

УДК 656.022.8

ОБҐРУНТУВАННЯ МАРШРУТІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ПРИ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ КОНТЕЙНЕРОПОТОКІВ

В.Ю. Король

асистент кафедри «Експлуатація портів і технологія вантажних робіт»

Одеський національний морський університет

***Анотація.** Досліджується задача обґрунтування маршрутів доставки вантажів у контейнерах, яка вирішується в транспортно-експедиторських компаніях (ТЕК) відповідними фахівцями з організації перевезень згідно з їх функціональними обов'язками. В роботі розроблена математична модель, реалізація якої дозволяє обґрунтувати схеми руху контейнеропотоків та обрати перевізників на підставі попередніх запитів клієнтів і відповідно до умов їх зовнішньоторговельних контрактів.*

***Ключові слова:** вантаж, контейнер, маршрут доставки, транспортно-експедиторська компанія.*

ОБОСНОВАНИЕ МАРШРУТОВ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ ПРИ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЕДИТОРСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ КОНТЕЙНЕРОПОТОКОВ

В.Ю. Король

асистент кафедры «Эксплуатация портов и технология грузовых работ»

Одесский национальный морской университет

***Анотація.** Исследуется задача обоснования маршрутов доставки грузов в контейнерах, которая решается в транспортно-экспедиторских компаниях (ТЭК) соответствующими специалистами по организации перевозок согласно их функциональным обязанностям. В работе разработана математическая модель, реализация которой позволяет обосновать схемы движения контейнеропотоков и выбрать перевозчиков на основании предварительных запросов клиентов и в соответствии с условиями их внешнеторговых контрактов.*

***Ключевые слова:** груз, контейнер, маршрут доставки, транспортно-экспедиторская компания.*

UDC 656.022.8

JUSTIFICATION OF ROUTES OF CARGO'S DELIVERY UNDER TRANSPORT AND FREIGHT FORWARDING SERVICES OF CONTAINER FLOWS

V.Y. Korol

Assistant of the Department «Port Operation and Cargo Works Technology»

Odessa National Maritime University

© Король В.Ю., 2018

***Abstract.** The task of substantiating the routes for the delivery of goods in containers, which solved in the transport and forwarding companies by the relevant specialists in accordance with their functional responsibilities, is investigated in the work. The mathematical model is developed in the work, the implementation of which allows to justify the flow patterns of container flows and select carriers on the basis of previous requests of customers and in accordance with the terms of their foreign trade contracts.*

***Keywords:** cargo, container, shipping route, freight forwarding company.*

Постановка проблеми в загальному вигляді. У будь-якій компанії, що створює комерційний продукт, є співробітники, які відповідають за його просування на ринок. Звичайно цих фахівців називають сейлз-менеджерами або менеджерами з продажу. Вони здійснюють зв'язок між торговими і виробничими організаціями та їх клієнтами-покупцями. Залежно від об'єкту реалізації виділяють менеджерів з продажу: споживчих товарів, продукції промислового призначення, послуг. Ця посада сьогодні широко розповсюджена на багатьох підприємствах, що працюють на ринку транспортних послуг (РТП). Транспортно-експедиторські компанії (ТЕК) не є винятком. Однак в цій сфері професійної діяльності поряд з вищезазначеними термінами широко використовується поняття фахівець або менеджер з організації перевезень [1]. Але його функціональні обов'язки не обмежуються тільки пошуком клієнтів. До його обов'язків також входить підготовка комерційних пропозицій клієнтам при тісній взаємодії з перевізниками, лінійними агентами, портовими операторами, складами, митними органами, обґрунтування оптимальних для клієнтів маршрутів доставки вантажів, розрахунок ставок, розробка переддоговірної документації, узгодження розбіжностей, укладання договорів, створення та забезпечення постійного оновлення клієнтських баз даних, підготовка та оформлення транспортної документації [1]. У деяких ТЕК ці функції виконуються безпосередньо експедиторами. Тому, незважаючи на організаційну структуру ТЕК, підвищення ефективності реалізації вищезгаданих локальних функцій, а також покращення якості послуг, що надаються замовникам транспортно-експедиторських послуг (ТЕП), є актуальним питанням. Одним із шляхів його вирішення є розробка нового, або удосконалення існуючого методичного забезпечення діяльності ТЕК.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. ТЕК за дорученням клієнтів виконують безліч функцій, які передбачені договором транспортного експедирування та знаходяться у рамках відповідного правового поля [2]. Різні аспекти роботи ТЕК, як підприємницької діяльності із надання відповідних послуг з організації та забезпечення перевезень експортних, імпорتنних, транзитних або інших вантажів [2], розглядаються у багатьох сучасних джерелах.

У роботі [3] досліджуються функціональні залежності між технологічними параметрами процесу доставки вантажів і кількісним складом диспетчерів, які обслуговують запити на виконання експедиторських операцій. На підставі встановлених залежностей розроблена математична модель для визначення оптимальної кількості диспетчерів. Таким чином, ефективність діяльності ТЕК оцінюється, головним чином, через кількісний склад її робітників, що займаються оперативною роботою при організації доставки вантажів автомобільним транспортом. Поряд з актуальністю висвітленої в роботі проблематики і не зменшуючи роль людського фактору в діяльності ТЕК, необхідно відмітити, що професійні компетентності людини-оператора грають не менш важливу роль, ніж кількісні показники залучених до процесу обробки запитів співробітників. Крім того, методичне забезпечення процесів прийняття рішень також має вирішальне значення для ефективності ТЕД і якості обслуговування замовників транспортно-експедиторських послуг.

У статті [4] детально та професійно аналізуються теоретичні та практичні підходи до підвищення ефективності транспортно-експедиторського обслуговування (ТЕО) та його оптимізації. Виділяються недоліки існуючих підходів, серед яких: спрямованість на вирішення приватних завдань, відсутність макросистемного підходу, ігнорування умов конкурентного середовища на РТП. Відзначається необхідність розробки нових і адаптації до умов ринкових відносин існуючих методів і моделей підвищення ефективності ТЕО. Вказуються найбільш перспективні напрямки наукових досліджень. Але поряд з якісним аналізом та загальним висвітленням перспективних напрямків наукових досліджень в роботі, на жаль, не розглядається саме авторський підхід до вирішення сформульованої проблематики, а також відсутні власні пропозиції щодо її подолання.

У публікаціях [5; 6] розглядаються питання забезпечення сталої роботи транспортних засобів, стійкого функціонування та розвитку відповідних суб'єктів РТП. У роботі [5] розроблені теоретичні та методичні положення по обґрунтуванню доцільності експлуатації судна з негативним прибутком. Досліджена зона збиткового завантаження транспортного засобу. Запропоновані, обґрунтовані та формалізовані показники допустимо збиткового і кризового завантаження судна. На підставі запропонованих показників встановлено діапазони стійкості роботи транспортного засобу. У свою чергу, в роботі [6] розглянута задача формування стратегій стійкого розвитку транспортних і експедиторських компаній на підставі апарату теорії ігор, запропоновано показники стійкого розвитку ТЕК. Розроблені, формалізовані та систематизовані у вищезгаданих роботах [5; 6] показники є корисними у діяльності підприємств різних видів транспорту. Їх також доцільно використовувати у системах обмежень при оптимізації локальних бізнес-процесів в ТЕК для забезпечення її стійкого функціонування.

У статті [7] розглянуто питання оптимізації завантаження транспортних засобів при організації поромних перевезень, що також є однією із локальних виробничих задач, рішення якої може знаходитись у колі функціональних обов'язків експедитора.

Незважаючи на велику кількість робіт, присвячених різним аспектам і напрямкам ТЕД, існуючий методичний апарат і прикладний інструментарій, який використовують сьогодні у своїй діяльності фахівці по організації перевезень ТЕК, залишається обмеженим методами прямих розрахунків і стандартним програмним забезпеченням Microsoft Excel. Це не дозволяє відповідним співробітникам ТЕК в стислі терміни, оговорені з клієнтом, розглядати всі можливі варіанти доставки вантажів та обирати найкращий з позиції критерію, який цікавить клієнта. У зв'язку з цим, науково-теоретичний і практичний інтерес представляє розвиток методичного забезпечення в цілому діяльності ТЕК, а також їх окремих бізнес-процесів.

Формулювання мети статті. Метою статті є підвищення ефективності діяльності фахівців з організації перевезень та експедиторів шляхом розробки теоретичних і методичних положень щодо обґрунтування маршрутів доставки вантажів при транспортно-експедиторському обслуговуванні контейнеропотоків по попереднім запитам клієнтів і відповідно до умов їх зовнішньоторговельних контрактів.

Для досягнення мети в роботі поставлені наступні завдання:

- сформулювати загальну постановку задачі обґрунтування маршруту доставки вантажів у контейнерах по попереднім запитам клієнтів і відповідно до умов їх зовнішньоторговельних контрактів;
- визначити параметри управління та обмеження на їх результативні значення;
- обрати критерій оптимальності та згідно з ним формалізувати цільову функцію задачі;
- встановити умови та обмеження задачі;
- розробити математичну модель.

Теоретичною і методичною основою вирішення завдань, поставлених у роботі та спрямованих на досягнення мети, є:

- загальнотеоретичні методи аналізу і синтезу, індукції та дедукції, основні положення та принципи загальної теорії систем і системного аналізу, теорії транспортних процесів і систем [8], які використовуються при вирішенні всіх завдань, поставлених у роботі;
- методи дослідження операцій, які набувають конкретного втілення при розробці математичної моделі задачі обґрунтування маршрутів доставки вантажів у контейнерах [9; 10].

Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих результатів. Однією із важливіших функцій ТЕК, яку, як правило, реалізує відповідний фахівець з організації перевезень, є обґрунтування маршрутів доставки вантажів у контейнерах відповідно до попереднього запиту потенційного, разового або постійного клієнта ТЕК.

Виходячи з цього, задача формулюється у наступній постановці. Відповідно до запиту $k = \overline{I, K}$ клієнта ТЕК у нього є вантаж $r = \overline{I, R}$ у кількості $q^r = \overline{I, Q^r}$. Згідно з попередніми розрахунками фахівця з організації перевезень в залежності від транспортних характеристик вантажу для його доставки до місця призначення необхідна деяка кількість 20- і/або 40-футових контейнерів. При цьому, згідно з попередніми домовленостями між ТЕК і клієнтом, стафіровка контейнерів відбувається:

- або на складах замовника у пунктах $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_I$ ($i = \overline{I, I}$),

де знаходиться вантаж $r = \overline{I, R}$. При цьому контейнери заздалегідь подаються у дані пункти, з яких відбувається відправка 20- і/або 40-футових контейнерів у кількості $n_i^{20'kr}$ і $n_i^{40'kr}$ відповідно до місця перевалювання або призначення;

- або на терміналах портів $D_1, D_2, \dots, D_p, \dots, D_P$ ($p = \overline{I, P}$), з яких 20- і/або 40-футові контейнери у кількості $n_p^{20'kr}$ і $n_p^{40'kr}$ відповідно відправляються до місця призначення.

У зв'язку з цим розглядається декілька варіантів доставки 20- і/або 40-футових контейнерів:

а) у прямому сполученні:

- з пункту відправлення $i = \overline{I, I}$ до пункту призначення $j = \overline{I, J}$ на наземному транспортному засобі перевізника $v = \overline{I, V}$. У цьому випадку, із пунктів $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_I$ ($i = \overline{I, I}$) необхідно відправити 20-футові контейнери у кількості $n_i^{20'kr}$ і/або 40-футові контейнери у кількості $n_i^{40'kr}$ з вантажем $r = \overline{I, R}$ на наземному транспортному засобі перевізника $v = \overline{I, V}$ до пунктів перевалювання $D_1, D_2, \dots, D_p, \dots, D_P$ ($p = \overline{I, P}$);

- з пункту відправлення $p = \overline{I, P}$ до пункту призначення $j = \overline{I, J}$ водним транспортним засобом перевізника $c = \overline{I, C}$. У цьому випадку, із пунктів $D_1, D_2, \dots, D_p, \dots, D_P$ ($p = \overline{I, P}$) необхідно відправити 20-футові контейнери у кількості $n_p^{20'kr}$ і/або 40-футові контейнери у кількості $n_p^{40'kr}$ з вантажем $r = \overline{I, R}$ водним транспортним засобом перевізника $c = \overline{I, C}$ до пунктів призначення $B_1, B_2, \dots, B_j, \dots, B_J$ ($j = \overline{I, J}$);

б) у суміщеному сполученні з пункту відправлення $i = \overline{I, I}$ до пункту перевалювання $p = \overline{I, P}$ на наземному транспортному засобі перевізника $v = \overline{I, V}$, далі із пункту перевалювання $p = \overline{I, P}$ до пункту призначення $j = \overline{I, J}$ водним транспортним засобом перевізника $c = \overline{I, C}$. У цьому випадку, із пунктів відправлення $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_I$ ($i = \overline{I, I}$) необхідно доставити 20-футові контейнери у кількості $n_i^{20'kr}$ і/або 40-футові контейнери у кількості $n_i^{40'kr}$ з вантажем $r = \overline{I, R}$ на наземному транспортному засобі перевізника $v = \overline{I, V}$ до пунктів перевалювання

$$D_1, D_2, \dots, D_p, \dots, D_P \quad (p = \overline{I, P}).$$

Далі із пунктів перевалювання

$$D_1, D_2, \dots, D_p, \dots, D_P \quad (p = \overline{I, P})$$

вантаж необхідно доставити водним транспортним засобом перевізника $c = \overline{I, C}$ до пунктів призначення $B_1, B_2, \dots, B_j, \dots, B_J$ ($j = \overline{I, J}$).

В усіх випадках:

- пропускні можливості пунктів перевалювання

$$D_1, D_2, \dots, D_p, \dots, D_P$$

складають $d_1^{TEU}, d_2^{TEU}, \dots, d_p^{TEU}, \dots, d_P^{TEU}$.

- потреби пунктів призначення $B_1, B_2, \dots, B_j, \dots, B_J$ становлять

$$n_1^{20'kr}, n_2^{20'kr}, \dots, n_j^{20'kr}, \dots, n_J^{20'kr}; n_1^{40'kr}, n_2^{40'kr}, \dots, n_j^{40'kr}, \dots, n_J^{40'kr}.$$

У результаті переговорів з партнерами ТЕК (автоперевізниками, лінійними агентами) фахівець з організації перевезень котує ставки за перевезення одного 20-футового ($f_{ip}^{20'vkr}, f_{ij}^{20'vkr}, f_{pj}^{20'ckr}$) і/або 40-футового ($f_{ip}^{40'vkr}, f_{ij}^{40'vkr}, f_{pj}^{40'ckr}$) контейнерів відповідно.

Необхідно скласти оптимальний план доставки контейнерів з мінімальними витратами для клієнта. Математична модель відповідно до сформульованої вище постановки задачі має наступний вигляд.

Цільова функція (1) дозволяє мінімізувати витрати на доставку вантажу у контейнерах відповідно до умов зовнішньоторговельного контракту між продавцем і покупцем товару:

$$\begin{aligned}
 Z = & \sum_{k=1}^K \sum_{v=1}^V \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{p=1}^P (f_{ip}^{20'kvr} \cdot x_{ip}^{20'kvr} \cdot Z_{ip} \cdot Ze^{i\theta} + \\
 & + f_{ip}^{40'kvr} \cdot x_{ip}^{40'kvr} \cdot Z_{ip} \cdot Z_{ip}^v) + \\
 & + \sum_{k=1}^K \sum_{c=1}^C \sum_{r=1}^R \sum_{p=1}^P \sum_{j=1}^J (f_{pj}^{20'kcr} \cdot x_{pj}^{20'kcr} \cdot Z_{pj} \cdot Z_{pj}^c \cdot Z_j + \\
 & + f_{pj}^{40'kcr} \cdot x_{pj}^{40'kcr} \cdot Z_{pj} \cdot Z_{pj}^c \cdot Z_j) + \\
 & + \sum_{k=1}^K \sum_{v=1}^V \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (f_{ij}^{20'kvr} \cdot x_{ij}^{20'kvr} \cdot Z_{ij} \cdot Z_{ij}^v \cdot Z_j + \\
 & + (f_{ij}^{40'kvr} \cdot x_{ij}^{40'kvr} \cdot Z_{ij} \cdot Z_{ij}^v \cdot Z_j \rightarrow \min \\
 & (r = \overline{1, R}; v = \overline{1, V}; k = \overline{1, K}; i = \overline{1, I}; \\
 & p = \overline{1, P}; c = \overline{1, C}; j = \overline{1, J}),
 \end{aligned} \tag{1}$$

де $x_{ip}^{20'kvr}$; $x_{ip}^{40'kvr}$ – параметри управління, які відображують кількість 20- і 40-футових контейнерів відповідно, з вантажем $r = \overline{1, R}$, який доставляється наземним транспортним засобом перевізника $v = \overline{1, V}$ з пункту відправлення $i = \overline{1, I}$ до пункту перевалювання $p = \overline{1, P}$ згідно до попереднього запиту $k = \overline{1, K}$ клієнта;

$x_{pj}^{20'kcr}$; $x_{pj}^{40'kcr}$ – параметри управління, які відображують кількість 20- і 40-футових контейнерів відповідно, з вантажем $r = \overline{1, R}$, який доставляється водним транспортним засобом перевізника $c = \overline{1, C}$ з пункту $p = \overline{1, P}$ в пункт $j = \overline{1, J}$ згідно до попереднього запиту $k = \overline{1, K}$ клієнта;

$x_{ij}^{20'kvr}$; $x_{ij}^{40'kvr}$ – параметри управління, які відображують кількість 20- і 40-футових контейнерів відповідно, з вантажем $r = \overline{1, R}$, який доставляється у прямому сполученні наземним транспортним засобом перевізника $v = \overline{1, V}$ з пункту $i = \overline{1, I}$ в пункт $j = \overline{1, J}$ згідно до попереднього запиту $k = \overline{1, K}$ клієнта;

Z_{ip} – параметр, який приймає значення 1, якщо передбачається перевезення контейнеру наземним транспортним засобом на ділянці між пунктами $i = \overline{I, I}$ та $p = \overline{I, P}$; 0 – у протилежному випадку;

Z_{pj} – параметр, який приймає значення 1, якщо передбачається перевезення контейнеру водним транспортним засобом на ділянці між портами $p = \overline{I, P}$ та $j = \overline{I, J}$; 0 – у протилежному випадку;

Z_{ij} – параметр, який приймає значення 1, якщо передбачається перевезення контейнеру по прямому варіанту наземним видом транспорту між пунктами $i = \overline{I, I}$ та $j = \overline{I, J}$; 0 – у протилежному випадку;

Z_{ip}^v – параметр, який приймає значення 1, якщо перевізник $v = \overline{I, V}$ має можливість забезпечити контейнерний сервіс на ділянці між пунктами $i = \overline{I, I}$ та $p = \overline{I, P}$; 0 – у протилежному випадку;

Z_{pj}^c – параметр, який приймає значення 1, якщо перевізник $c = \overline{I, C}$ має можливість забезпечити контейнерний сервіс на ділянці між пунктами $p = \overline{I, P}$ та $j = \overline{I, J}$; 0 – у протилежному випадку;

Z_{ij}^v – параметр, який приймає значення 1, якщо перевізник $v = \overline{I, V}$ має можливість забезпечити прямий контейнерний сервіс на ділянці між пунктами $i = \overline{I, I}$ та $j = \overline{I, J}$; 0 – у протилежному випадку;

Z_j – параметр, який приймає значення 1, якщо за умовами зовнішньоторговельного контракту між продавцем і покупцем товару пунктом призначення вантажу є саме порт $j = \overline{I, J}$.

Обмеження, які забезпечують відправлення всіх 20- (2) і відповідно 40-футових (3) контейнерів з вантажем $r = \overline{I, R}$ наземним транспортним засобом перевізника $v = \overline{I, V}$ у змішаному сполученні із пункту $i = \overline{I, I}$ в пункт перевалювання $p = \overline{I, P}$ (перший доданок (2) і (3)) та у прямому сполученні із пункту $i = \overline{I, I}$ в пункт призначення $j = \overline{I, J}$ (другий доданок (2) і (3)):

$$\sum_{v=1}^V \sum_{p=1}^P x_{ip}^{20'kvr} \cdot Z_{ip} \cdot Z_{ip}^v + \sum_{v=1}^V \sum_{j=1}^J x_{ij}^{20'kvr} \cdot Z_{ij} \cdot Z_{ij}^v \cdot Z_j = n_i^{20'kr} \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
 & (r = \overline{I, R}; k = \overline{I, K}; i = \overline{I, I}); \\
 & \sum_{v=1}^V \sum_{p=1}^P x_{ip}^{40'kvr} \cdot Z_{ip} \cdot Z_{ip}^v + \\
 & + \sum_{v=1}^V \sum_{j=1}^J x_{ij}^{40'kvr} \cdot Z_{ij} \cdot Z_{ij}^v \cdot Z_j = n_i^{40'kr} \quad (3) \\
 & (r = \overline{I, R}; k = \overline{I, K}; i = \overline{I, I}),
 \end{aligned}$$

де $n_i^{20'kr}$, $n_i^{40'kr}$ – кількість 20- (2) і відповідно 40-футових (3) контейнерів з вантажем $r = \overline{I, R}$, який згідно до попереднього запиту $k = \overline{I, K}$ клієнта, повинен бути відправлений з пункту $i = \overline{I, I}$.

Обмеження по пропускній здатності терміналу у порту перевалювання $p = \overline{I, P}$ по прибуттю контейнерів на наземному транспортному засобі перевізника $v = \overline{I, V}$ (4)

$$\begin{aligned}
 & \sum_{k=1}^K \sum_{v=1}^V \sum_{r=1}^R \sum_{i=1}^I (x_{ip}^{20'kvr} \cdot Z_{ip} \cdot Z_{ip}^v + 2 \cdot x_{ip}^{40'kvr} \cdot Z_{ip} \cdot Z_{ip}^v) \leq d_p^{TEU} \quad (4) \\
 & (p = \overline{I, P}),
 \end{aligned}$$

де d_p^{TEU} – пропускна здатність контейнерного терміналу у порту перевалювання, яка виражається у 20-футовому еквіваленті (twenty-foot equivalent unit (TEU)); «2» – коефіцієнт переведення кількості 40-футових контейнерів у 20-футовий еквівалент.

Обмеження, які забезпечують відправлення всіх 20- (5) і 40-футових (6) контейнерів відповідно з вантажем $r = \overline{I, R}$ із порту $p = \overline{I, P}$, якщо стафіровка контейнерів відбувається на терміналі порту $p = \overline{I, P}$:

$$\begin{aligned}
 & \sum_{c=1}^C \sum_{j=1}^J x_{pj}^{20'kcr} \cdot Z_{pj} \cdot Z_{pj}^c \cdot Z_j - \sum_{v=1}^V \sum_{p=1}^P x_{ip}^{20'kvr} \cdot Z_{ip} \cdot Z_{ip}^v = n_p^{20'kr} \quad (5) \\
 & (r = \overline{I, R}; k = \overline{I, K}; p = \overline{I, P});
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \sum_{c=1}^C \sum_{j=1}^J x_{pj}^{40'kcr} \cdot Z_{pj} \cdot Z_{pj}^c \cdot Z_j - \sum_{v=1}^V \sum_{p=1}^P x_{ip}^{40'kvr} \cdot Z_{ip} \cdot Z_{ip}^v = n_p^{40'kr} \quad (6) \\
 & (r = \overline{I, R}; k = \overline{I, K}; p = \overline{I, P}).
 \end{aligned}$$

Обмеження по пропускній здатності терміналів у портах перевалювання $p = \overline{I, P}$ по відправленню контейнерів суднами перевізника $c = \overline{I, C}$ (7)

$$\sum_{k=1}^K \sum_{c=1}^C \sum_{r=1}^R \sum_{j=1}^J (x_{pj}^{20'kcr} \cdot Z_{pj} \cdot Z_{pj}^c \cdot Z_j + 2 \cdot x_{pj}^{40'kcr} \cdot Z_{pj} \cdot Z_{pj}^c \cdot Z_j) \leq d_p^{TEU} \quad (7)$$

($p = \overline{I, P}$).

Обмеження, які відповідно до умов зовнішньоторговельного контракту між продавцем і покупцем товару забезпечують доставку всіх 20- (8) і відповідно 40-футових (9) контейнерів з вантажем $r = \overline{I, R}$ згідно до попереднього запиту $k = \overline{I, K}$ клієнта в пункти призначення $j = \overline{I, J}$ у змішаному сполученні транспортним засобом перевізника $c = \overline{I, C}$ (перший доданок (8) і (9)) і у прямому сполученні наземним транспортним засобом перевізника $v = \overline{I, V}$ (другий доданок (8) і (9)):

$$\sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P x_{pj}^{20'kcr} \cdot Z_{pj} \cdot Z_{pj}^c \cdot Z_j + \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^I x_{ij}^{20'kvr} \cdot Z_{ij} \cdot Z_{ij}^v \cdot Z_j = n_j^{20'kr} \quad (8)$$

($r = \overline{I, R}$; $k = \overline{I, K}$; $j = \overline{I, J}$);

$$\sum_{c=1}^C \sum_{p=1}^P x_{pj}^{40'kcr} \cdot Z_{pj} \cdot Z_{pj}^c \cdot Z_j + \sum_{v=1}^V \sum_{i=1}^I x_{ij}^{40'kvr} \cdot Z_{ij} \cdot Z_{ij}^v \cdot Z_j = n_j^{40'kr} \quad (9)$$

($r = \overline{I, R}$; $k = \overline{I, K}$; $j = \overline{I, J}$),

де $n_j^{20'kr}$, $n_j^{40'kr}$ – кількість 20- (8) і відповідно 40-футових (9) контейнерів з вантажем $r = \overline{I, R}$, який повинен бути доставлений в порт призначення $j = \overline{I, J}$ згідно до попереднього запиту $k = \overline{I, K}$ клієнта і відповідно до умов зовнішньоторговельного контракту між ним і покупцем товару.

Умови незаперечності змінних (10)

$$\begin{aligned} x_{ip}^{20'kvr} \geq 0; x_{ip}^{40'kvr} \geq 0; x_{pj}^{20'kcr} \geq 0; \\ x_{pj}^{40'kcr} \geq 0; x_{ij}^{20'kvr} \geq 0; x_{ij}^{40'kvr} \geq 0 \end{aligned} \quad (10)$$

($r = \overline{I, R}$; $v = \overline{I, V}$; $k = \overline{I, K}$; $i = \overline{I, I}$;
 $p = \overline{I, P}$; $c = \overline{I, C}$; $j = \overline{I, J}$).

Умови цілочисельності змінних (11)

$$\begin{aligned}
 & x_{ip}^{20'kvr} = 1, 2, \dots, H; \quad x_{ip}^{40'kvr} = 1, 2, \dots, H; \\
 & x_{pj}^{20'kcr} = 1, 2, \dots, H; \quad x_{pj}^{40'kcr} = 1, 2, \dots, H; \\
 & x_{ij}^{20'kvr} = 1, 2, \dots, H; \quad x_{ij}^{40'kvr} = 1, 2, \dots, H; \\
 & (r = \overline{1, R}; v = \overline{1, V}; k = \overline{1, K}; i = \overline{1, I}; \\
 & p = \overline{1, P}; c = \overline{1, C}; j = \overline{1, J}).
 \end{aligned} \tag{11}$$

Група обмежень (12), які характеризують наскільки недовикористовується контейнеромісткість терміналів у портах перевалювання. Вони також дозволяють у результаті рішення відобразити кількісне значення цього показника

$$\begin{aligned}
 & x_{pp}^{20'kvr} \geq 0; \quad x_{pp}^{40'kvr} \geq 0 \\
 & (r = \overline{1, R}; v = \overline{1, V}; k = \overline{1, K}; p = \overline{1, P}; p = p).
 \end{aligned} \tag{12}$$

Група обмежень (13), які відображують зв'язок між контейнерними терміналами різних портів перевалювання. Ці умови забезпечують заборону перевезення контейнерів з терміналу одного порту перевалювання на термінал іншого

$$\begin{aligned}
 & x_{pp}^{20'kvr} = 0; \quad x_{pp}^{40'kvr} = 0 \\
 & (r = \overline{1, R}; v = \overline{1, V}; k = \overline{1, K}; p = \overline{1, P}; p \neq p).
 \end{aligned} \tag{13}$$

Умови (14), які дозволяють доставку контейнерів у прямому сполученні з пункту відправлення $i = \overline{1, I}$ в пункт призначення $j = \overline{1, J}$ наземним транспортним засобом перевізника $v = \overline{1, V}$

$$x_{ij}^{20'kvr} \geq 0; \quad x_{ij}^{40'kvr} \geq 0 \tag{14}$$

Умови (15), що забороняють доставку контейнерів у прямому сполученні з пункту відправлення $i = \overline{1, I}$ в пункт призначення $j = \overline{1, J}$ водним транспортним засобом перевізника $c = \overline{1, C}$

$$x_{ij}^{20'kcr} = 0; \quad x_{ij}^{40'kcr} = 0. \tag{15}$$

Таким чином, запропонована математична модель дозволяє відповідному фахівцю ТЕК в оперативному режимі часу приймати рішення щодо обґрунтування маршрутів доставки контейнерів з вантажем, а також обирати перевізників.

При звертанні клієнта в ТЕК, він може висловити певні побажання відносно розгляду фахівцем з організації перевезень конкретних маршрутів доставки його вантажів. Це буває у разі, якщо клієнт вперше звертається до даної ТЕК, але він має попередній досвід доставки своїх вантажів по конкретним схемам за певними цінами шляхом придбання транспортних послуг іншої ТЕК. При цьому він бажає провести маркетингове дослідження ринку щодо цінової конкуренції між відповідними ТЕК. У цьому випадку фахівцю з організації перевезень рекомендується за допомогою запропонованої моделі (1)-(15) розрахувати два варіанти доставки вантажу. Перший – базисний, тобто по маршрутам, які відповідають бажанням потенційного клієнта згідно з його досвідом співпраці з іншими ТЕК, але котируючи ціни своєї ТЕК та її партнерів. Другий – проектний, тобто по маршрутам, запропонованим фахівцем з організації перевезень даної ТЕК і по її цінам, а також цінам її партнерів по бізнесу.

Висновки. В роботі розглянута задача обґрунтування маршрутів доставки вантажів у контейнерах, яка вирішується фахівцями з організації перевезень ТЕК або безпосередньо експедиторами у відповідь на кожний попередній запит потенційного, разового або постійного клієнта.

В результаті рішення першого завдання дослідження сформульована постановка задачі у загальному вигляді.

В результаті рішення другого завдання визначено параметри управління та формалізовано обмеження на їх результативні значення.

В результаті рішення третього завдання обрано критерій оптимальності, відповідно до якого у термінах дослідження операцій формалізована функція мети.

В результаті рішення четвертого завдання встановлено умови та обмеження задачі, які задані системою лінійних нерівностей та рівнянь.

В результаті рішення п'ятого завдання розроблено математичну модель (1)-(15) лінійного цілочисельного програмування, яка базується на основних положеннях дослідження операцій щодо постановки та рішення багатоступінчастої транспортної задачі. Вона дозволяє на підставі попереднього запиту клієнта ТЕК обґрунтувати транспортно-технологічні схеми доставки його вантажів в контейнерах. Крім того, вона вперше:

- забезпечує рішення по доставці вантажу в пункти призначення відповідно до умов зовнішньоторговельного контракту між продавцем і покупцем товару шляхом залучення в модель (1)-(15) екзогенного параметру Z_j ;

- враховує ситуацію, коли перевізник не може забезпечити обслуговування контейнерного вантажопотоку на певному напрямку через відсутність відповідного сервісу шляхом включення в модель (1)-(15) екзогенних параметрів Z_{ip}^v і Z_{pj}^c ;

- дозволяє обґрунтувати доставку контейнерів як у змішаному, так і у прямому сполученнях за рахунок включення в модель екзогенних

параметрів Z_{ip} та Z_{pj} , якщо перевезення передбачено тільки між пунктами $i = \overline{I, I}$ та $p = \overline{I, P}$, або $p = \overline{I, P}$ та $j = \overline{I, J}$ відповідно. Введення цих параметрів також дає змогу врахувати бажання клієнта щодо можливого залучення до перевезення на тій чи іншій ділянці схеми доставки інших перевізників або придбання послуг інших ТЕК-партнерів, раніше напрацьованих клієнтом;

- забезпечує можливість розглянути варіант доставки контейнерів по прямому варіанту, використовуючи тільки наземний вид транспорту: по-перше, за рахунок відсутності обмеження, яке заперечує здійснення прямої доставки вантажу; по-друге, за рахунок введення групи обмежень (14), які дозволяють доставку контейнерів у прямому сполученні наземним транспортним засобом перевізника $v = \overline{I, V}$; по-третє, за рахунок введення групи умов (15), які забороняють доставку контейнерів у прямому сполученні водним транспортним засобом перевізника $c = \overline{I, C}$.

Сформульовані положення та їх впровадження у виробничу діяльність сучасних ТЕК сприятимуть підвищенню їх ефективності, а також формуванню раціональних систем транспортно-експедиційного обслуговування вантажів, що доставляються у регіональному, міжрегіональному і міжнародному сполученнях.

Перспективи подальшого дослідження лежать в площині розробки методичного забезпечення процесів прийняття рішень по локальним виробничим задачам і функціям співробітників і партнерів сучасних ТЕК.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кириллова В.Ю. Обґрунтування варіантів доставки вантажів у контейнерах / В.Ю. Кириллова // Сб. научн. тр. SWorld. – Т. 1. – Вып. 4 (37). – Иваново: Маркова АД, 2014. – С. 15-22.
2. Закон України «Про транспортно-експедиторську діяльність» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1955-15>
3. Naumov V. Estimating the number of dispatchers of a freight forwarding company on the base of computer simulations (Conference Paper): 14th Scientific and Technical Conference on Transport Systems Theory and Practice TSTP 2017; Katowice; Poland / V. Naumov // Advances in Intelligent Systems and Computing Volume. – 2017. – Vol. 631. – P. 183-192. Doi: 10.1007/978-3-319-62316-0_15.
4. Прокудін Г.С. Оптимізація процесу транспортно-експедиторського обслуговування та підвищення його ефективності [Текст] / Г.С. Прокудін, В.Ю. Пелих // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія. – 2013. – Вип. 12. – С. 150-155.

5. Kirillova E.V. *Justification of stability ranges of commercially reasonable, allowable loss-making and crisis operation of the vessel [Text] / E.V. Kirillova // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – № 6(3). – P. 4-10. – ISSN 1729-4061 (Online). – ISSN 1729-3774 (Print). – DOI: 10.15587/1729-4061.2015.55007.*
6. Naumov V.S. *Forming the strategies of sustainable development of freight forwarders at transportation market [Text] / V.S. Naumov, O.G. Kholeva // Scientific Bulletin of National Mining University. – 2017. - Vol. 3. – P. 129-134. – EID: 2-s2.0-85026246777.*
7. Yelena Kirillova. *Development of an economic and mathematical model of loading a freight and passenger ferry / Yelena Kirillova, Yekaterina Meleshenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2015. – Vol 3. – № 4(81). – 2016. – P. 28-37. – ISSN (print) 1729-3774. – ISSN (on-line) 1729-4061. – DOI: 10.15587/1729-4061.2016.71215.*
8. Кириллова Е.В. Модульная программа «Основы теории транспортных процессов и систем». Содержательный модуль 1. Транспортный процесс грузовых и пассажирских перевозок / Е.В. Кириллова. – Одесса: Фенікс, 2014. – 91 с.
9. Кофман А. Методы и модели исследования операций. Целочисленное программирование / А. Кофман, А. Анри-Лабордер. – М.: Мир, 1977. – 432 с.
10. Экономико-математические методы и модели в управлении морским транспортом / Е.Н. Воевудский, Н.А. Коневцева, Махуренко Г.С., Тарасова И.П.; под ред. Е.Н. Воевудского. – М.: Транспорт, 1988. – 384 с.

Стаття надійшла до редакції 22.03.2018 р.

Рецензенти:

доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри «Менеджмент і маркетинг» Навчально-наукового інституту морського бізнесу Одеського національного морського університету **М.Я. Постан**

кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри «Морські перевезення» Національного університету «Одеська морська академія» **І.М. Петров**