

DOI: 10.18372/2310-5461.43.13989

УДК 656.612:658.7

О. В. Щербина

Одеський національний морський університет
orcid.org/0000-0001-5029-6098
e-mail: olahome@rambler.ru;

О. Л. Дрожжин

Одеський національний морський університет
orcid.org/0000-0002-9695-9296
e-mail: alexey.drozhzhyn@ukr.net;

І. І. Тихоніна

Одеський національний морський університет
orcid.org/0000-0002-8343-6242
e-mail: tihirina19@ukr.net

МЕТОДИКА ОБҐРУНТУВАННЯ ПОРТУ БУНКЕРУВАННЯ СУДЕН В РЕЙСІ

Вступ

Згідно з наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду «Про затвердження Правил безпеки для працівників суден портового і службово-допоміжного флоту рибного господарства» від 24.01.2007 № 13, бункерування судна — це поповнення судна запасами палива і мастильних матеріалів, водою, продуктами харчування.

Таким чином, під бункеруванням мається на увазі як заправку запасами, так і дозаправку. Проте слід відрізнити бункерування від вантажних операцій.

Відвантаження нафти та нафтопродуктів (у тому числі і палива), як продукту перевезення, тобто в якості вантажу, називається *вантажною операцією*, а не бункеруванням.

Транспорт, який постачає паливно-мастильні матеріали на судно має назву *бункерувальник*, а судно, на яке безпосередньо доставляються запаси, іменуються судном, що бункерується (далі судно).

Бункерування може відбуватися різноманітними способами: біля причалу, на рейді, на ходу або в дрейфі в морі або океані, з плавучої заправної станції:

– з причалу (тобто з берега — з автоцистерни або від трубопроводу) або біля причалу (тобто з бункерувальника), при цьому судно, що бункерується в обох випадках має бути пришвартоване до причалу;

– з бункерувальника на судно на рейді (на якорі) — коли судно та бункерувальник стоять на якорі;

– з бункерувальника на судно на ходу або в дрейфі — часто використовується рибальськими судами під час промислу;

– плавуча заправна станція використовується для бункерування маломірного флоту (яхт і теплоходів невеликих розмірів) бензином, дизельним паливом.

Різні типи суден можуть вибрати найбільш прийнятний для себе варіант бункерування.

Паливо, що поставляється на судно, має відповідати певним вимогам і бути придатним для використання в двигунах певного типу. Бункерування має здійснюватися лише після того, як будуть перевірені квитанції і відповідальний персонал переконається в тому, що дотримані всі нормативи заявленої в'язкості та щільності, теплоти спалювання, рівень води при не дотриманні яких можуть виникнути несправності в обладнанні.

Постановка проблеми

Як показує практика, більшість споживачів зосереджені в першу чергу на вартості палива а не на його якості та відповідності всіх необхідних вимог палива заявленим. Якщо постачальник не в змозі забезпечити поставку товару з відповідними вимогами, то з більшою ймовірністю він повинен погодитися на зниження ціни товару.

Вартість палива в структурі експлуатаційних витрат має суттєву вагу [1]. Проте не слід зменшувати вартість палива за рахунок його якості. За рахунок того, що вартість палива має відмінності залежно від регіону та порту бункерування (рис. 1), можливе варіювання експлуатаційними витратами судна у певному рейсі.

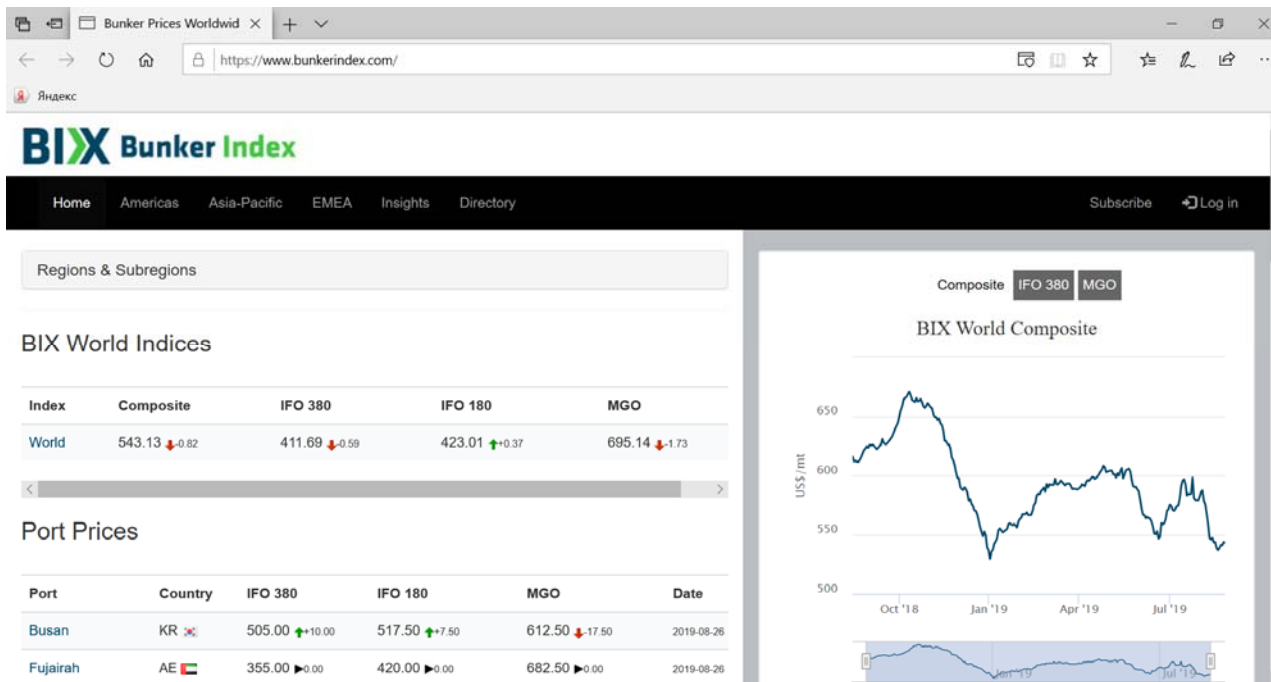


Рис. 1. Ціни на паливе за типами і портами бункерування [2]

Крім того, можливість поповнення запасів, під час переходу, дає можливість збільшити завантаження в порту відправлення, що також впливає на прибуток.

Наведена залежність підтверджується загальновідомою формулою

$$D_{\text{ч}} = D_{\text{вп}} - G_{\text{р}}, \quad (1)$$

де $D_{\text{вп}}$ — розрахунковий дедвейт судна, т;
 $G_{\text{р}}$ — запаси судна на рейс.

Оскільки розрахунковий дедвейт судна величина постійна для певного рейсу, то чиста вантажопідйомність судна це характеристика судна яка регулює його завантаження.

Чиста вантажопідйомність судна характеризує максимальну кількість вантажів по масі, що може бути завантажене на судно по вантажну марку, з урахуванням необхідної кількості запасів на перехід, відповідно сезону, району плавання і схеми бункерування.

Таким чином, залежно від того як обрана схема бункерування, коливається чиста вантажопідйомність судна.

Чим більше бункера прийнято на борт судна, тим менше чиста вантажність. Тому необхідно обрати оптимальну схему бункерування, щоб витрати на бункер були найменшими, а доход від фрахту найбільшим.

Надалі представлена методика визначення схеми бункерування з обґрунтування її ефективності на підставі розрахунків на прикладі експлуатації балкерного судна на напрямку перевезення українського зерна на експорт.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

До питань вибору портів бункерування, так до самої технології бункерування, прикута увага сучасних вчених-експлуатаційників. Укрупнено робота з цього питання ведеться за трьома пов'язаними напрямками: вибір порту (географії) бункерування, визначення витрат на бункерування, і вплив швидкості руху судна споживання бункеру. В іноземній науковій літературі поєднання зазначеного отримало назву «Bunker fuel management», яке отримало стійке застосування в публікаціях останнього часу [3–5].

Звісно, що всі відомі дослідження на зазначену тему, розглядаються в контексті певних узагальнень, деталізації і пропонують рішення інструментами відповідно до поставленої мети. На сьогодні дослідники згодні з тим, що ще немає універсальних визначених правил для вибору порту бункерування серед кількох альтернатив [6].

Для суден, що обслуговуються за лінійною формою організації, варіанти визначення портів бункерування були запропоновані такі методи: у праці [7] за допомогою динамічної моделі програмування шляхом дискретизації часу прибуття в порт, через визначення градієнта функції витрат методом Монте-Карло, чи використовуючи метаевристичні методи [8]. Робота сингапурських дослідників відповідно до контейнерного флоту [2] у наведеній оптимізаційній моделі пов'язує вплив «часових вікон» з прибуттям в порт, ціни на паливе, бункерну місткість судна пального та пропускну спроможність варіантів портів.

Відповідно до трапового судноплавства розв'язанням проблеми займалися автори [9–12].

Запропонована методика вибору схеми руху судна в траповій формі, на відміну від розглянутих вище праць, являє собою алгоритм визначення порту бункерування виходячи з завантаження судна і районів його плавання в умовах визначених даних за варіантами портів-претендентів на бункерування.

Мета і завдання дослідження

Таким чином, для збільшення прибутку перевізника слід розглядати варіанти організації роботи судна з бункеруванням в порту на маршруті слідування. Завдання визначення схеми бункерування із визначенням портів бункерування складається з таких етапів:

- 1) визначення завантаження судна з урахуванням умов плавання;
- 2) обґрунтування схеми роботи судна при перевезенні вантажу на напрямку.

Метою статті є розробка методики обґрунтування схеми роботи суден з можливістю бункерування на маршруті слідування.

Викладення основного матеріалу

На підставі вихідної інформації щодо можливості поповнення бункеру, зони та району плавання, обмежень на переході з осідання та швидкості, складаються можливі схеми роботи суден.

Розрахункове значення дедвейту визначається з урахуванням зміни вантажної марки і обмеження осідання на маршруті слідування. Залежно від умов рейсу можливі такі варіанти розрахунків.

Перехід судна з «легких» умов у «жорсткі»:

$$D\epsilon_p = D\epsilon_{звм} + \min \left\{ \frac{G_3^{звм}}{\Delta D_{звм}} \right\}, \quad (2)$$

де $D\epsilon_{звм}$ — припустиме значення дедвейту після пункту зміни вантажної марки, т; $G_3^{звм}$ — запаси судна до пункту зміни вантажної марки, т; $\Delta D_{звм}$ — різниця водотоннажності по вантажним маркам в порту відправлення і в пункті її зміни, т.

При переході з «жорстких» умов на «легкі» розрахункове значення дедвейту визначається з виразом:

$$D\epsilon_p = D\epsilon_{пв}, \quad (3)$$

де $D\epsilon_{пв}$ — значення дедвейту в порту відправлення, т.

При обмеженому осіданні в порту відправлення:

$$D\epsilon_p = D\epsilon_{обм}; \quad (4)$$

$$D\epsilon_{обм} = D\epsilon_{вм} - (T_{вм} - T_{обм}) \cdot a, \quad (5)$$

де $D\epsilon_{обм}$ — дедвейт судна, який регламентується обмеженим осіданням в порту призначення, проміжному порту або на трасі слідування, т; $D\epsilon_{вм}$ — дедвейт на діючу вантажну марку, т; $T_{вм}$ — осідання відповідно зоні чи сезонному району плавання, в порту відправлення в нашому випадку тропічна, см; $T_{обм}$ — обмежене осідання, см; a — кількість тон на 1 см осідання, т/см.

При обмеженому осіданні на маршруті слідування:

$$D\epsilon_p = D\epsilon_{обм} + \min \left\{ \frac{G_{3T_{обм}}}{\Delta D_{в.м.-T_{обм}}} \right\}, \quad (6)$$

де $G_{3T_{обм}}$ — запаси від порту навантаження до пункту з обмеженими глибинами; $\Delta D_{в.м.-T_{обм}}$ — різниця між водотоннажністю в порту навантаження і водотоннажністю при обмеженому осіданні.

У цілому методика визначення чистої вантажопідйомності залежно від умов рейсу наведено у праці [13].

Після визначення розрахункового значення дедвейту розраховують стоянкові та ходові запаси, необхідні судну на рейс.

У цілому судові запаси розраховуються за формулою:

$$G_p = G_x + G_c, \quad (7)$$

де G_x — ходові запаси на рейс, т; G_c — запаси на час стоянки судна в рейсі.

Розраховуються для порта бункерування та проміжному порту завантаження чи розвантаження, приймаючи до уваги, що час бункерування в портах відправлення та призначення збігається з часом навантаження та розвантаження відповідно, т.

Ходові запаси на рейс або між портами відправлення (в), бункерування (б) та призначення (п):

$$G_x^{в-б(б-п,в-п)} = \left(\frac{L^{в-б(б-п,в-п)} - \sum \ell_o}{V_T} + \sum \frac{\ell_o}{V_o} + t_x^п \right) \times (g_x^п + g_x^в + g_{ін}) K_{шт}, \quad (8)$$

де $L^{в-б(б-п,в-п)}$ — загальна довжина рейсу між портами відправлення (в), бункерування (б) та призначення (п), миль; $\sum \ell_o$ — довжина ділянок, де судно рухається з обмеженої швидкістю, миль; V_T — технічна швидкість судна у завантаженому стані, миль/доб. $t_x^п$ — додаткові витрати часу на ходу на маневрові операції (швартування, відшвартування, лоцманська проводка, бункерування і тощо.), доб; $g_x^п, g_x^в, g_{ін}$ — добові

норми витрати палива, води й інших запасів на ходу відповідно, т/доб; V_0 — швидкість судна на ділянках з обмеженою швидкістю, миль/доб; $K_{шт}$ — коефіцієнт штормового запасу (приймаємо в межах 1,1-1,3).

Розраховуємо чисту вантажопідйомність у першому наближенні:

$$D'_ч = Dв - \min \{ G_x^{в-б}; G_x^{б-п} \}. \quad (9)$$

Визначаємо питому вантажомісткість судна у першому наближенні:

$$\omega' = \frac{W_c}{D'_ч}, \quad (10)$$

де W_c — вантажомісткість судна, м³.

Отримане значення порівнюємо з питомим навантажувальним об'ємом (u). Якщо $\omega \leq u$, то вантаж вважається «легким», а його кількість у першому наближенні визначається формулою:

$$Q' = \frac{W_c}{u}. \quad (11)$$

Інакше вантаж вважається «важким» і визначається з виразу:

$$Q' = D'_ч. \quad (12)$$

Визначаємо стоянкові запаси:

$$G_c = G_c^h + G_c^p + G_c^b, \quad (13)$$

де G_c^h, G_c^p, G_c^b — стоянкові запаси на вантажні роботи (навантаження (h) розвантаження (p)) у проміжних портах, що знаходяться до порту бункерування (б) та запаси на бункерування.

Інакше:

$$G_c^{h(p)} = \sum \frac{Q_{h(p)}}{M_{h(p)}} \cdot (g_c^h + g_c^b + g_{ин}), \quad (14)$$

де $Q_{h(p)}$ — маса вантажів, що розвантажуються і навантажуються в портах заходу, відповідно до прийнятої схеми бункерування, т; $M_{h(p)}$ — норма навантаження і розвантаження вантажу для проміжного порту заходу, т/добу; $g_c^h + g_c^b + g_{ин}$ — добові норми витрати палива, води й інших запасів на стоянці, т/доб.

$$G_c^b = t_c^b \cdot (g_c^h + g_c^b + g_{ин})^{бво}, \quad (15)$$

де t_c^b — час бункерування, діб; $g_c^h + g_c^b + g_{ин}$ — добові норми витрати палива, води й інших запасів на стоянці без вантажних операцій, т/доб.

$$t_c^b = \frac{0,8G_x^{б-п}}{M^{IFO380}} + \frac{0,2G_x^{б-п}}{M^{MGO380}} + t_{зч}, \quad (16)$$

де M^{IFO380}, M^{MGO380} — норми завантаження бункеру відповідно марки IFO 380, MGO 380, т/год; 0,2 та 0,8 — коефіцієнти витрат відповідної марки палива (з урахуванням витрат в рейсі 20 %

дизельного (MGO 380) і 80 % моторного палива (IFO 380); $t_{зч}$ — час, що витрачається на зчалення бункерувальника з судном, год.

Визначаємо чисту вантажопідйомність у другому наближенні:

$$D'_ч = D'_ч - G_c. \quad (17)$$

Уточнюємо питому вантажомісткість судна у другому наближенні:

$$\omega'' = \frac{W_c}{D''_ч}. \quad (18)$$

Визначаємо завантаження судна за формулами залежно від того вантаж «легкий» (формула 11) чи «важкий» (формула 12).

Розрахунки виконуються для кожної з можливих схем роботи суден.

Задача обґрунтування схеми роботи судна виконується за методикою, наведеною у праці [14]. Для цього розраховуються економічні показники, у тому числі собівартість утримання судна на ходу та стоянці за умови володіння судном. На підставі аналізу показника собівартості перевезень, робиться висновок про доцільність роботи судна за тією чи іншою схемою бункерування.

Одним із напрямків перевезення українських зернових вантажів є порти Китаю. Для розробки приймаємо перевезення з порту Одеса до порту Далянь. На підставі аналізу інформації, що знаходяться у загальному доступі [15–17], при перевезенні зерна у напрямку Україна—Китай, бункерування можливе в порту Одеса або в проміжних портах: Стамбул, Пірей, Коломбо, Сінгапур.

Таким чином, при перевезеннях на заданому напрямку можливі такі схеми бункерування:

1. Одеса (бункерування) — Далянь;
2. Одеса (бункерування) — Стамбул (бункерування) — Далянь;
3. Одеса (бункерування) — Пірей (бункерування) — Далянь;
4. Одеса (бункерування) — Коломбо (бункерування) — Далянь;
5. Одеса (бункерування) — Сінгапур (бункерування) — Далянь.

Для цих схем бункерування виконується розрахунок чистої вантажності і кількості бункера.

Розрахунки наведені для судна «Зоя Космодим'янская».

Визначається доцільність бункерувати судно в рейсі в портах України чи в закордонних портах з урахуванням нижчеподаної середньозваженої вартості однієї тонни бункера по портах за умови витрат 80 % важкого (IFO 380) і 20 % дизельного (MGO) палива:

$$S_t = 0,8 \cdot S_m + 0,2 \cdot S_d, \quad (19)$$

де $0,8 \cdot S_m; 0,2 \cdot S_d$ — вартість відповідно важкого

та легкого видів паливу, що використовується на судні, дол./т.

$$\text{Одеса} - S_T = 0,8 \cdot 450 + 0,2 \cdot 585 = 477 \text{ дол./т;}$$

$$\text{Стамбул} - S_T = 0,8 \cdot 413 + 0,2 \cdot 580 = 466,4 \text{ дол./т;}$$

$$\text{Пірей} - S_T = 0,8 \cdot 392 + 0,2 \cdot 597 = 433 \text{ дол./т;}$$

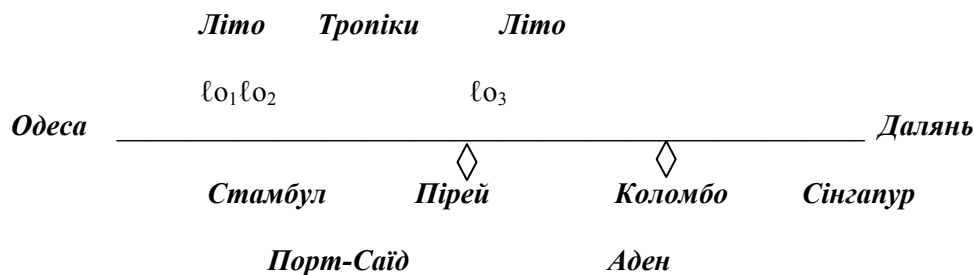
$$\text{Коломбо} - S_T = 0,8 \cdot 430 + 0,2 \cdot 590 = 431,6 \text{ дол./т;}$$

$$\text{Сінгапур} - S_T = 0,8 \cdot 425 + 0,2 \cdot 576 = 455,2 \text{ дол./т.}$$

Якщо розрахунковий дедвейт визначається зонами чи сезонними районами.

Схема рейсу з указівкою пунктів зміни вантажної марки, зон і сезонних районів, у яких проходить рейс для застосування відповідних вантажних марок представлено на рис. 2.

Відстані між портами наведені в табл. 1.



l_{01} – протока Босфор – 16 миль;
 l_{02} – протока Дарданелли – 60 миль;
 l_{03} Суецький канал – 90 миль

Рис. 2. Схема району плавання

Таблиця 1

Відстані між портами, миль

Порти	Стамбул	Пірей	Коломбо	Сінгапур	Далянь
Одеса	346	703	4635	6160	8772
Далянь	8426	8069	4137	2612	xxx

У даному випадку при переході з «жорстких» умов в «легкі» розрахункове значення дедвейту визначається за виразом (3), тобто:

$$D_{\sigma_p} = D_{\sigma_{пв}} = D_{\sigma_{л}} = 49880 \text{ т,}$$

де $D_{\sigma_{л}}$ — значення дедвейту за літню вантажною маркою, т.

Схема 1. Ходові запаси на рейс або від порту відправлення (Одеси) до порту призначення (Далянь):

$$G_x^{в-п} = G_x^{о-д} = \left(\frac{8772-65-16-90}{14,3 \cdot 24} + \frac{65+16}{10 \cdot 24} + \frac{90}{8 \cdot 24} + \frac{4}{24} \right) \times (42+1+5) \cdot 1,2 = 1531 \text{ т;}$$

$$D_q = 49880 - 1531 = 48349 \text{ т;}$$

$$D_q' = 48349 + 0 = 48349 \text{ т;}$$

$$\omega' = \frac{62900}{48349} = 1,301 \text{ м}^3/\text{т.}$$

Оскільки $u < \omega'(1,2 < 1,301) \text{ м}^3/\text{т}$, — то вантаж «важкий».

$$Q' = 48349 \text{ т;}$$

$$G_c = 0 \text{ т;}$$

$$D_q'' = 48349 \text{ т;}$$

$$\omega'' = \frac{62900}{48380} = 1,301 \text{ м}^3/\text{т;}$$

$$Q = 48380 \text{ т.}$$

Оскільки розрахунки по схемі з бункеруванням у проміжному порту заходу дещо відрізняються від схеми з бункеруванням в порту відправлення, то наведемо розрахунки на прикладі схеми 2.

Схема 2. Ходові запаси на рейс або від порту відправлення (Одеси) до порту бункерування (Стамбул) та призначення (Далянь):

$$G_x^{в-б} = G_x^{о-с} = \left(\frac{346}{14,3 \cdot 24} + \frac{2}{24} \right) (42+1+5) \cdot 1,1 = 59 \text{ т;}$$

$$G_x^{б-п} = G_x^{с-д} = \left(\frac{8426-65-16-90}{14,3 \cdot 24} + \frac{65+16}{10 \cdot 24} + \frac{90}{8 \cdot 24} + \frac{2}{24} \right) \times (42+1+5) \cdot 1,1 = 1467 \text{ т;}$$

$$D_q' = 49880 - 59 = 48413 \text{ т;}$$

$$\omega' = \frac{62900}{48413} = 1,299 \text{ м}^3/\text{т.}$$

Оскільки $u < \omega'(1,2 < 1,299) \text{ м}^3/\text{Т}$, то вантаж «важкий».

$$Q' = 48413 \text{ Т};$$

$$G_c^b = \left(\frac{1437 \cdot 0,8}{100 \cdot 24} + \frac{1437 \cdot 0,2}{150 \cdot 24} + \frac{2}{24} \right) (4 + 2,3 + 5) = 8 \text{ Т};$$

$$G_c = 8 \text{ Т}; D_{ч}'' = 48413 - 8 = 48405 \text{ Т};$$

$$\omega'' = \frac{62900}{48405} = 1,299 \text{ м}^3/\text{Т}; Q = 48405 \text{ Т}.$$

Результати розрахунків за усіма схемами наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Основні розрахункові показники

Схема		Показники		Судно «Зоя Космодем'янская»										
		$D_{в,л}, \text{Т}$	$D_{в,р}, \text{Т}$	$D_{ч}, \text{Т}$	$u, \text{м}^3/\text{Т}$	$G_x^{в-б}$	$G_x^{б-п}$	$D_{ч}'$	ω'	Q'	G_c^b	$D_{ч}''$	ω''	Q
1	О-Д	1500		48349	1,301	48349	0	48349	1,301	48349		48349	1,301	48349
2	О-С-Д	59	1467	48413	1,299	48413	8	48405	1,299	48405		48405	1,299	48405
3	О-П-Д	116	1405	48475	1,298	48475	8	48467	1,298	48467		48467	1,298	48467
4	О-К-Д	817	714	49063	1,282	49063	4	49059	1,282	49059		49059	1,282	49059
5	О-Сі-Д	1079	453	48801	1,289	48801	3	48798	1,289	48798		48798	1,289	48798

З табл. 2 видно що кращим варіантом роботи судна з позиції завантаження є схема з бункеруванням в порту Коломбо. Проте, таких розрахунків недостатньо без обґрунтування економічної ефективності такої роботи. Тому надалі виконється розрахунок економічних показників, основним із яких у розробках визначається собівартість перевезень.

Висновки

Методика щодо обґрунтування порту бункерування суден у рейсі, має на меті полегшити розрахунки при оперативному плануванні роботи флоту та забезпечити кращі економічні показники за рахунок раціональної організації його роботи. Наведені розрахунки, на базі перспективного для України вантажопотоку, підтверджують її адекватність.

У процесі розробок ураховується вплив зовнішніх факторів на кількість вантажу, таких як характеристики району плавання, які в свою чергу впливають на розмір мінімального надводного борту, необхідний для забезпечення безпеки мореплавства.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Акимова О. В.**, Хайминова Ю. В. Управление издержками линейных судоходных компаний в условиях кризиса. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. Зб. наук. праць. Одеса: ОНМУ. 2009. С. 160–170.

2. **Bunker Index**. URL: <https://www.bunkerindex.com/-index.php> (дата звернення: 25.03.2019).

3. **Yao Z.**, Ng, S. H., Lee, L. H. A study on bunker fuel management for the shipping liner services. *Computers & Operations Research*. 2012. Vol. 39. No. 5. 1160-1172. DOI: 10.1016/j.cor.2011.07.012 (eng).

4. **Wang X.**, Teo C. C. Integrated hedging and network planning for container shipping's bunker fuel management. *Maritime Economics & Logistics*. 2013. Vol. 15. No. 2. 172–196. DOI: 10.1057/mel.2013.5 (eng).

5. **Wang S.**, Meng, Q. Robust bunker management for liner shipping networks. *European Journal of Operational Research*. 2015. Vol. 243. No 3. pp. 789-797. DOI: 10.1016/j.ejor.2014.12.049 (eng).

6. **Aydin N.**, Lee H., Mansouri S.A. Speed optimization and bunkering in liner shipping in the presence of uncertain service times and time windows at ports. *European Journal of Operational Research*. 2017. Vol. 259. No 1. pp.143-154. DOI: 10.1016/j.ejor.2016.10.002 (eng).

7. **Ghosh S.**, Lee L. H., Ng S. H. Bunkering decisions for a shipping liner in an uncertain environment with service contract. *European Journal of Operational Research*. 2015. Vol.244. No 3. pp. 792–802. DOI: 10.1016/j.ejor.2015.02.012 (eng).

8. **Dulebenets M. A.** Bunker consumption optimization in liner shipping: A metaheuristic approach. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*. 2015. Vol. 3. No 6. pp. 3766–3776.

9. Meng Q., Wang, S., Lee, C. Y. A tailored branch-and-price approach for a joint tramp ship routing and bunkering problem. *Transportation Research Part B: Methodological*. 2015. Vol. 72. pp.1-19. DOI: 10.1016/j.trb.2014.11.008 (eng).

10. Vilhelmsen C., Lusby R., Larsen J. Tramp ship routing and scheduling with integrated bunker optimization. *EURO Journal on Transportation and Logistics*. 2014. Vol. 3. No 2. pp. 143–175. DOI: 10.1007/s13676-013-0039-8 (eng).

11. Vilhelmsen, C., Lusby R., Larsen J. Routing and scheduling in tramp shipping-integrating bunker optimization. *OR 2013-International Conference on Operations Research* (2013, February). 2013.

12. Vilhelmsen, C., Lusby R. M., Larsen J. Routing and scheduling in tramp shipping-integrating bunker optimization: Technical report. 2013.

13. Безкровний Є. М., Тихоніна І. І. Технологія морських перевезень: Навчальний посібник. Одеса: КУПРІСНКО СВ, 2015. 277 с.

14. Вірченко В. В., Тихоніна І. І. Обґрунтування та вибір типу судна для заданого напрямку перевезень. Методичні вказівки до виконання курсового проекту. Одеса: Изд-во ОНМУ, 2009. 40 с.

15. Bunkerwire. URL: <https://www.platts.com/IM/Platts/content/ProductsServices/Products/bunkerwire.pdf> (дата звернення: 25.03.2019).

16. Livebunkers. URL: <http://livebunkers.com/aden> (дата звернення: 25.03.2019).

17. Specifications guide Global bunker fuels URL: https://www.spglobal.com/platts/plattscontent/_assets/_files/en/our-methodology/methodology-specifications/global-bunker-fuels.pdf (дата звернення: 25.03.2019).

Щербина О. В., Дрожжин О. Л., Тихоніна І. І.

МЕТОДИКА ОБґРУНТУВАННЯ ПОРТУ БУНКЕРУВАННЯ СУДЕН В РЕЙСІ

При експлуатації власного або орендованого флоту перед оператором перевезення постає двобічне завдання: з одного боку перевезти вантаж з порту навантаження в порт призначення безпечним навігаційним шляхом в повному збереженні кількісних і якісних його характеристик, з іншого — постійно підтримувати судно у мореплавному стані. Ефективність перевезення при цьому для перевізника визначається за показником собівартості перевезення, для збільшення якого останнім часом практикують включення в схему руху судна порту добункерування. Завдяки цьому прийому виникає можливість прийняти на борт більшу кількість вантажу при збереженні мореплавної судна. Окрім цього, різниця в вартості паливного бункеру в різних регіонах надає можливість збільшення прибутку від перевезень. Очевидно, що необхідність в дозвільних бункерах в портах, які лежать на ділянках траси, виникає на великих морських переходах. Визначення певного варіанту порту бункерування, що визначає загалом й схему руху судна, вирішується розв'язанням двох укрупнених завдань: визначення завантаження судна з урахуванням умов плавання й обґрунтування схеми роботи судна при перевезенні вантажу на напрямку. Таким чином, метою представленої статті є розробка методики обґрунтування схеми роботи суден з можливістю бункерування на маршруті слідування на морській трасі з урахуванням характеру вантажу, що перевозиться. Для апробації наведеної методики були проведені розрахунки на прикладі судна-балкер «Зоя Космодем'янська» (дедвейт 49880 т), для роботи на ренжі Одеса-Далянь з зерновим вантажем, значення питомого навантажувального об'єму якого становить 1,2 м³/т. Портами-претендентами щодо добункерування виступили порти Стамбул, Пірей, Коломбо, Сінгапур. Надана в статті методика враховує вплив зовнішніх факторів на кількість вантажу, таких як характеристики району плавання, які в свою чергу впливають на розмір мінімального надводного борту, необхідний для забезпечення безпеки мореплавання.

Ключові слова: бункерування; порт бункерування; схема руху судна; бункерне паливо; трапове судноплавання.

Shcherbina O. V., Drozhzhin A. L., Tikhonina I. I.

SUBSTANTIATION METHOD OF BUNKER PORT FOR THE SHIP DURING THE VOYAGE

During the own ships or chartered fleet operating, the transport operator faces a two-sided task: on the one hand, to transport the cargo from the port of loading to the port of destination in a safety navigation way in full preservation of its quantitative and qualitative characteristics, and on the other, to constantly maintain the ship in a seaworthy condition. At the same time, the transportation efficiency for a carrier is determined by the cost of transportation indicator, to increase which the inclusion of a bunkering port in the vessel's traffic pattern has been practiced recently. Thanks to this reception, it becomes possible to take on board a larger cargoes volume while maintaining the seaworthiness of the vessel. In addition, the difference in the cost of the fuel in different regions provides an opportunity to increase profits from transportation. Obviously, the need for refueling with a bunker in ports that lie on sections of the route arises at large sea crossings. The determination of the specific case of the bunkering port, which determines the overall pattern of the vessel's movement, is solved by solving two major tasks: determining the ship loading capacity, taking into account the sailing conditions and justifying the scheme of the vessel's movement when transporting cargo in the range. Thus, the purpose of this article is to develop a methodology for substantiating the operation of ships, with the possibility of bunkering along the route along the sea route, taking into account the nature of the cargo. To test this methodol-

ogy, calculations were carried out using the example of a bulk carrier vessel 'Zoya Kosmodemyanskaya' (deadweight 49880 mt), for operation on the Odessa-Dalian range with the grain cargo, the specific loading volume of which is 1.2 m³/mt. Istanbul, Piraeus, Colombo, and Singapore are selected as eligible. The methodology, presented in the article takes into account the influence of external factors on the cargo's volume, such as the characteristics of the navigation area, which in turn affect the size of the minimum freeboard required to ensure the safety navigation.

Keywords: bunkering; bunkering port; ship's flow scheme; bunker fuel; tramp shipping.

Щербина О. В., Дрожжин А. Л., Тихонина И. И.

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ПОРТА БУНКЕРОВКИ СУДОВ НА РЕЙС

При эксплуатации собственного или арендованного флота перед оператором перевозки возникает двусторонняя задача: с одной стороны, перевезти груз из порта погрузки в порт назначения безопасным навигационным путем в полной сохранности количественных и качественных его характеристик, с другой – постоянно поддерживать судно в мореходном состоянии. Эффективность перевозки при этом для перевозчика определяется по показателю себестоимости перевозки, для увеличения которого в последнее время практикуют включение в схему движения судна порта бункерования. Благодаря этому приему возникает возможность принять на борт большее количество груза при сохранении мореходности судна. Кроме этого, разница в стоимости топливного бункера в различных регионах предоставляет возможность увеличения прибыли от перевозок. Очевидно, что необходимость в дозаправке бункером в портах, которые лежат на участках трассы, возникает на больших морских переходах. Определение конкретного случая порта бункеровки, что определяет в целом и схему движения судна, решается решением двух укрупненных задач: определение загрузки судна с учетом условий плавания и обоснования схемы работы судна при перевозке груза на направлении. Таким образом, целью представленной статьи является разработка методики обоснования схемы работы судов, с возможностью бункеровки на маршруте следования на морской трассе с учетом характера груза. Для апробации приведенной методики были проведены расчеты на примере судна-балкера «Зоя Космодемьянской» (дедвейт 49880 т), для работы на ренже Одесса-Далянь с зерновым грузом, значение удельного погрузочного объема которого составляет 1,2 м³/т. Портами-претендентами по добункерованию выбраны Стамбул, Пирей, Коломбо и Сингапур. Представленная в статье методика учитывает влияние внешних факторов на количество груза, таких как характеристики района плавания, которые в свою очередь влияют на размер минимального надводного борта, необходимого для обеспечения безопасности мореплавания.

Ключевые слова: бункерование; порт бункеровки; схема движения судна; бункерное топливо; траповое судноходство.

Стаття надійшла до редакції 29.08.2019 р.
Прийнято до друку 07.10.2019 р.