

О. Г. ШИБАСЬВ

доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри експлуатації флоту і технології морських перевезень
Одеський національний морський університет
ORCID: 0009-0004-8881-3803

ФОРМАЛІЗАЦІЯ РІШЕНЬ ЩОДО УПРАВЛІННЯ МОРСЬКИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ У ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ

В статті наведені результати рішення задачі оцінки потреб у транспортних засобах при управлінні морськими перевезеннями у транспортній мережі. Запропонована економіко-математична модель задачі лінійного цілісного програмування. Розкрито експлуатаційно – економічний зміст цільової функції та структурних обмежень. Вказані існуючі методи її рішення. Надано методичні рекомендації щодо визначення довірчого інтервалу зміни обсягу перевезень. Показано місце завдання визначення потреби у тоннажі при перспективному формуванні рішень щодо перевезення (доставки) вантажів одержувачу. Вказується, що задачі розрахунку й обґрунтування потреби у тоннажі, а також варіантів морської доставки одержувачу, зовнішньоторговельних і транзитних вантажів експедиторськими компаніями є одними з центральних. Вони визначається специфікою цієї виробничої діяльності на ринку транспортних послуг. В роботі сформульована змістова характеристика задачі. Отримані формалізована постановка та економіко – математична модель визначення оптимальної структури і состава флоту. Розкрито економічний зміст структурних обмежень. Врахована сезонність перевезень вантажів. Встановлено, що для перевезення продукції можуть бути залучені судна різних типів, що відповідають за своїми конструктивними характеристиками виду товару, що підлягає перевезенню. Звертається увага на те, що математична модель належить до класу завдань лінійного програмування. Це вказує на її прикладний характер, тому що не потрібна розробка та реалізація алгоритмів оптимізації. Зроблено висновки, що для доставки продукції морським транспортом перед товаровиробником (експедитором) вирішено завдання визначення кількості суден, яку необхідно залучити для своєчасного та економічно виправданого транспортування вантажів споживачеві. Отримані методичні рекомендації можуть використовуватися комерційним чи транспортними підрозділами підприємств-товаровиробників для організації доставки продукції. Вони також можуть входити у загальний комплекс практичних дій виконавчих завдань маркетингу, вкладених у просування товарів від виробника до одержувачу.

Ключові слова: вантажоперевезення, управлінські рішення, флот, морські судна, економіко-математична модель, оптимальність, методи прийняття рішень, формалізація.

O. G. SHIBAYEV

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of the Department of Fleet Operation
and Maritime Transportation Technology
Odesa National Maritime University
ORCID: 0009-0004-8881-3803

FORMALIZATION OF DECISIONS REGARDING MARITIME TRANSPORTATION MANAGEMENT IN THE TRANSPORT NETWORK

The article presents the results of solving the problem of assessing the needs for vehicles when managing maritime transportation in the transport network. An economic and mathematical model of the linear integral programming problem is proposed. The operational and economic content of the objective function and structural constraints is revealed. Existing methods for its solution are indicated. Methodological recommendations are provided for determining the confidence interval for changes in the volume of transportation. The place of the problem of determining the need for tonnage is shown in the prospective formation of decisions on the transportation (delivery) of goods to the recipient. It is indicated that the problems of calculating and substantiating the need for tonnage, as well as options for maritime delivery to the recipient, foreign trade and transit cargo by forwarding companies are among the central ones. They are determined by the specifics of this production activity in the transport services market. The work formulates the content characteristics of the problem. A formalized statement and an economic and mathematical model for determining the optimal structure and composition of the fleet are obtained. The economic content of structural constraints is revealed. The seasonality of cargo transportation is taken into account. It is established that for the transportation of products, vessels of different types can be involved, corresponding in their design characteristics to the type of goods to be transported. Attention is drawn to the fact that the mathematical model belongs to the class of linear programming problems. This indicates its applied nature, since the development and implementation of optimization algorithms is not required. It was concluded that for the delivery of products by sea transport, the task of determining the number of vessels that must be involved

for the timely and economically justified transportation of goods to the consumer has been solved for the producer (forwarder). The received methodological recommendations can be used by commercial or transport departments of enterprises-producers to organize the delivery of products. They can also be included in the general complex of practical actions of executive marketing tasks invested in the promotion of goods from the producer to the recipient.

Key words: cargo transportation, management decisions, fleet, sea vessels, economic-mathematical model, optimality, decision methods, formalization.

Постановка проблеми

Вигідне географічне становище України, багаті земельні ресурси та чітка спрямованість на економічну інтеграцію до європейської спільноти державна політика зумовлюють необхідність вирішення питань транспортного забезпечення соціально-економічного розвитку країни. Перспективи розвитку української зовнішньої торгівлі на сучасному етапі визначаються ступенем успішності її адаптації до умов функціонування міжнародних економічних відносин, адекватністю та своєчасністю прийнятих рішень, що постійно трансформуються.

За останні роки обсяги перевезень через порти України зростають дуже повільними темпами, а іноді продовжують зменшуватися. Одна з основних причин втрати вантажопотоку полягає в затяжній кризі економічного життя та бойові дії у країні. Для стабілізації обстановки і забезпечення залучення і подальшого зростання вантажопотоків необхідно насамперед підвищити якість обслуговування вантажовласників, поліпшити стан рухомого складу та транспортної інфраструктури.

На морському і річковому транспорті практично весь обсяг перевезень, і переробки вантажів у портах виконується в міжнародному сполученні. Це привело до значного збільшення попиту на експедиторські послуги, підвищенню їх ролі, що у міжнародних перевезеннях є сполучною ланкою між продавцем і покупцем. Відомо [1–3], що використання експедиторів у процесі транспортування вантажів забезпечує рішення проблеми вибору найбільш ефективного маршруту в різних видах сполучення за критерієм мінімум транспортних витрат. Але, перш за все, необхідно вирішити проблему, пов'язану з недостатньою обґрунтованістю кількості морських суден, що відповідають вимогам сучасних перевезень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Окремі дослідники такі як [6–10] зверталися до проблеми обґрунтування кількості морських суден з пропозиціями різного типу моделей для організації роботи суховантажного транспортного флоту. Прі цьому розглядалися різні типи суден [6, 7, 8] та умов їх роботи [6, 7, 9, 10]. У рукописі [6] наведено результати дослідження та дано теоретичне обґрунтування перевезень і роботи суден балкерного типу. Дослідження виконано з застосуванням лінійного програмування, теорії ігор, теорії прийняття рішень. У результаті вирішено актуальна наукова проблема з підвищення ефективності функціонування систем доставки масових вантажів міжнародного сполучення. Робота [7] відображає умови та особливості роботи універсальних суден на лінії. Зі свого боку у роботі [8] запропоновано економіко-математичну модель з обґрунтування оптимального розподілу контейнеропотоків між суднами, які обслуговують магістрально-фідерні лінії. Наведено теоретичні та методичні положення щодо пояснення рішень, пов'язаних з доцільністю освоєння факультативних контейнеропотоків суднами, що обслуговують лінії з простою та складною схемами руху тоннажу. Особлива увага звернута на створення лінійних моделей завантаження суден.

Специфіка інтермодальних перевезень досліджена у працях [9, 10]. Але залишилися без уваги питання розробки та визначення структурного складу тоннажу прі перспективному управлінні перевезеннями вантажу.

Формулювання мети дослідження

Метою статті є підвищення ефективності перевезень вантажів за рахунок застосування сучасних методів розробки управлінських рішень та їх цифровізації.

Викладення основного матеріалу дослідження

Відомо [1, 2], що транспортні процеси суттєво впливають на ефективність та стабільність виробничих циклів, на характеристики процесів кооперації та спеціалізації виробництва. У свою чергу, незадовільне транспортне обслуговування призводить до:

- втраті та псуванні товарів при доставці, перевантаженні та зберіганні;
- наявності економічно невиправданих запасів продукції та ресурсів у користувачів транспорту;
- економічні втрати, викликані не дотриманням термінів поставки продукції;
- вимушеного використання «дорогих» видів транспорту;
- доставці товару засобами, що не відповідають його транспортним характеристикам;
- обмеження обсягів виробництва та порушення його технології.

Особливе місце у загальному транспортному комплексі України належить морському флоту. Це пов'язано з тим, що морський транспорт має значні переваги проти іншими його видами. Узагальнюючи [1–10], до основних їх слід віднести:

- Висока дальність перевезення при використанні природних морських та океанічних шляхів сполучення. Пропускна їхня здатність практично не обмежена. Морські порти як кінцеві пункти морських шляхів не вимагають великих витрат на днопоглиблювальні роботи на фарватерах, акваторіях і причалів порту.

- Здатність перевозити всі види вантажів як суховантажних (генеральні, навалочні, насипні), так і наливних (нафтоналивні, хімічні, харчові).
- Висока швидкість доставки продукції за низької собівартості. Це досягається завдяки руху морських суден без затримок на трасі та малої їхньої енергоємності.
- Можливість цілорічної доставки товарів та сировини до районів країн, що мають морські узбережжя. Морський транспорт є основним, а ріді випадків – єдиним видом транспорту, що забезпечує економічні зв'язки в окремих регіонах.
- Здатність забезпечити потреби країни у перевезеннях зовнішньоторговельних вантажів. За обсягом перевезень морський транспорт, зазвичай, посідає перше місце, а, по вантажообігу – третє.
- Висока валютна ефективність експорту транспортних послуг під час перевезення вантажів іноземних фрахтувальників. Це висуває морський транспорт до основних постачальників вільно-конвертованої валюти нашої країни.

Таким чином, для доставки продукції морським транспортом перед товаровиробником (експедитором) виникає завдання визначення кількості суден, яку необхідно залучити для своєчасного та економічно виправданого транспортування вантажів споживачеві. Така проблема ефективно може вирішуватися з використанням економіко-математичної моделі лінійного цілісного програмування. Пропонується наступна формалізована постановка задачі.

Товаровиробник має запаси продукції в кількості Q_j , яку необхідно доставити одержувачу у напрямку j . У свою чергу напрямок характеризується відповідними пунктами відправлення та призначення, а також певним видом товару.

Період часу, протягом якого необхідно виконати перевезення, розділений на окремі підперіоди y для подальшого обліку сезонності кількості виробленої продукції – Q_{yj} . Причому розмір відправки по підперіодах також регламентований величиною ΔQ_{yj} , яка характеризує допустиме збільшення або зменшення планової кількості.

Для перевезення продукції можуть бути залучені судна різних типів i , що відповідають за своїми конструктивними характеристиками виду товару, що підлягає перевезенню. Тоді математична модель задачі набуде наступного вигляду:

$$\sum_{y=1}^Y \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n S_i t_{yij} X_{yij} \rightarrow \min; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^m q_{ij} X_{yij} \leq Q_{yj} + \Delta Q_{yj} \quad (y = 1, 2, \dots, Y; \quad j = 1, 2, \dots, n); \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m q_{ij} X_{yij} \geq Q_{yj} - \Delta Q_{yj} \quad (y = 1, 2, \dots, Y; \quad j = 1, 2, \dots, n); \quad (3)$$

$$\sum_{y=1}^Y \sum_{i=1}^m q_{ij} X_{yij} = Q_j \quad (j = 1, 2, \dots, n); \quad (4)$$

$$\sum_{y=1}^Y \sum_{j=1}^n X_{yij} \leq K_i \quad (i = 1, 2, \dots, m); \quad (5)$$

$$X_{yij} = 0, 1, 2, \dots, P \quad (y = 1, 2, \dots, Y; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n), \quad (6)$$

де S_i – добова орендна ставка суден типу i ; t_{yij} – час рейсу судна типу i на напрямку j у підперіоді y ; q_{ij} – завантаження судна типу i на напрямку j ; K_i – кількість суден типу i , яку можна взяти в оренду; X_{yij} – параметр управління – характеризує кількість суден типу i , яке необхідно використовувати для доставки продукції на напрямку j у підперіоді y .

Всі інші позначення самі, як і прийняті вище.

Вираз (1) характеризує цільову функцію математичної моделі, що забезпечує мінімальні витрати на флот під час доставки продукції споживачам.

Нерівності (2)–(4) регламентують обсяги постачання товарів у цілому та за окремими підперіодами.

Обмеження (5) визначають граничні умови за кількістю суден, використання яких потенційно можливе у період часу.

За допомогою величини ΔQ_{yj} формується довірчий інтервал прогнозованих розмірів необхідних перевезень. З цією метою виконується екстраполяція динамічного ряду, що характеризує масу вантажів за роками. Визначається точковий прогноз, математичне очікування та залишкова дисперсія σ . Остання і визначає величину ΔQ_{yj} .

Запропонована модель відноситься до класу задач лінійного цілісного програмування і може вирішуватися стандартними методами, наприклад із застосуванням алгоритмів Р Гоморі або схеми «Гілок і кордонів» запропонованої А. Ленд та А. Дойг [1. 2].

Висновки

Таким чином результати вирішення задачі:

- є основою для ведення переговорів та укладання договору на перевезення з незалежними експедиторськими компаніями;

- можуть використовуватися комерційним чи транспортними підрозділами підприємств-товаровиробників для організації доставки продукції;
- у разі потреби входять у загальний комплекс практичних дій виконавчих завдань маркетингу, вкладених у просування товарів від виробника до одержувачу. При цьому передбачається складний комплекс робіт з вибору транспортних засобів та тари, складування, ефективної доставки покупцю, супроводу вантажів;
- також слід відзначити що в даний час товароруку не приділяється достатньо уваги, хоча саме в цьому процесі закладено значні резерви підвищення ефективності роботи сільськогосподарських підприємств. Тут тісно переплітаються економічні, фінансові, транспортні, юридичні, технологічні та інші питання. Тому в умовах ринку необхідно приділяти процесу руху товару не менше уваги, ніж процесу виробництва.

Список використаної літератури

1. Шибасєв О.Г., Боровік С.С., Тихоніна І.І. Основи теорії транспортних процесів і систем: Навчальний посібник. Одеса : ОНМУ, 2023. 125 с.
2. Шибасєв О.Г., Кравченко О.А., Тихоніна І.І. Управління роботою флоту: Навчальний посібник. Одеса : ОНМУ, 2023. 74 с.
3. Король В.Ю. Організація експедиторського обслуговування транспортних процесів і систем доставки вантажів у контейнерах: автореф. дис. ... к-та техн. наук: 05.22.01 /В.Ю.Король; Одес. нац. мор. ун-т. Одеса, 2019. 23 с.
4. Берестенко В., Онищенко С. Структура та характеристики мультимодальної доставки з позиції цифровізації. Розвиток транспорту. 2021. № 4(11). С. 82–93. DOI: <https://doi.org/10.33082/td.2021.4-11.08>
5. Павлова Н., Онищенко С. Організація проєктно-орієнтованого управління транспортною компанією (на прикладі транспортно-експедиторської компанії). Управління розвитком складних систем. 2020. № 42, С. 23–28. DOI: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.23-28>
6. Коскіна Ю.О. Розвиток теоретичних основ організації і управління змішаними перевезеннями масових вантажів за участю флоту: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.01 / Ю.О.Коскіна; Укр. держ. ун-т. залізн. трансп. Харків : 2021. 40 с.
7. Вишневецький Д.О. Методичні основи організації роботи універсальних суден на міжнародних лініях: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01. Одеса, 2016. 171 с.
8. Кириллов Ю.І. Організація та управління роботою суден в контейнерній транспортно-технологічній системі: автореф. дис. ... к-та. техн. наук: 05.22.01 / Ю.І.Кириллов; Одес. нац. мор. ун-т. Одеса, 2013. 24 с.
9. Drozhzhyn O. Containership Traffic Optimization on Feeder Shipping Line. Transport and Telecommunication Journal. 2016. Vol. 17(4), P. 314–321. DOI: <https://doi.org/10.1515/tjt-2016-0028>
10. Drozhzhyn O., Koskina Y. The Model of Container Feeder Line Organization Focused on the Nature and Parameters of External Container Flows. Communications – Scientific Letters of the University of Zilina. 2021. Vol. 23(2). P. 94–102. DOI: <https://doi.org/10.26552/com.C.2021.2.A94-A102>

References

1. Shibaev O.G., Borovik S.S., Tikhonina I.I. (2023) *Osnovy teorii transportnykh procesiv i system* [Fundamentals of the theory of transport processes and systems], – Odesa : ONMU. (in Ukrainian).
2. Shibaev O.G., Kravchenko O.A., Tikhonina I.I. (2023) *Upravlinnya robotoyu floty* [Fleet management], – Odesa : ONMU. (in Ukrainian)
3. Korol V.Yu. (2019) *Orhanizatsiya ekspedytors'koho obsluhovuvannya transportnykh protsesiv i system dostavky vantazhiv u konteynerakh* [Organization of freight forwarder service for transport processes and cargo delivery systems in containers] (PhD Thesis), – Odesa : ONMU.
4. Berestenko V., Onyshchenko S. (2021) *Struktura ta kharakterystyky mul'tymodal'noyi dostavky z pozytsiyi tsyfrovizatsiyi* [Structure and characteristics of multimodal delivery from the digitalization point of view]. *Rozvitok transportu* [Transport development], no 4(11), pp 82–93. Retrieved from: <https://doi.org/10.33082/td.2021.4-11.0810>
5. Pavlova, N., Onyshchenko, S. (2020) *Orhanizatsiya proyektno-oriyentovanoho upravlinnya transportnoyu kompaniyeyu (na prykladi transportno-ekspedytors'koyi kompaniyi)* [Organization of project-oriented management of a transport company (on the example of a transport and forwarding company)]. *Upravlinnya rozvytkom skladnykh system* [Management of the development of complex systems], no 42, pp 23–28. Retrieved from: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.42.23-28>
6. Koskina Yu.O. (2021) *Rozvytok teoretychnykh osnov orhanizatsiyi i upravlinnya zmishanymy perevezennyamy masovykh vantazhiv za uchastyu flotu* [Development of the theoretical foundations of the organization and management of mixed transportation of bulk cargo with the participation of the fleet] (DT Thesis), – Kharkiv: UDUZT.
7. Vyshnevsky D.O. (2016) *Metodychni osnovy orhanizatsiyi roboty universal'nykh suden na mizhnarodnykh liniyakh* [Methodical bases of the organization of work of universal vessels on international lines] (PhD Thesis), – Odesa : ONMU.

8. Kirillov Yu.I. (2013) *Orhanizatsiya ta upravlinnya robotoyu suden v konteynerniy transportno-tekhnologichniy systemi* [Organization and management of the work of vessels in the container transport and technological system] [Orhanizatsiya ta upravlinnya robotoyu suden v konteynerniy transportno-tekhnologichniy systemi] (PhD Thesis), – Odesa: ONMU.
9. Drozhzhyn O. (2016) Containership Traffic Optimization on Feeder Shipping Line. *Transport and Telecommunication Journal*, vol. 17(4), pp. 314–321. Retrieved from: <https://doi.org/10.1515/ttj-2016-0028>
10. Drozhzhyn O., Koskina Y. (2021) The Model of Container Feeder Line Organization Focused on the Nature and Parameters of External Container Flows. *Communications – Scientific Letters of the University of Zilina*. vol. 23(2). pp. 94–102. Retrieved from: <https://doi.org/10.26552/com.C.2021.2.A94-A102>