}$.

Ще один важливий аспект часових параметрів в даній системі. Робота суден здійснюється в різних погодних умовах, і значна кількість чинників впливають на фактичну тривалість рейсів і виникнення відхилень в їх графіку роботи (наприклад, див. [9, 10]).

При цьому для спеціалізованих суден погодні умови є найбільш значущими і мають найбільший вплив (наприклад, погодні умови вкрай важливі з точки зору підходу до платформи, наприклад, в період сильних хвиль). Зокрема, в деяких джерелах ([11, 12]) вказується, що при певних погодних умовах час рейсу суден постачання збільшується до 25%, а при висоті хвилі 4,5 м і більше спеціалізовані судна знаходяться в режимі очікування швартових операцій біля платформ.

Тому виникає основний фактор ризику при обслуговуванні платформ - погодні умови, які не дозволяють працювати спеціалізованим суднам. Врахувати даний фактор досить складно, так як, не дивлячись на повторювані погодні цикли в певному районі, неможливо з великою вірогідністю прогнозувати ті чи інші погодні умови. Тому в будь-якому випадку, отримані в результаті рішення, в процесі роботи суден повинні бути відкориговані з урахуванням актуальної інформації про погодні умови.

Як варіант урахування погодних умов при вирішенні даного завдання пропонується штучно зменшити бюджет часу суден в періоди, які, відповідно до прийнятої розбивкою на тимчасові періоди, потрапляють на сезон несприятливих погодних умов (наприклад, відповідно до календаря приймаються наступні часові відрізки $t = t_1, t_2, t = t_3, t_4$, в рамках яких з значною вірогідністю очікується несприятлива для роботи офшорних суден погода). Відповідно до цього прикладом, $[t_1, t_2] \cup [t_3, t_4]$ є проміжками часу з планового періоду T з поганими (сезонними) погодними умовами.

Для таких тимчасових періодів значення фактичного бюджету роботи суден T_t^j повинно бути штучно зменшено з урахуванням статистики тривалості несприятливих погодних умов для даного регіону роботи офшорних суден. Такий підхід дозволить врахувати вплив погодних умов на етапі планування.

Крім того, для обліку збільшення тривалості рейсів через несприятливі погодні умови і його впливу на експлуатаційні витрати, слід задати умову, згідно з якою для всіх рейсів в такі проміжки ча-

су час рейсу t_j^i приймається з поправочним коефіцієнтом $I_n \cdot t_j^i$, значення якого може встановлюватися варійованим від 10% до 25%.

Наприклад,

$$t_j^i = \begin{cases} t_j^i, t = \overline{1, t_1 - 1, t_2 + 1, t_3 - 1, t_4 + 1, T}; \\ 1,1 \cdot t_j^i, t = \overline{t_1, t_2}; \\ 1,25 \cdot t_j^i, t = \overline{t_3, t_4}. \end{cases} \quad (15)$$

Згідно (15) в проміжок часу $[t_1, t_2]$ поправочний коефіцієнт часу рейсу становить 1,1 (тобто 10%), в проміжок часу $[t_3, t_4]$ даний коефіцієнт становить 1,25 (тобто 25%).

Таким чином, для обліку несприятливого впливу погодних умов при плануванні роботи спеціалізованих суден пропонується (рис.):

- 1) виділяти періоди (сезони) стійких несприятливих погодних умов;
- 2) для виділених періодів встановлювати поправочні коефіцієнти часу рейсів суден, ґрунтуючись на статистиці роботи аналогічних суден в заданому регіоні;
- 3) бюджет часу суден відкоригувати в бік зменшення по виділенім періодам для обліку вимушеного простою суден.

Відзначимо, що на рис. 1 виділені ситуації, при яких збільшується час стоянки за рахунок більш тривалих швартових операцій у платформи, а також зменшується швидкість суден на 2 або 3 вузли

(миль/год.). При цьому при висоті хвиль понад 4,5 м спеціалізовані судна можуть здійснювати перехід, але не можуть пришвартовуватися до платформ до тих пір, поки висота хвилі не стане менше. У цих ситуаціях час стоянки збільшується на невизначену величину.

Збільшення часу рейсів суден призводить до збільшення експлуатаційних витрат, тому для виділених проміжків часу з стійко несприятливими (сезонними) погодними умовами, слід в обох варіантах цільової функції (9), (10) внести відповідні коригування у вигляді поправочних коефіцієнтів до нормативів експлуатаційних витрат.

Зазначене в комплексі дозволяє врахувати ризики, пов'язані з погодними умовами, при плануванні роботи суден.

Кількість суден кожного типу обмежується можливостями ринку N_j , що також враховується у вигляді відповідних обмежень:

$$v_j \leq N_j, j = \overline{1, m}. \quad (16)$$

Обмеження на можливі значення параметрів управління:

$$v_j \in Z^+ \cup 0, j = \overline{1, m}, \quad (17)$$

або

$$v_j^t \in Z^+ \cup 0, j = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}, \quad (18)$$

$$x_{jt}^i \in Z^+ \cup 0, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}, t = \overline{1, T}. \quad (19)$$

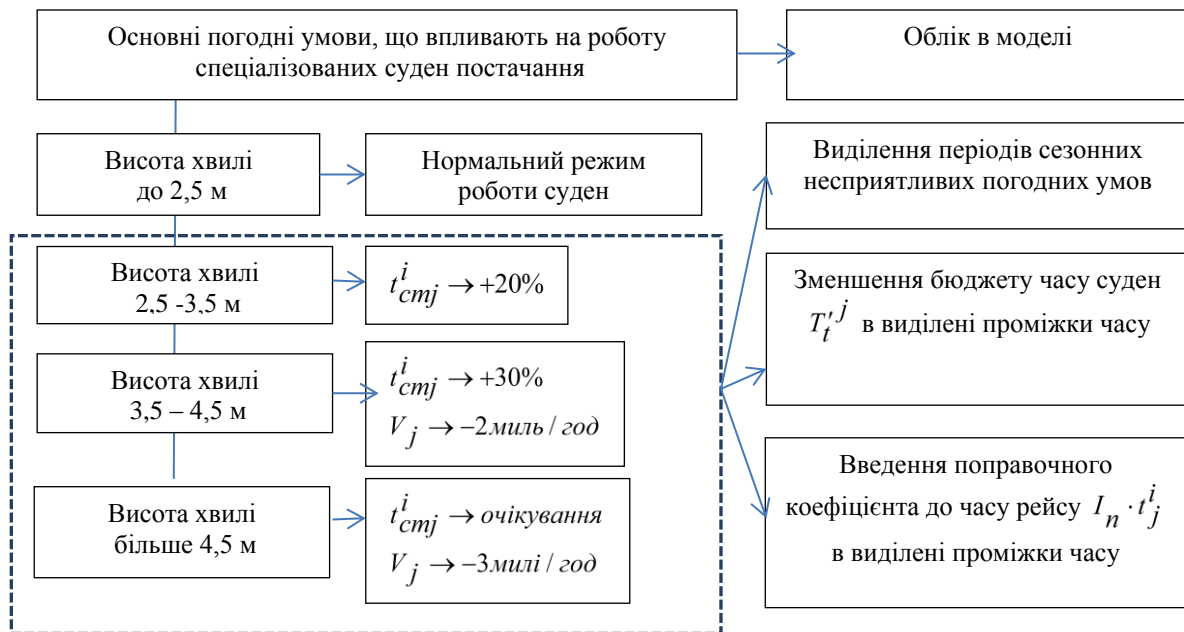


Рис. Пропонований підхід до врахування можливого негативного впливу погодних умов на роботу спеціалізованих суден постачання при обслуговуванні платформ

Таким чином, пропонуються два варіанти моделі за визначенням структури спеціалізованих суден і формування плану їх роботи:

1) модель формується з (9), (12), (13), (16), (17), (19) - для варіанта довгострокової тайм-чартерної оренди суден (на весь плановий період T);

2) модель формується з (10), (12), (14), (16), (18), (19) - для варіанту тайм-чартерної оренди суден в рамках кожного виділеного проміжку часу $t = \overline{1, T}$ планового періоду.

Висновки. Таким чином, у статті розроблена математична модель та методичні положення, що дозволяють обґрунтувати структуру суден постачання як універсальний інструмент для удосконалення організації роботи спеціалізованих суден. Відповідно до викладеного, під ефективністю роботи суден постачання при обслуговуванні морських бурових платформ будемо розуміти забезпечення мінімізації транспортних витрат на обслуговування платформ спеціалізованими суднами. Підсумком оптимізації на базі запропонованої моделі (в двох варіантах) є: склад флоту і варіанти роботи суден (обходу платформ) в кожен проміжок часу. Модель враховує вантажопідйомність суден, варіанти обходу платформ і попит на транспортне забезпечення платформ при організації роботи суден постачання. Модель, на відміну від існуючих, дозволяє отримати план роботи суден постачання з врахуванням впливу погодних умов при виконанні рейсу.

Література

- Halvorsen-Weare, E.E. & Fagerholt, K. Optimization in offshore supply vessel planning (2017) 18: 317. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s11081-016-9315-4>
- Azi N, Gendreau M, Potvin JY (2010) An exact algorithm for a vehicle routing problem with time windows and multiple use of vehicles. *Eur J Oper Res* 202(3):756–763
- Fagerholt K (1999) Optimal fleet design in a ship routing problem. *Int Trans Oper Res* 6(5):453–464
- Halvorsen-Weare EE, Fagerholt K, Nonås LM, Asbjørnslett BE (2012) Optimal fleet composition and periodic routing of offshore supply vessels. *Eur J Oper Res* 223(2):508–517
- Tan CCR, Beasley JE (1984) A heuristic algorithm for the period vehicle routing problem. *Omega* 12(5):497–504
- Шибасєв О. Г., Акімова О. В., Кравченко О. А. Класифікація технічних засобів, що забезпечують процес видобутку і транспортування вуглеводнів в шельфах Чорного та Азовського морів // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2017. № 4 (234). С. 119-125.
- Макеєв Г. А. Определение необходимого и достаточного количества судов обслуживающего морские буровые установки флота // Морской вестник. 2008. № 1 (25). С. 39-42.
- О Akimova, A Kravchenko Development of the methodology of the choice of the route of work of platform supply vessels in the shelf of the seas // International Journal "Technology audit and production reserves", 2018. – Vol. 5, № 2 (43). pp. 30-35. - ISSN (print) 2226-3780, ISSN (on-line) 2312-8372. – DOI: 10.15587/2312-8372.2018.143558
- Onyshchenko S. P. Obespechenye éffektyvnosti vypolneniyya sudnom reysa s uchetom vozmozhnoho vozdeystviyya faktorov ryska / S. P. Onyshchenko, O. D. Vyshnevskaya // Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti : zb. nauk.-prakt. st. – Kharkiv : UkrDUZTu, 2016. – № 56. – S. 104-113.
- Онищенко С. П. Обеспечение эффективности выполнения судном рейса с учетом возможного воздействия факторов риска / С. П. Онищенко, О. Д. Вишневская // Вісник економіки транспорту і промисловості : зб. наук.-практ. ст. – Харків : УкрДУЗТУ, 2016. – № 56. – С. 104-113.
- Вишневська О. Д. Риски при морській доставці вантажів / О. Д. Вишневська // SWorld : зб. науч. тр. – Вып. 3 (36). – Т. 2. – Иваново : МАРКОВА АД, 2014. – С. 19-21.
- Стецюк Т. Г. К вопросу о расчетном определении падения скорости судна в штормовых условиях плавания / Т. Г. Стецюк, В. Г. Сизов // Судовождение. — 2010. — С. 22-27.
- Сотникова М.В. Алгоритмы формирования маршрутов движения судов с учетом прогноза погодных условий // Вестник СПбГУ. Серия 10. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. 2009. №2. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmy-formirovaniya-marshrutov-dvizheniya-sudov-s-uchetom-prognoza-pogodnyh-usloviy>.

References

- Halvorsen-Weare, E.E. & Fagerholt, K. Optimization in offshore supply vessel planning (2017) 18: 317. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.1007/s11081-016-9315-4>
- Azi N, Gendreau M, Potvin JY (2010) An exact algorithm for a vehicle routing problem with time windows and multiple use of vehicles. *Eur J Oper Res* 202(3):756–763
- Fagerholt K (1999) Optimal fleet design in a ship routing problem. *Int Trans Oper Res* 6(5):453–464
- Halvorsen-Weare EE, Fagerholt K, Nonås LM, Asbjørnslett BE (2012) Optimal fleet composition and periodic routing of offshore supply vessels. *Eur J Oper Res* 223(2):508–517
- Tan CCR, Beasley JE (1984) A heuristic algorithm for the period vehicle routing problem. *Omega* 12(5):497–504
- Shibayev, O. H., Akimova, O. V., Kravchenko, O. A. (2017). Klasyfikatsiya tekhnichnykh zasobiv, chto zabezpechuyut protses vidobutku y transportuvannya vuhlevodniv v shel'fakh Chornoho ta Azov's'koho moriv. *Visnyk Skhidnoukrayins'koho natsional'noho universytetu imeni Volodymyra Dalya*, 4 (234), 119-125.
- Makeyev, G. A. (2008). Opredeleniye neobkhdimogo i dostatochnogo kolichestva sudov obsluzhivayushchego morskoye burovyie ustanovki flota. *Morskoy vestnik*, 1 (25), 39-42.
- O Akimova, A Kravchenko Development of the methodology of the choice of the route of work of platform supply vessels in the shelf of the seas // International Journal "Technology audit and production reserves", 2018. – Vol. 5, № 2 (43). pp. 30-35. - ISSN (print) 2226-3780, ISSN (on-line) 2312-8372. – DOI: 10.15587/2312-8372.2018.143558
- Onyshchenko S. P. Obespechenye éffektyvnosti vypolneniyya sudnom reysa s uchetom vozmozhnoho vozdeystviyya faktorov ryska / S. P. Onyshchenko, O. D. Vyshnevskaya // Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti : zb. nauk.-prakt. st. – Kharkiv : UkrDUZTu, 2016. – № 56. – S. 104-113.

10. Vishnevs'ka O. D. Riski pri morskoy dostavke gruzov / O. D. Vishnevskaya // SWorld : sb. nauch. tr. – Vyp. 3 (36). – Т. 2. – Ivanovo : MARKOVA AD, 2014. – S. 19-21.
11. Stetsyuk T. G. K voprosu o raschetnom opredelenii padeniya skorosti sudna v shtormovykh usloviyakh plavaniya / T. G. Stetsyuk, V. G. Sizov // Sudovozhdeniye. — 2010. — S. 22-27.
12. Sotnikova M.V. Algoritmy formirovaniya marshrutov dvizheniya sudov s uchedom prognoza pogodnykh usloviy // Vestnik SPbGU. Seriya 10. Prikladnaya matematika. Informatika. Protsessy upravleniya. 2009. №2. [Yelektronniy resurs]. Rezhim dostupu: <https://cyberleninka.ru/article/n/algoritmy-formirovaniya-marshrutov-dvizheniya-sudov-s-uchedom-prognoza-pogodnyh-usloviy>.

Кравченко А.А. Обоснование оптимальной структуры судов снабжения морских буровых платформ и организация их работы.

В статье предложена модель и сопутствующие ей методические положения по обоснованию структуры специализированных судов и организации их работы. Разработанная модель учитывает грузоподъемность судна, варианты обхода платформ и спрос на транспортное обеспечение платформ. А также учитывает специфику влияния погодных условий на работу специализированных судов, обеспечивает соответствие полученных результатов реальным условиям их работы. Позволяет обеспечить минимизацию транспортных расходов на обслуживание платформ специализированными судами.

Ключевые слова: специализированные суда снабжения, транспортное обеспечение платформ, варианты маршрутов, бюджет времени, неблагоприятные погодные условия.

Kravchenko A.A. Justification of the optimal structure of vessels supplying marine drilling platforms and the organization of their work

The article proposed a model and its accompanying methodological provisions for substantiating the structure of specialized courts and the organization of their work. The developed model takes into account the capacity of the vessel, options for bypassing the platforms and the demand for transport support for the platforms. It also takes into account the specifics of the influence of weather conditions on the work of specialized courts, ensures that the results obtained correspond to the real conditions of their work. Allows you to minimize the transport costs of servicing platforms by specialized vessels.

Keywords: specialized supply vessels, platform transport, route options, time budget, adverse weather conditions.

Кравченко О.А. – старший викладач кафедри «Експлуатація флоту і технологія морських перевезень» Одеського національного морського університету, e-mail: alliyua@i.ua.

Рецензент: д.т.н., проф. **Соколов В.І.**

Стаття подана 17.04.2019