

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РОЗВИТОК ТРАНСПОРТУ

Науковий журнал

ВИПУСК 3(10), 2021

Заснований у жовтні 2016 року



Видавничий дім
«Гельветика»
2021

ОДЕСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РОЗВИТОК ТРАНСПОРТУ

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№ 3(10)
2021

Заснований у жовтні 2016 року

Виходить 4 рази на рік

Свідоцтво Міністерства юстиції України
про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 22494-12394 ПР від 04.10.2016 р.

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України № 1188 від 24.09.2020 р.
(додаток 5) журнал внесений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі економічних та технічних наук (051 – Економіка, 073 – Менеджмент, 133 – Галузеве машинобудування, 271 – Річковий та морський транспорт, 275 – Транспортні технології (за видами)).

Засновник:
Одеський національний морський університет
Україна, 65029, м. Одеса, вул. Мечникова, 34

Редакційна колегія:

Головний редактор – д.т.н., проф. *Руденко С.В.*
Заступник головного редактора – к.т.н., доц. *Немчук О.О.*
Відповідальний секретар – к.е.н., доц. *Мельников С.В.*

Члени редакційної колегії:

д.т.н., проф. *Варбанець Р.А.*, ОНМУ;
д.т.н., проф. *Дубровський М.П.*, ОНМУ;
д.т.н., проф. *Єзупов К.В.*, ОНМУ;
д.е.н., проф. *Постан М.Я.*, ОНМУ;
д.е.н., проф. *Ланкіна І.О.*, ОНМУ;

д.т.н., проф. *Пітерська В.М.*, ОНМУ;
д.т.н., проф. *Шахов А.В.*, ОНМУ;
д.т.н., доц. *Кириллова О.В.*, ОНМУ;
Філіна-Давідович Л.С., PhD, DSc,
Західнопоморський технологічний
університет у Щецині, Польща.

Рекомендовано до друку Вченою радою
Одеського національного морського університету
(протокол № 9 від 28 квітня 2021 р.)

Відповідальність за достовірність фактів, цитат, власних імен, географічних назв, назв підприємств, організацій, установ та іншої інформації несуть автори статей.

Висловлені у цих статтях думки можуть не збігатися з точкою зору редакційної колегії, не покладають на неї ніяких зобов'язань.
Передруки і переклади дозволяються лише за згодою автора та редакції.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE

ODESSA
NATIONAL MARITIME UNIVERSITY

TRANSPORT DEVELOPMENT

Scientific journal

ISSUE 3(10), 2021

Founded in October 2016



Publishing House
"Helvetica"
2021

ODESSA
NATIONAL MARITIME UNIVERSITY
TRANSPORT DEVELOPMENT
SCIENTIFIC JOURNAL

№ 3(10)
2021

Founded in October 2016

Frequency: four times a year

Certificate of state registration of the print media issued by the Ministry of Justice of Ukraine
Series KB № 22494-12394 IIP dated 04.10.2016

Pursuant to the Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine № 1188
dated 24.09.2020 (Appendix 5), the journal is included in the List of scientific professional
publications of Ukraine (category "B") in the field of economic and technical sciences
(051 – Economics, 073 – Management, 133 – Industry engineering,
271 – River and sea transport, 275 – Transport technologies (by type).

Founder:

Odessa National Maritime University
Ukraine, 65029, Odesa, 34 Mechnykova St.

Editorial Board:

Editor-in Chief: Doctor of Engineering, Professor *Rudenko S.V.*
Deputy Editor-in Chief: PhD in Engineering, Associate Professor *Nemchuk O.O.*
Executive Secretary: PhD in Economics, Associate Professor *Melnykov S.V.*

Editorial Board Members:

Doctor of Engineering, Prof. <i>Varbanets R.A.</i> , ONMU;	Doctor of Engineering, Prof. <i>Piterska V.M.</i> , ONMU;
Doctor of Engineering, Prof. <i>Dubrovskiy M.P.</i> , ONMU;	Doctor of Engineering, Prof. <i>Shakhov A.V.</i> , ONMU;
Doctor of Engineering, Prof. <i>Yehupov K.V.</i> , ONMU;	Doctor of Engineering, Associate Professor <i>Kirillova O.V.</i> , ONMU;
Doctor of Engineering, Prof. <i>Postan M.Ia.</i> , ONMU;	<i>Filina-Davidovych L.S.</i> , PhD, DSc, West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Poland.
Doctor of Engineering, Prof. <i>Lapkina I.O.</i> , ONMU;	

Recommended for printing by the Academic Council of Odessa National Maritime University
(Minutes No 9 dated April 28, 2021)

Authors are responsible for the reliability of facts, quotes, proper names, geographical names,
names of enterprises, organizations, institutions and other information.

The Editorial Board may not share the authors' opinion
and assumes no responsibility for the content of manuscripts.

Reprinting and translation are allowed with the consent of author and editors.

The articles were checked for plagiarism using the software StrikePlagiarism.com
developed by the Polish company Plagiat.pl.

ISSN 2616-7360

© Odessa National Maritime University, 2021

З М І С Т

ЕКОНОМІКА

С.В. Мельников

Конкуренція за Курно та Бертраном в умовах просторової дуополії
з асиметричними ринками.....7

МЕНЕДЖМЕНТ

Т.А. Ковтун, Д.К. Ковтун

Екологістичний продукт як результат екологізації логістичної діяльності.....19

РІЧКОВИЙ ТА МОРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ

О.М. Shumylo, O.G. Kupraty

Rotor sails as a perspective ship power plant.....30

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)

Ю.О. Казмиренко, О.В. Дрозд

Синергетичний підхід до інформаційного забезпечення завантаженості суден
на припортових залізницях.....52

N.O. Luzhanska, I.H. Lebid, I.N. Kravchenya, M.G. Pitsyk

Evaluation of freight customs complexes' service usage expedience
in international road transportation.....61

І.А. Шльончак, О.Ю. Лук'яненко

Формування альтернативних стратегій управління виробничими процесами
автотранспортного підприємства.....71

C O N T E N T S

ECONOMY

S.V. Melnikov
Cournot and Bertrand competition under spatial duopoly
with asymmetric markets.....7

MANAGEMENT

T.A. Kovtun, D.K. Kovtun
Environmental product as a result of greening logistics activities.....19

RIVER AND SEA TRANSPORT

O.M. Shumylo, O.G. Kupraty
Rotor sails as a perspective ship power plant.....30

TRANSPORT TECHNOLOGIES (BY TYPE)

Yu.O. Kazymyrenko, O.V. Drozd
Synergy approach to information support of vessel loading
at port-port railway stations.....52

N.O. Luzhanska, I.H. Lebid, I.N. Kravchenya, M.G. Pitsyk
Evaluation of freight customs complexes' service usage expedience
in international road transportation.....61

I.A. Shlionchak, O.Yu. Lukianchenko
Formation of alternative management strategies manufacturing processes
of motor transport enterprises.....71

ЕКОНОМІКА

УДК 519.865:338.518

DOI

КОНКУРЕНЦІЯ ЗА КУРНО ТА БЕРТРАНОМ В УМОВАХ ПРОСТОРОВОЇ ДУОПОЛІЇ З АСИМЕТРИЧНИМИ РИНКАМИ

С.В. Мельников

к.е.н., доцент, доцент кафедри підприємництва і туризму,
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-2627-9463

Анотація

Вступ. Після появи знаменитих робіт Курно і Бертрана економісти ось уже більше ста років порівнюють між собою переваги кількісної (за Курно) та цінової (за Бертраном) конкуренції. У класичній моделі дуополії цінова конкуренція знижує ціни до рівня граничних витрат (парадокс Бертрана). Споживачі від цього виграють, а фірми отримують мінімальний прибуток. Тому в рамках класичної моделі фірми вважають за краще кількісну конкуренцію. Подолати парадокс Бертрана можливо за умови введення в модель інших характеристик реальних ринків, а саме: продуктової диференціації, динамічної взаємодії фірм, обмеження виробничих потужностей, просторового розташування фірм, тощо. **Метою** роботи є аналіз моделі просторової дуополії [Liang, W.J., Hwang, H., & Mai, C.C., (2006). *Spatial discrimination: Bertrand vs. Cournot with asymmetric demands. Regional Science and Urban Economics*, 36, 790–802] в умовах однорідної продукції, асиметрії розмірів ринків та транспортної монополії. З метою максимізації прибутку фірми спочатку вибирають місце розташування, а потім вид конкуренції – за Курно або Бертраном. У роботі проведено порівняльний аналіз місць розташування, прибутків, споживчих надлишків і суспільного добробуту в залежності від асиметрії ринків і видів конкуренції. **Результати.** Отримано, що в стані рівноваги фірми завжди будуть вибирати різні ринки, незалежно від виду конкуренції і рівня асиметрії ринків. При відносно малій асиметрії ринків фірми виберуть конкуренцію за Курно. З ростом асиметрії ринків між фірмами виникне конкуренція за Бертраном-Курно, коли одна фірма оголошує ціну, а інша – обсяг постачань. Конкуренція за Бертраном-Курно призведе до результату конкуренції за Бертраном. **Висновки.** У роботі показано, що споживчі надлишки і суспільний добробут завжди вище при конкуренції за Бертраном, незалежно від асиметрії ринків. Це означає, що інтереси фірм і споживачів збігаються у виборі оптимальних місць розташування фірм. Проте вибір виду конкуренції при відносно низькому рівні асиметрії розмірів ринків може відрізнятися.

Ключові слова: просторова дуополія, асиметрія ринків, кількісна та цінова конкуренція, транспортна монополія.

COURNOT AND BERTRAND COMPETITION UNDER SPATIAL DUOPOLY
WITH ASYMMETRIC MARKETS

S.V. Melnikov

PhD, Associate Professor, Associate Professor
at the Department of Entrepreneurship & Tourism,
Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-2627-9463

Summary

Introduction. After the famous works of Cournot and Bertrand, economists have been comparing the advantages of quantitative (Cournot) and price (Bertrand) competition for more than a century. In the classical duopoly model, price competition drives prices down to the marginal cost level (Bertrand's paradox). Consumers will benefit from this, while firms receive minimal profits. Therefore, within the framework of the classical model, firms prefer quantitative competition. It is possible to overcome the Bertrand paradox if other characteristics of real markets are introduced into the model, namely: product differentiation, dynamic interaction of firms, limitation of production capacities, spatial location of firms, etc. **The purpose** of this paper is to analyze the spatial duopoly model [Liang, W.J., Hwang, H., & Mai, C.C. (2006). Spatial discrimination: Bertrand vs. Cournot with asymmetric demands. *Regional Science and Urban Economics*, 36, 790-802] under conditions of homogeneous product, asymmetric markets and transport monopoly. In order to maximize profits, firms first select a location and then the type of competition – Cournot or Bertrand. The paper provides a comparative analysis of locations, profits, consumer surplus and social welfare depending on the markets asymmetry and types of competition. **Results.** In a state of equilibrium, firms will always choose different markets, regardless of the type of competition and the level of markets asymmetry. Under small market asymmetry, firms will choose Cournot competition. With increasing market asymmetry, there will be Bertrand-Cournot competition between firms, when one firm announces the price and the other – the volume of supply. Bertrand-Cournot competition will lead to the result of Bertrand competition. **Conclusions.** The paper shows that consumer surplus and public welfare are always higher in Bertrand competition, regardless of the markets asymmetry. This means that the interests of firms and consumers coincide when choosing the optimal locations for firms. However, the choice of the competition type for a relatively low level of markets size asymmetry may differ.

Key words: spatial duopoly, markets asymmetry, quantitative and price competition, transport monopoly.

1. Вступ та постановка проблеми

У класичній моделі дуополії цінова конкуренція (за Бертраном) призводить до зниження цін до рівня граничних витрат (парадокс Бертрана). Споживачі від цього виграють, а фірми отримують мінімальний прибуток. Тому в рамках класичної моделі фірми вважають за краще кількісну конкуренцію (за Курно). Введення в модель інших характеристик реальних ринків дозволяє подолати парадокс Бертрана і розширити аналіз. Наприклад, в [1] показано, що при продуктової диференціації рівноважні за Бертраном ціни перевищують граничні витрати. У цьому

випадку фірми вибирають конкуренцію за Курно тільки при взаємозамінності, а при взаємодоповнюваності їм вже вигідна конкуренція за Бертраном. При цьому для споживачів конкуренція за Бертраном вигідна незалежно від виду продуктової диференціації.

Ще одним напрямком є дослідження впливу виду конкуренції на процеси агломерації і дисперсії фірм в просторових моделях [2-6]. Отримано, що при ціновій конкуренції фірми будуть прагнути до максимальної дисперсії для подолання парадоксу Бертрана. При кількісній конкуренції розташування фірм істотно залежить від транспортних витрат. Низькі транспортні витрати стимулюють фірми агломеруватись і продавати на всіх ринках. При високих транспортних витратах фірмам вигідно монополізувати найближчий ринок і мінімізувати поставки на сусідні ринки.

Подальші дослідження пов'язані з урахуванням в просторових моделях продуктової диференціації [7] та асиметрії розмірів ринків [8]. В [7] показано, що взаємозамінність (взаємодоповнюваність) продуктів підсилює прагнення фірм до дисперсії (агломерації). Урахування асиметрії розмірів ринків в [8] призвело до зворотних від [1] результатів. Отримано, що при досить високій асиметрії ринків фірмам може бути вигідна цінова, а споживачам – кількісна конкуренція.

Відзначимо, що в [8] просторова дуополія аналізується при незмінному транспортному тарифові. Проте, в загальному випадку тарифи можуть бути різними. Наприклад, транспортні тарифи можуть відрізнятися за напрямками через асиметрію розмірів ринків [9] або цінову дискримінацію транспортної компанії [10]. **Метою даної роботи** є аналіз рівноваг у просторовій дуополії [8] в умовах транспортної монополії.

2. Модель

Два ринки розташовані на кінцях лінії одиничної довжини. Між ринками існує асиметрія – розмір ринку з лівого боку (L) перевищує розмір ринку з правого боку (S). На лінії конкурують дві фірми з індексами i та j , $i, j = 1, 2$, $i \neq j$. На обох ринках фірми продають однорідну продукцію, арбітраж між споживачами виключений. Відстань i -ї фірми до L -ринку дорівнює x_i . Кожна фірма несе транспортні витрати на постачання одиниці продукції на одиницю відстані. Доставку продуктів здійснює транспортна монополія. Мета всіх учасників – максимізація свого прибутку.

В роботі [8] ця модель аналізується при обмеженні на взаємне розташування фірм ($x_i \leq x_j$), як на рис. 1.

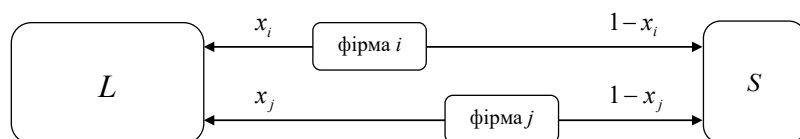


Рис. 1. Модель просторової дуополії. Джерело: [8]

У випадку симетрії ринків таке обмеження має сенс, тому що спрощує аналіз і не порушує загальності результатів. Проте в умовах асиметрії ринків близькість до більшого ринку дає конкурентну перевагу. Тому в нашій моделі відсутні обмеження на взаємне розташування фірм.

Для побудови функцій попиту і споживчих надлишків скористаємося квадратичною функцією корисності [1]:

$$U^L = q_i^L + q_j^L - \frac{(q_i^L)^2 + 2 \cdot q_i^L \cdot q_j^L + (q_j^L)^2}{2 \cdot \gamma},$$

$$U^S = q_i^S + q_j^S - \frac{(q_i^S)^2 + 2 \cdot q_i^S \cdot q_j^S + (q_j^S)^2}{2},$$

де q_i^L, q_i^S – обсяги пропозиції i -ї фірми на L і S ринках відповідно, $\gamma > 1$ – коефіцієнт асиметрії ринків.

Цільові функції споживачів на ринках:

$$U^L - p_i \cdot q_i^L - p_j \cdot q_j^L \rightarrow \max_{q_i^L, q_j^L}, \quad U^S - p_i \cdot q_i^S - p_j \cdot q_j^S \rightarrow \max_{q_i^S, q_j^S}, \quad (1)$$

де p_i, p_j – ціни на продукцію фірм.

З умов першого порядку для функцій (1), знаходимо функції попиту:

$$p_i^L = 1 - (q_i^L + q_j^L)/\gamma, \quad p_i^S = 1 - q_i^S - q_j^S. \quad (2)$$

Підставляючи функції попиту (2) в цільові функції (1), отримуємо формули надлишків споживачів:

$$CS^L = U^L - p_i^L \cdot q_i^L - p_j^L \cdot q_j^L = \frac{(q_i^L + q_j^L)^2}{2 \cdot \gamma}, \quad (3)$$

$$CS^S = U^S - p_i^S \cdot q_i^S - p_j^S \cdot q_j^S = \frac{(q_i^S + q_j^S)^2}{2}.$$

Прийmemo, що фірми покривають обидва ринки, тобто $q_i^L > 0, q_i^S > 0$. Прибуток i -ї фірми на обох ринках:

$$F_i = q_i^L \cdot (p_i^L - t \cdot x_i) + q_i^S \cdot (p_i^S - t \cdot (1 - x_i)) \rightarrow \max_{x_i, q_i^L, q_i^S}.$$

Конкурентна гра складається з двох етапів. На першому етапі фірми одночасно вибирають своє місце розташування. На другому етапі, з огляду на рішення про місце розташування, фірми одночасно вибирають свої обсяги пропозиції (ціни) при конкуренції за Курно (Бертраном). Рівновага моделі знаходиться за допомогою методу зворотної індукції.

3. Конкуренція за Курно

Згідно методу зворотної індукції, починаємо з другого етапу. З умов оптимальності першого порядку отримуємо криві реакції фірм:

$$q_i^L = \frac{\gamma - q_j^L - \gamma \cdot t \cdot x_i}{2}, \quad q_i^S = \frac{1 - q_j^S - t \cdot (1 - x_i)}{2}, \quad (4)$$

умови другого порядку: $\partial^2 F_i^L / \partial (q_i^L)^2 = -2/\gamma < 0, \partial^2 F_i^S / \partial (q_i^S)^2 = -2 < 0$.

Вирішуючи системи рівнянь (4), знаходимо оптимальні обсяги пропозицій:

$$q_i^L = \gamma \cdot \frac{1 - 2 \cdot t \cdot x_i + t \cdot x_j}{3}, \quad q_i^S = \frac{1 - 2 \cdot t \cdot (1 - x_i) + t \cdot (1 - x_j)}{3}. \quad (5)$$

Умови покриття ринків:

$$q_i^L > 0 \Leftrightarrow t < t^{\text{cov}} = \frac{1}{2 \cdot x_i - x_j}, \quad q_i^S > 0 \Leftrightarrow t < t^{\text{cov}} = \frac{1}{2 \cdot (1 - x_i) - (1 - x_j)}. \quad (6)$$

Оптимальний прибуток:

$$F_i^C = (q_i^L)^2 / \gamma + (q_i^S)^2. \quad (7)$$

На першому етапі фірми оптимізують своє місце розташування при даному місці розташування конкурента. З умови другого порядку (8) випливає, що функція прибутку (7) строго опукла вниз за місцем розташування:

$$\frac{\partial^2 F_i^C}{\partial x_i^2} = \frac{8 \cdot t^2 \cdot (\gamma + 1)}{9} > 0. \quad (8)$$

Таким чином, в стані рівноваги фірми будуть розташовуватися тільки на ринках, незалежно від рівня транспортних тарифів. Всього можливі чотири варіанти рівноважного розташування фірм (x_i, x_j) : агломерація $(0, 0)$, $(1, 1)$, та дисперсія $(0, 1)$, $(1, 0)$.

Знаючи рівноважні розташування фірм, ми можемо завершити аналіз умов покриття ринків (6). У випадку агломерації фірми зможуть поставити товар на сусідній ринок за умови:

$$q_i^L(1, 1) = \gamma \cdot \frac{1-t}{3} > 0, \quad q_i^S(0, 0) = \frac{1-t}{3} > 0 \quad \Leftrightarrow \quad t < t^{\text{cov}} = 1. \quad (9)$$

У випадку дисперсії фірми зможуть поставити товар на сусідній ринок за умови:

$$q_i^L(1, 0) = \gamma \cdot \frac{1-2 \cdot t}{3} > 0, \quad q_i^S(0, 1) = \frac{1-2 \cdot t}{3} > 0 \quad \Leftrightarrow \quad t < t^{\text{cov}} = 1/2. \quad (10)$$

З (9)-(10) випливає, що при дисперсії фірми більш чутливі до зміни транспортного тарифу через присутність конкурента на ринку поставки.

Прибуток транспортної монополії:

$$F^T = t \cdot (x_i \cdot q_i^L + x_j \cdot q_j^L + (1-x_i) \cdot q_i^S + (1-x_j) \cdot q_j^S) \rightarrow \max. \quad (11)$$

Вирази (5) є функціями попиту фірм на транспортні послуги. Підставляємо вирази (5) в функцію прибутку (11), і з умови першого порядку знаходимо монопольний транспортний тариф:

$$t^m = \frac{1}{4} \cdot \frac{2 + (x_i + x_j) \cdot (\gamma - 1)}{(x_i^2 - x_i \cdot x_j + x_j^2) \cdot (\gamma + 1) + 1 - x_i - x_j},$$

умова другого порядку:

$$\frac{\partial^2 F^T}{\partial t^2} = -\frac{4}{3} \cdot [(x_i^2 - x_i \cdot x_j + x_j^2) \cdot (\gamma + 1) + 1 - x_i - x_j] < 0.$$

Графік монопольного транспортного тарифу як функції розташування фірм при асиметрії ринків $\gamma = 2$ представлений на рис. 2.

З рис. 2 бачимо, що транспортна монополія дискримінує фірми за їх взаємним розташуванням. У випадку невеликої асиметрії тариф приймає максимальне значення при центральній агломерації фірм. Зі збільшенням рівня асиметрії максимальне значення тарифу буде зростати і зміщуватися від центру до L -ринку уздовж лінії агломерації фірм.

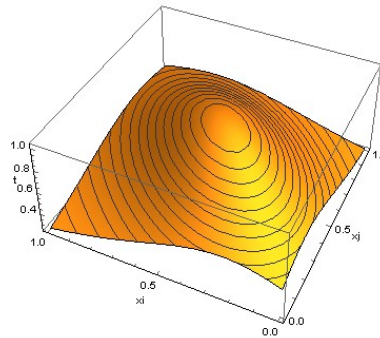


Рис. 2. Залежність монопольного транспортного тарифу від розташування фірм при $\gamma = 2$. Джерело: власна розробка

При кутових місцях розташування фірм транспортний тариф інваріантний щодо асиметрії ринків:

$$t^m(0, 1) = t^m(1, 0) = 1/4, \quad t^m(0, 0) = t^m(1, 1) = 1/2. \quad (12)$$

На першому етапі конкурентну взаємодію фірм можна описати у вигляді біматричної гри (табл. 1).

Табл. 1

Матриця гри на першому етапі

$i \backslash j$	L-ринок	S-ринок
L-ринок	$F_i^C(0, 0), F_j^C(0, 0)$	$F_i^C(0, 1), F_j^C(0, 1)$
S-ринок	$F_i^C(1, 0), F_j^C(1, 0)$	$F_i^C(1, 1), F_j^C(1, 1)$

В силу симетричності фірм виконуються такі співвідношення:

$$F_i^C(0, 0) = F_j^C(0, 0), \quad F_i^C(1, 1) = F_j^C(1, 1), \quad F_i^C(0, 1) = F_j^C(1, 0), \quad F_i^C(1, 0) = F_j^C(0, 1).$$

Приймемо, що фірмам відомі транспортні тарифи (12). В цьому випадку матриця гри на першому етапі виглядає наступним чином (табл. 2):

Табл. 2

Платіжна матриця гри на першому етапі

$i \backslash j$	L-ринок	S-ринок
L-ринок	$\frac{16 \cdot \gamma + 4}{144}, \frac{16 \cdot \gamma + 4}{144}$	$\frac{25 \cdot \gamma + 4}{144}, \frac{4 \cdot \gamma + 25}{144}$
S-ринок	$\frac{4 \cdot \gamma + 25}{144}, \frac{25 \cdot \gamma + 4}{144}$	$\frac{4 \cdot \gamma + 16}{144}, \frac{4 \cdot \gamma + 16}{144}$

Для пошуку рівноважних станів порівняємо прибутки i -ї фірми:

$$\begin{cases} F_i^C(0, 1) > F_i^C(1, 0) \geq F_i^C(0, 0) > F_i^C(1, 1), & 1 < \gamma \leq 1,75 \\ F_i^C(0, 1) > F_i^C(0, 0) > F_i^C(1, 0) > F_i^C(1, 1), & \gamma > 1,75. \end{cases}$$

Динаміка прибутків i -ї фірми за різних місць розташування представлена на рис. 3.

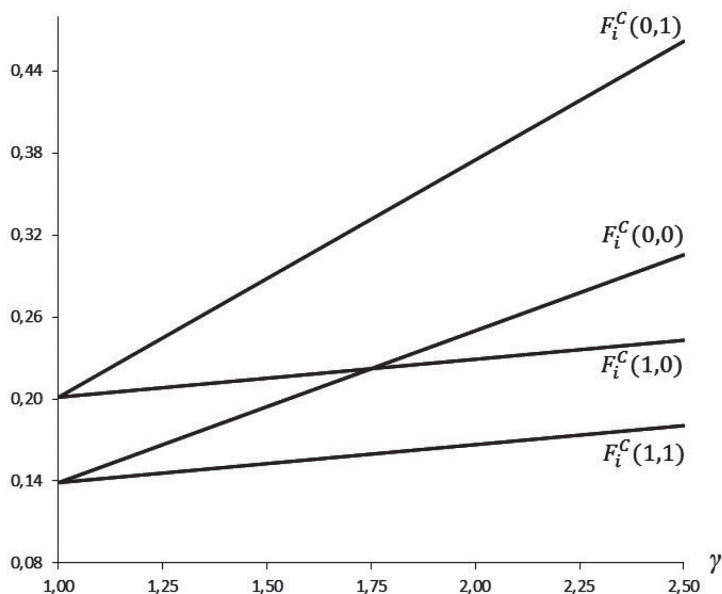


Рис. 3. Рівноважні прибутки i -ї фірми при конкуренції за Курно
Джерело: власна розробка

З рис. 3 випливає, що оптимальним для i -ї фірми є варіант, коли вона розташовується на L -ринку, а конкурент на S -ринку. Цей результат обумовлений дією ефектів конкуренції та асиметрії. Ефект конкуренції відштовхує фірми, а ефект асиметрії притягує обидві фірми на L -ринок.

Рівноваги в грі залежать від рівня асиметрії ринків.

При $\gamma \leq 1,75$ ефект конкуренції домінує над ефектом асиметрії і i -ї фірмі навіть вигідніше окремо розташуватися на S -ринку, ніж агломеруватися на L -ринку. У цій ситуації в грі виникають дві рівноваги Неша в чистих стратегіях, в яких одна з фірм розташовується на L -ринку, а інша на S -ринку. При цьому рівноваги нерівноцінні і L -ринок має пріоритет.

При $\gamma > 1,75$ вплив ефекту асиметрії домінує над впливом ефекту конкуренції. У цій ситуації агломерація на L -ринку є єдиною рівновагою Неша в чистих стратегіях, тому що фірми виберуть L -ринок при будь-якому рішенні конкурента.

4. Конкуренція за Бертраном

З (2) виводимо функції попиту на кожному ринку:

$$Q^L = \gamma \cdot (1 - p^L), \quad Q^S = 1 - p^S, \quad (13)$$

де Q^L, Q^S – агрегований ринковий попит.

Через однорідність продукції на кожному ринку встановиться єдина ціна. Якщо на ринку присутні обидві фірми, то цінова конкуренція призведе до зниження цін до рівня граничних витрат і фірми отримають нульовий прибуток (парадокс Бертрана). У цій ситуації, як показано в [8], фірми будуть прагнути зайняти найближчий ринок і створити бар'єр входу для конкурента. З цією метою фірми встановлять ціну трохи нижче транспортних витрат конкурента на одиницю продукції. В результаті, фірми будуть продавати продукцію тільки на своєму ринку, і транспортування продукції повністю припиниться. Це є ще одним наслідком (поряд з нульовим прибутком фірм) парадоксу Бертрана в просторовій моделі дуополії.

Цікаво, що після захоплення прилеглого ринку фірми не можуть дозволити собі монопольне ціноутворення. Постійно перебуваючи під загрозою входу конкурента, фірми змушені встановлювати ціну на рівні транспортних витрат конкурента.

При конкуренції за Курно досить висока асиметрія «притягує» обидві фірми на *L*-ринок, тому що вигоди від розміру ринку перевищують втрати від конкуренції. При конкуренції за Бертраном асиметрія ринків не впливає на рівноважне розташування фірм. Збільшення асиметрії не «притягне» конкурента на *L*-ринок, так як це призведе у підсумку до нульового прибутку обох фірм.

Таким чином, при конкуренції за Бертраном можливі два стани рівноваги Неша в чистих стратегіях (табл. 3).

Табл. 3

Стани рівноваги при конкуренції за Бертраном

$i \backslash j$	<i>L</i> -ринок	<i>S</i> -ринок
<i>L</i> -ринок	$F_i^B(0, 0) = F_j^B(0, 0) = 0$	$F_i^B(0, 1) > F_j^B(0, 1) > 0$
<i>S</i> -ринок	$0 < F_i^B(1, 0) < F_j^B(1, 0)$	$F_i^B(1, 1) = F_j^B(1, 1) = 0$

Приймемо, що *i*-а фірма зайняла *L*-ринок, а *j*-а фірма *S*-ринок. Також приймемо, що транспортна компанія не дискримінує фірми за видом конкуренції та встановлює тарифи за формулою (12). У цих умовах рівноважні прибутки фірм при конкуренції за Бертраном:

$$F_i^B(0, 1) = Q^L \cdot (p^L - t \cdot x_i) = \gamma \cdot (1 - t \cdot x_j) \cdot (t \cdot x_j - t \cdot x_i) = \gamma \cdot t \cdot (1 - t) = 3 \cdot \gamma / 16,$$

$$F_j^B(0, 1) = Q^S \cdot (p^S - t \cdot (1 - x_j)) = (1 - t \cdot (1 - x_i)) \cdot (t \cdot (1 - x_i) - t \cdot (1 - x_j)) = t \cdot (1 - t) = 3/16$$

5. Порівняльний аналіз рівноваг

У цьому розділі проводиться порівняльний аналіз прибутків, споживчих надлишків і суспільного добробуту за різних видів конкуренції. Приймемо, що *i*-а фірма знаходиться з лівого боку від *j*-ї фірми.

Оптимальний для фірм вид конкуренції залежить від рівня асиметрії ринків. При $\gamma \leq 1,75$ обидві фірми виберуть конкуренцію за Курно:

$$F_i^C(0, 1) - F_i^B(0, 1) = \frac{2 - \gamma}{72} > 0, \quad F_j^C(0, 1) - F_j^B(0, 1) = \frac{2 \cdot \gamma - 1}{72} > 0.$$

При $\gamma > 1,75$ *i*-а фірма вибере конкуренцію за Бертраном, а *j*-а фірма вибере конкуренцію за Курно:

$$F_i^C(0,0) - F_i^B(0,1) = \frac{4 - 11 \cdot \gamma}{144} < 0, \quad F_j^C(0,0) - F_j^B(0,1) = \frac{16 \cdot \gamma - 23}{144} > 0.$$

В результаті виникне конкуренція за Бертраном-Курно [11], коли i -а фірма оголошує ціну, а j -а фірма оголошує обсяг поставок.

З (2) випливає, що при конкуренції за Бертраном-Курно, як і при конкуренції за Бертраном, на кожному ринку встановиться єдина ціна. В ході конкурентної боротьби за ринки i -а фірма буде знижувати ціни, а j -а фірма буде нарощувати обсяги поставок. В результаті обидві фірми отримають нульовий прибуток. Таким чином, конкуренція за Бертраном-Курно призведе до результатів конкуренції за Бертраном:

$$F_i^{B-C} = F_i^B, \quad F_j^{B-C} = F_j^B.$$

Залежність рівноважних прибутків фірм від рівня асиметрії розмірів ринків показана на рис. 4.

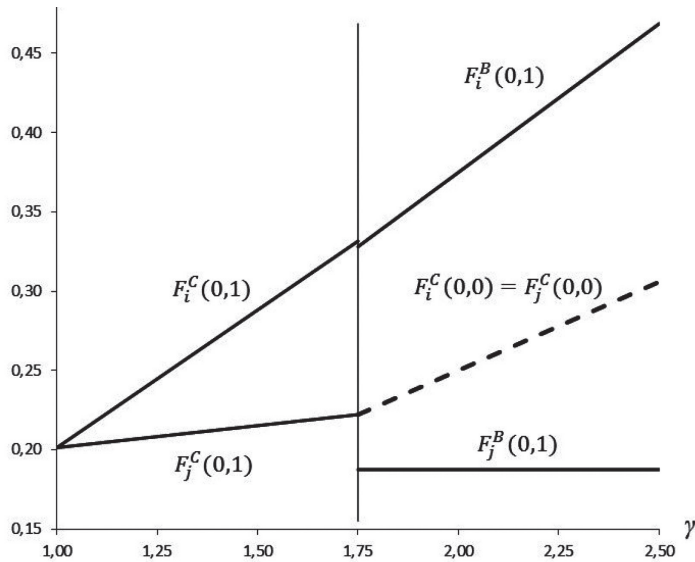


Рис. 4. Залежність рівноважних прибутків фірм від асиметрії ринків
Джерело: власна розробка

При невеликій асиметрії ринків ($\gamma \leq 1,75$), j -й фірмі вигідно розташуватися окремо на S-ринку і конкурувати за Курно. З ростом асиметрії ($\gamma > 1,75$) j -а фірма може збільшити свій прибуток (штрихова лінія) шляхом агломерації на L-ринку. Проте, в цьому випадку прибуток i -й фірми знизиться до рівня прибутку j -й фірми. Щоб не допустити цього, i -а фірма розв'язує цінову війну і блокує вхід на L-ринок. В результаті i -а фірма отримує монопольний надприбуток, а прибуток j -й фірми спуститься нижче рівня прибутку, який отримують фірми за відсутності асиметрії.

Значимо, що в моделі з відсутністю простору [1], у випадку повної взаємозамінності (однорідності) продукції, фірми завжди вибирають конкуренцію за Курно. Нами отримано, що в просторовій моделі з асиметричними ринками, фірми, при досить високій асиметрії, виберуть конкуренцію за Бертраном.

На основі отриманих результатів знайдемо споживчі надлишки при можливих станах рівноваги і місцях розташування фірм (14). Верхній індекс вказує на ринок, а нижній – на вид конкуренції.

$$CS_C^L(0, 1) = 49 \cdot \gamma / 288, \quad CS_C^S(0, 1) = 49 / 288, \quad CS_C^L(0, 0) = 2 \cdot \gamma / 9, \quad (14)$$

$$CS_C^S(0, 0) = 1 / 18, \quad CS_B^L(0, 1) = 9 \cdot \gamma / 32, \quad CS_B^S(0, 1) = 9 / 32.$$

Динаміка надлишків споживачів представлена на рис. 5.

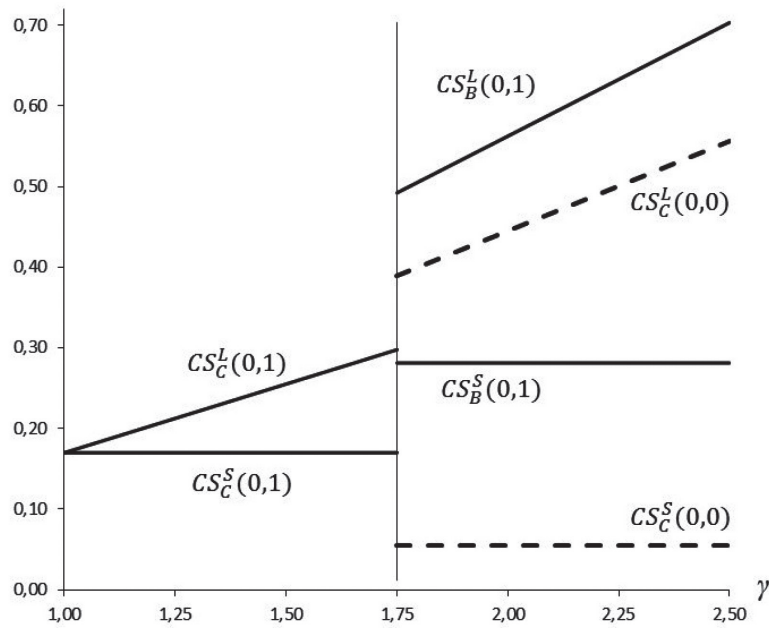


Рис. 5. Залежність надлишків споживачів від асиметрії ринків
Джерело: власна розробка

З рис. 5 бачимо, що споживачам, за однорідної продукції, завжди вигідна цінова конкуренція, незалежно від рівня асиметрії ринків.

Визначимо суспільний добробут (15), як суму надлишків споживачів і фірм. У даній моделі надлишки фірм дорівнюють їх прибутку.

$$W^C(0, 1) = \frac{107 \cdot (\gamma + 1)}{288}, \quad W^C(0, 0) = \frac{4 \cdot \gamma + 1}{9}, \quad W^B(0, 1) = \frac{15 \cdot (\gamma + 1)}{32}. \quad (15)$$

Порівняємо суспільний добробут за різних видів конкуренції і станах рівноваги:

$$\begin{cases} W^B(0, 1) > W^C(0, 1) \geq W^C(0, 0), & 1 < \gamma \leq 25/7 \\ W^B(0, 1) > W^C(0, 0) > W^C(0, 1), & \gamma > 25/7. \end{cases}$$

В [8] отримано, що конкуренція за Курно може призводити до більшого суспільного добробуту при високому рівні транспортного тарифу та асиметрії ринків. Ми отримали, що в умовах транспортної монополії суспільний добробут завжди вищий при конкуренції за Бертраном, незалежно від асиметрії ринків.

6. Висновки і перспективи подальших досліджень

У роботі обґрунтовуються оптимальні стратегії фірм з вибору місця розташування і виду конкуренції в умовах однорідної продукції, асиметрії розмірів ринків та транспортної монополії. З цією метою визначаються і порівнюються відповідні стани рівноваги при конкуренції за Курно та Бертраном.

1. Доведено, що при конкуренції за Курно фірми прагнуть до дисперсії при відносно малій асиметрії ринків, і до агломерації при зростанні асиметрії. При конкуренції за Бертраном фірми завжди прагнуть до дисперсії, незалежно від рівня асиметрії.

2. Знайдено рівень асиметрії розмірів ринків, при перевищенні якого виникне новий вид конкуренції – за Бертраном-Курно. В роботі показано, що внаслідок однорідності продукції, конкуренція за Бертраном-Курно призведе до результату конкуренції за Бертраном.

3. Показано, що транспортна монополія дискримінує фірми за їх взаємним розташуванням. У випадку невеликої асиметрії ринків тариф приймає максимальне значення при центральній агломерації фірм. Зі збільшенням рівня асиметрії максимальне значення тарифу буде зростати і зміщуватись від центру до більшого ринку уздовж лінії агломерації фірм. Доведено, що при рівноважних місцях розташування фірм монопольний транспортний тариф інваріантний відносно асиметрії ринків.

4. У стані рівноваги фірми завжди виберуть різні ринки, незалежно від виду конкуренції і рівня асиметрії ринків. Вибір оптимального виду конкуренції залежить від асиметрії ринку. При відносно малій асиметрії фірми вибирають конкуренцію за Курно, з ростом асиметрії – конкуренцію за Бертраном.

5. У роботі [8] доводиться, що суспільний добробут вище при конкуренції за Курно у випадку високого рівня асиметрії ринків і транспортного тарифу. Нами отримано, що в умовах транспортної монополії суспільний добробут завжди вище при конкуренції за Бертраном, незалежно від асиметрії ринків.

Подальші дослідження пов'язані з урахуванням впливу інформаційної асиметрії на оптимальні та рівноважні рішення фірм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Singh N., Vives X. Price and quantity competition in a differentiated duopoly. *Rand Journal of Economics*. 1984. № 15. pp. 546–554.
2. Anderson S., Neven D. Cournot Competition Yields Spatial Agglomeration. *International Economic Review*. 1991. V. 32. № 4. pp. 793–808.
3. Hamilton J., Thisse J.-F., Weskamp A. Spatial discrimination, Bertrand vs. Cournot in a model of location choice. *Regional Science and Urban Economics*. 1989. № 19. pp. 87–102.
4. Hamilton J., Klein J., Sheshinski E., Slutsky S. Quantity Competition in a Spatial Model. *The Canadian Journal of Economics*. 1994. V. 27. № 4. pp. 903–917.
5. Melnikov S. Cournot Competition Yields Spatial Dispersion. *Transport Development*. 2020. V. 1. № 4. pp. 57–70.
6. Melnikov S.V. Stackelberg-Nash Equilibrium in the Linear City Model. *Automation Remote Control*. 2020. № 81. pp. 358–365.

7. Sun C.-H. Cournot and Bertrand Competition in a Model of Spatial Price Discrimination with Differentiated Products. *The B.E. of Theoretical Economics*. 2014. № 14. pp. 251–72.
8. Liang W.J., Hwang H., Mai C.C. Spatial discrimination: Bertrand vs. Cournot with asymmetric demands. *Regional Science and Urban Economics*. 2006. № 36. pp. 790–802.
9. Takahashi T. Asymmetric transport costs and economic geography. Center for Spatial Information Science. University of Tokyo, Japan. 2007. 31 p.
10. Bai N. Spatial Price Competition under Kinked Transportation Cost. Center for International Research on the Japanese Economy. Microeconomics Workshop. CIRJE. 2017. Retrived from: http://www.cirje.e.u-tokyo.ac.jp/research/workshops/micro/micropaper17/micro0116_master3.pdf.
11. Bylka, S., Komar, J. Cournot-Bertrand mixed oligopolies. In M.W. Los, J. Los and A. Wieczorek (eds), *Warsaw Fall Seminars in Mathematical Economics, 1975* (pp. 22–33). New York: Springer-Verlag.

REFERENCES

1. Singh, N., & Vives, X. (1984). Price and quantity competition in a differentiated duopoly. *Rand Journal of Economics*, 15, 546–554.
2. Anderson, S., & Neven, D. (1991). Cournot Competition Yields Spatial Agglomeration. *International Economic Review*, 32(4), 793–808.
3. Hamilton, J., Thisse, J.-F., & Weskamp, A. (1989). Spatial discrimination, Bertrand vs. Cournot in a model of location choice. *Regional Science and Urban Economics*, 19, 87–102.
4. Hamilton, J., Klein, J., Sheshinski, E., & Slutsky, S. (1994). Quantity Competition in a Spatial Model. *The Canadian Journal of Economics*, 27(4), 903–917.
5. Melnikov, S.V. (2020). Cournot Competition Yields Spatial Dispersion. *Transport Development*, 1(4), 57–70.
6. Melnikov, S.V. (2020). Stackelberg-Nash Equilibrium in the Linear City Model. *Automation Remote Control*, 81, 358–365.
7. Sun, C.-H. (2014). Cournot and Bertrand Competition in a Model of Spatial Price Discrimination with Differentiated Products. *The B.E. of Theoretical Economics*, 14, 251–72.
8. Liang, W.J., Hwang, H., & Mai, C.C. (2006). Spatial discrimination: Bertrand vs. Cournot with asymmetric demands. *Regional Science and Urban Economics*, 36, 790–802.
9. Takahashi, T. (2007). Asymmetric transport costs and economic geography. Center for Spatial Information Science. University of Tokyo, Japan. 31 p.
10. Bai, N. (2017). Spatial Price Competition under Kinked Transportation Cost. Center for International Research on the Japanese Economy. Microeconomics Workshop. CIRJE. Retrived from: http://www.cirje.e.u-tokyo.ac.jp/research/workshops/micro/micropaper17/micro0116_master3.pdf.
11. Bylka, S., & Komar, J. (1975). Cournot-Bertrand mixed oligopolies. In M.W. Los, J. Los and A. Wieczorek (eds), *Warsaw Fall Seminars in Mathematical Economics, 1975* (pp. 22–33). New York: Springer-Verlag.

МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 164:574

DOI

ЕКОЛОГІСТИЧНИЙ ПРОДУКТ ЯК РЕЗУЛЬТАТ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Т.А. Ковтун¹, Д.К. Ковтун²

¹д.т.н., доцент, професор кафедри «Управління логістичними системами та проектами»
Одеський національний морський університет, Одеса, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-5410-4783

²магістр з логістичного менеджменту, логіст
компанія «EwalsCargo», Варшава, Польща,
ORCID ID: 0000-0003-3443-2250

Анотація

Вступ. Сталий розвиток є сучасною концепцією розвитку людства, що дозволяє досягти гармонії в тріаді – економіка, екологія, суспільство. Досягти цілей сталого розвитку можливо лише завдяки проникненню екологічної парадигми у всі сфери життя людини, іншими словами, за умови загальної екологізації економіки та суспільства. Логістика як область господарчої діяльності вносить свій негативний внесок у стан навколишнього середовища. Врахування екологічного аспекту в логістиці призвело до виникнення таких понять, як: екологістика, екологістична система, екологістична послуга та екологістичний продукт. **Мета** статті полягає в обґрунтуванні доцільності впровадження поняття «екологістичний продукт» та дослідженні його особливостей. **Результати.** У статті проаналізовано характеристики логістичної та екологістичної послуги; визначено властивості та структура екологістичного продукту; досліджено сутність екологічної цінності екологістичного продукту. **Висновки.** Зміна світоглядної парадигми людства та її зміщення концепції сталого розвитку, яка базується на конвергенції економічних, соціальних та екологічних цінностей, призвела до потреби екологізації багатьох видів господарчої діяльності людини, в тому числі логістики. Екологістика як еволюційний розвиток логістики, що направлений на зменшення екодеструктивного впливу на довкілля, характеризується створенням екологістичних систем та наданням екологістичних послуг. Екологістичну послугу доцільно розглядати як елемент екологістичного продукту, до складу якого також входять товар, вантаж та логістична послуга. Екологістичний продукт має певну цінність для споживача. Особливістю екологістичного продукту є високий рівень екологічної складової цінності, яка формується протягом усього логістичного ланцюга та ланцюга створення цінності.

Ключові слова: екологістична система, екологістична послуга, екологістичний продукт, екологічна цінність.

ENVIRONMENTAL PRODUCT
AS A RESULT OF GREENING LOGISTICS ACTIVITIES

T.A. Kovtun¹, D.K. Kovtun²

¹Ph.D., Associate Professor, Associate Professor at the Department
“Logistic Systems and Projects Management”
Odesa National Maritime University, Odessa, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-5410-4783

²Master of Logistics Management, Logistician
EwalsCargo, Warsaw, Poland,
ORCID ID: 0000-0003-3443-2250

Summary

Introduction. Sustainable development is a modern concept of human development that allows to achieve harmony in the triad – economy, ecology, society. Reach the goal of sustainable development is possible only through the penetration of the ecological paradigm in all spheres of human life, in other words, provided the general ecologization of the economy and society. Logistics as an area of economic activity makes a negative contribution to the state of the environment. Taking into account the environmental aspect in logistics has led to the emergence of such definitions as: eco-logistic, eco-logistic system, eco-logistic service and eco-logistic product. **The purpose** of the article is to substantiate the feasibility of introducing the definition “eco-logistic product” and study its features. **Results.** The article analyzes the characteristics of logistic and eco-logistic services; the properties and structure of the eco-logistic product are determined; the essence of ecological value of eco-logistic product is investigated. **Conclusions.** Changing the worldview paradigm of mankind and its offset to the sustainable development concept, based on the convergence of economic, social and ecological values, has led to the need for many types of human economic activity ecologization, including logistic. Eco-logistic, as an evolutionary development of logistic, aimed at reducing the eco-destructive impact on the environment, is characterized by the creation of ecologic systems and the provision of eco-logistic services. Eco-logistic service should be considered as an element of eco-logistic product, which also includes goods, cargo and logistic service. An eco-logistic product has a certain value for the consumer. A feature of an eco-logistic product is a high level of ecological component of value, which is formed throughout the supply chain and value chain.

Key words: eco-logistic system, eco-logistic service, eco-logistic product, ecological value.

Постановка проблеми

Сучасність продемонструвала пріоритетність, гостроту і складність екологічних проблем, які переважна більшість людства ще до кінця не усвідомила. Сьогодні біосфера не в змозі боротися з наслідками життєдіяльності людства, в ній почалися незворотні зміни. Людство виробляє відходів органічного походження значно більше, ніж уся природа. Вже стало очевидним, що суперечності між постійно зростаючими потребами суспільства і обмеженими можливостями природи ставлять під загрозу подальше існування людини як біологічного виду.

Для зниження навантаження від людської діяльності на навколишнє середовище потрібна зміна техногенного типу розвитку на іншу парадигму. Починаючи

з другої половини ХХ століття, відбувається інтенсивний пошук нової стратегії виживання людства в умовах обмеженості природних ресурсів і погіршення природних умов існування. Проблема майбутнього розвитку цивілізації загалом вийшла на передній край наукового пошуку і суспільної свідомості загалом [1].

Виходом із ситуації, що склалася, визнано застосування принципів концепції сталого розвитку, яка є природною реакцією світової спільноти на існуючі загрози та передбачає гармонійне співіснування природи і суспільства. Важливим напрямком впровадження концепції сталого розвитку та досягнення його цілей є екологізація всіх сфер життєдіяльності людини, зокрема логістичної діяльності.

Логістика як область практичної діяльності негативно впливає на стан навколишнього середовища. Останнім часом в якості сучасної концепції логістики застосовується екологічна логістика, яка в рамках концепції сталого розвитку розглядається як ефективний підхід до управління матеріальними та супутніми потоками з ціллю зниження еколого-економічних збитків, що наносяться довкіллю [2, 3]. Екологістика сприяє запобіганню та ліквідації наслідків негативного еко-деструктивного впливу на довкілля завдяки трансформації логістичних систем, які відповідають сучасній лінійній моделі економіки, в екологістичні системи [4].

Основною метою створення екологістичної системи як такої, що враховує екологічний аспект в логістичній діяльності, є надання екологічних логістичних послуг, що мають мінімальний негативний вплив на природне середовище. Екологізація логістичних послуг призвела до екологізації логістичного продукту, поняття якого стає актуальнішим останнім часом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питання екологізації економіки та суспільства досліджуються у численних наукових працях Е.П. Семенюк, Т.В. Олянішена, В.М. Сеньківського, О.В. Мельникова, Я.В. Котляревського, Я.В. Кульчицького, В.С. Кравціва, Є.В. Мішеніна, І.І. Коблянської, Т.В. Устік, І.Є. Ярової, Л.Г. Мельника, В.Т. Андрушко, Н.М. Дуди, О.Є. Гридчук, М.С. Кравець, І.П. Магазиншикової, І.М. Синякевича, А.М. Дейнеки, А.А. Головка, Ю.Ю. Туниці, Л.Д. Загвойської, Л.І. Максиміва, В.Р. Ковалишина, А.М. Польовського та інших науковців.

Проблемі екологізації логістичної діяльності присвячені праці іноземних і вітчизняних науковців, таких як: Т. Доуї, Р. Данну, А. МакКіннон, Р. Поїст, Ж.-П. Родріго, Д. Роджерс, Р. Тіббу-Лембке, Д. Уотерс, А.У. Альбекова, В.В. Борисова, Л.М. Зарецька, А.А. Кизим, Н.П. Коропова, І.І. Коблянська, А.Ф. Крячкова, В.П. Мешалкін, Е.В. Мішенін, І.М. Омельченко, Н.В. Пахомова, Л.А. Сосунова, М.Н. Некрасова, Т.Н. Скоробагатова, Д.В. Чернова, А. Тамбовцев, Т. Тамбовцева тощо.

Не дивлячись на значну кількість наукових праць з екологічно-орієнтованого управління в логістиці, що з'явилися останнім часом, в силу новизни напрямку, досить багато питань є не вирішеними та потребують вивчення. Актуальним є дослідження специфічних характеристик еколого-орієнтованих логістичних послуг та продуктів.

Метою статті є обґрунтування доцільності впровадження поняття «екологістичний продукт» та дослідити його особливості. Для досягнення поставленої мети поставлені та вирішені такі завдання:

1. Проаналізувати характеристики екологічної логістичної послуги.
2. Визначити властивості та структуру екологістичного продукту.
3. Дослідити сутність екологічної цінності екологістичного продукту.

Виклад основного матеріалу

Функціонування екологістичної системи спрямовано на надання екологічних логістичних послуг, для яких характерні специфічні та загальні риси послуг. Послуга в загальному розумінні цього терміну є результат деякої дії, що здійснюється за взаємодії постачальника і клієнта і приносить певну користь. За визначенням Ф. Котлера, послуга – це будь-який захід або вигода, які одна сторона може запропонувати іншій стороні і які в основному невловимі [5].

Надання послуги може бути пов'язано або не пов'язано з товаром в його матеріальному вигляді. Послуга як результат праці має споживчу вартість, що визначає її товарний характер, який виражається в здатності бути реалізованою споживачем в якості специфічного товару [5]. Ця риса ріднить послугу з матеріальним товаром. Таким чином, у сучасних умовах розвитку ринку особливої ролі набуває не тільки сам товар, а й сукупність послуг, пов'язаних з розподілом матеріального потоку і подальшою його експлуатацією.

На думку учасників і фахівців ринку, основна частина послуг, що надаються споживачеві, припадає на сферу логістики, а саме: перевезення, підготовка товарно-матеріальних цінностей до споживання, вантажопереробка, складування, зберігання. Сьогодні в ціні продукції витрати на логістичні операції складають значну частину. Таким чином, природа логістичної діяльності передбачає можливість надання споживачу матеріального потоку різноманітних логістичних послуг [6].

На вітчизняного ринку поняття «логістична послуга» виникло не так давно, тому має різноманітні трактування. Багато хто сприймає логістичні послуги тільки як комплекс транспортних та складських послуг. Таке розуміння є помилковим і вкрай обмеженим. Сучасний ринок логістичних послуг може запропонувати широкий спектр послуг. Логістичні послуги слід сприймати як цілий комплекс послуг, що сприяють ефективній організації матеріальних потоків [7].

Отже, *логістичною послугою* пропонується називати комплекс послуг з виконання замовлення споживача на проведення роботи з організації та управління потоковими процесами з метою їх оптимізації [6].

Фахівці з логістики мають спільну думку стосовно класифікації логістичних послуг [8, 9]. Класифікація логістичних послуг необхідна для визначення підходів до їх реалізації, оптимізації та оцінки, що дозволяє підвищити їх ефективність і якість. Логістичні послуги класифікують за часом здійснення, за змістом робіт, стосовно споживача (табл. 1).

В наведеній вище класифікації логістичних послуг виділяються послуги, що мають відношення до післяпродажного обслуговування клієнтів та організації зворотних потоків. Виокремлення цих послуг в логістичній діяльності та приділення їм уваги призвело до формування нових еколого-орієнтованих напрямків в логістиці: екологістики, логістики ресурсозбереження, реверсивної логістики, логістики відходів тощо [10].

Логістична послуга є центральним елементом логістичного продукту, який утворюється в результаті надавання логістичних послуг в результаті функціонування

логістичної системи. В [11] під *логістичним продуктом* пропонується розуміти комплекс акцентованих вимог клієнтів, які можуть бути реалізовані на певному рівні у логістичній системі. Логістичний продукт характеризується складною внутрішньою структурою, в якій вирізняються три рини: *товар, вантаж, логістичний продукт* [12].

Перший рівень – *товар* стосується передусім фізичної форми продукту, яка, в свою чергу, відображає суть продукту щодо потреб, заявлених на ринку.

До загальних фізичних відносяться розмірно-масові та теплофізичні характеристики (властивості) одиничних екземплярів і сукупних товарних мас (пакувальних одиниць і товарних партій) [13].

Таблиця 1

Класифікація логістичних послуг

Класифікаційна ознака	Види послуг
За часом здійснення	1) послуги передпродажного характеру – це роботи й операції з формування попиту на логістичне обслуговування, до яких уналежують: – консультації; – демонстрації (у деяких випадках – пробне використання). 2) логістичні послуги, що надаються у процесі реалізації товарів та забезпечують ефективне просування матеріальних потоків і доставку продукції до місця призначення, дотримуючись замовлень споживачів, а саме: – наявність товарних запасів на складі; – підбір та комплектацію партій постачань; – пакування; – маркування; – формування вантажних одиниць; – надання інформації про проходження вантажів; – роботу із забезпечення надійності постачань. 3) логістичні послуги післяпродажного характеру, до яких належать: – послуги із гарантійного обслуговування; – послуги із забезпечення запасними частинами; – зобов'язання щодо розгляду претензій покупців; – забезпечення зворотних потоків; – забезпечення обміну продукції тощо.
За змістом робіт	1) жорсткий сервіс – включає послуги, пов'язані з забезпеченням працездатності, безвідмовності й погоджених параметрів експлуатації товару; 2) м'який сервіс – послуги, пов'язані з більш ефективною експлуатацією товару в конкретних умовах роботи споживача, а також розширенням сфери його використання.
Стосовно споживача	1) прямий сервіс – включає послуги, спрямовані на безпосереднього споживача; 2) непрямий сервіс – послуги, які безпосередньо не стосуються такого споживача.

Джерело: 8, 9.

Специфічні фізичні властивості одиничних екземплярів товарів встановлюються тільки для товарів, що характеризуються цілісністю. Їх можна поділити на такі групи: структурно-механічні, теплофізичні, електричні, оптичні, акустичні, фізико-хімічні та біологічні властивості. До специфічних фізичних характеристик товарних партій відносяться об'ємна (насипна) маса і скважистість.

Другий рівень – товар як вантаж, що характеризується певними транспортними характеристиками. Транспортна характеристика вантажів – це режим зберігання, спосіб упаковки (її характеристики і властивості, габаритні розміри), перевантаження і перевезення, фізико-хімічні властивості вантажу, сприйнятливості до атмосферних явищ, вплив на навколишнє середовище, ступінь небезпеки, обсяг, маса і форма пред'явлення до перевезення [14].

Третій рівень – логістичний продукт як комплекс побажань і очікувань споживачів, що практично означає переміщення і складування вантажу в логістичній системі поряд з додатковими функціями, такими як пакування, страхування, кредитування поставок, ремонт і зберігання, транспортування, складування, гарантійне обслуговування, кожна з яких відособлено може трактуватися як засіб надання відповідної логістичної послуги [15].

Таким чином, товар, який є предметом цільового переміщення, є вантажем. Вантаж, який своєю чергою є предметом логістичного обслуговування, є логістичним продуктом. Отже, логістичний продукт є ширшим поняттям, ніж товар або вантаж. Але фізична форма вантажу стає логістичним продуктом, центральним пунктом логістичної системи тільки тоді, коли його економічна форма надає можливість досягнення усіма ланками логістичного ланцюга запланованих прибутків [15].

Еволюція у сфері переходу від вантажу до логістичного продукту в процесі переміщення між виробником і споживачем відбулась на початку ХХ століття. Результатом логістичного процесу став продукт, який характеризується певними рисами, що представляють конкретну вартість для клієнта.

З економічного погляду до найважливіших рис логістичного продукту належать: вартість товару як основа визначення економічної придатності до транспортування і складування; життєвий цикл логістичного продукту; субституційність (замінність) логістичного продукту; ціна логістичного продукту [15].

Зміна світогляду та цінностей людства на більш гуманні до довкілля призвела до виникнення екологічної спрямованості логістичних послуг та утворення екологістичних послуг. *Екологістичною послугою пропонується називати логістичну послугу, що враховує екологічний чинник та прагне мінімізувати екодеструктивний вплив на довкілля від логістичної діяльності.*

Отже, екологістичній послугі, як і логістичній, властиві такі характеристики:

1. *Неможливість відчутти екологістичної послугу «на дотик».* Виявляється у складності специфікації екологічної складової, а також у складності її оцінки споживачем логістичних послуг.

2. *Невіддільність від джерела.* Екологістичні послуги невіддільні від свого джерела – продуцента, на відміну від матеріального товару, який може існувати незалежно.

3. *Мінливість якості.* Якість екологістичних послуг виявляє тенденцію до коливань залежно від ступеня досконалості екологістичної системи, вимог клієнтів, впливу багатьох випадкових факторів.

4. *Адресність послуг.* Екологістичні послуги надаються замовнику безпосередньо. Це відрізняє їх від товару в матеріальному вигляді, який випускається, орієнтуючись на загальний попит цільового ринку.

5. *Унікальність для одержувача.* Кожна екологістична послуга відрізняється від попередньої за своїми параметрами, термінами, умовами споживання.

6. *Неможливість накопичення послуг.* Екологістичні послуги не можливо зробити про запас, їх не можна складувати, тобто неможливо накопичувати.

7. *Еластичність попиту.* Перевагою екологістичних послуг порівняно із товаром у матеріальному вигляді є їхня велика еластичність на ринку збуту. У зв'язку зі зміною концепції розвитку людства на сталий розвиток швидко зростає попит на екологістичні послуги зі зниженням на них цін і збільшенням доходів підприємств-споживачів.

8. *Оперативність.* Екологістичні послуги дають тим більший економічний ефект, чим швидше відбувається їх реалізація. Дуже часто саме оперативність послуг залучає потенційних замовників.

Таким чином, логістична послуга перетворюється на екологістичну, а логістичний продукт – на екологістичний продукт, який набуває екологічної цінності (рис. 1).

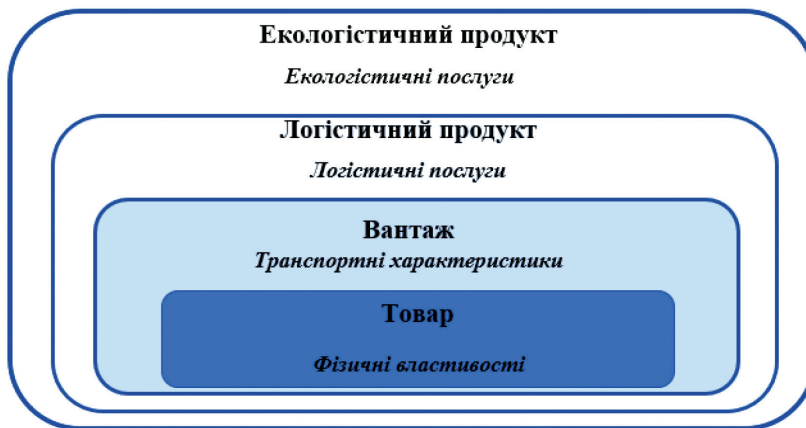


Рис. 1. Структура екологістичного продукту

Джерело: власна розробка автора

Екологістичний продукт має певну цінність для споживачів. Поняття цінності не є новим та активно розглядається в управлінні, економіці, маркетингу та інших галузях. Цінність трактується як особисте цілісне сприйняття зацікавленою стороною здібності товару/послуги/роботи створювати для неї вигоди в соціальному та (або) економічному, та (або) політичному, та (або) духовному аспектах її життєдіяльності [16].

Але в наведеному означенні не враховано екологічну складову, що не відповідає сутності концепції сталого розвитку, яка базується на конвергенції економічного, соціального та екологічного аспектів [17].

Економічна складова означає оптимальне використання у створенні продуктів обмежених ресурсів та застосування екологічних природо-, енерго- і матеріалозберігаючих технологій, створення екологічно прийнятної продукції та надання послуг, тобто виражається у екологічній ефективності економічної діяльності.

Соціальна складова сталого розвитку орієнтована на людину й спрямована на збереження стабільності соціальних систем. Важливим аспектом цього підходу є справедливий розподіл екологічних переваг та тягаря, тобто екологічна справедливість.

З екологічної точки зору, сталий розвиток повинен забезпечувати екологічну цілісність біологічних і фізичних природних систем, включаючи створене в них людиною середовище – антропосферу. Особливе значення має життєздатність екосистем, від яких залежить глобальна стабільність всієї біосфери.

В результаті конвергенції вищезазначених аспектів утворюється *екологічна цінність* – агрегований показник, що відображає ступінь відповідності логістичної діяльності цілям сталого розвитку, та за допомогою якого можливо оцінити рівень екологізації логістичного продукту (рис. 2).

Екологічна цінність екологістичного продукту має певні властивості:

– по-перше, екологічна цінність є невід’ємною складовою загальної цінності продукту та впливає на її значення;



Рис. 2. Екологічна цінність екологістичного продукту

Джерело: власна розробка автора

– по-друге, екологічна цінність створюється на протязі всього логістичного ланцюгу, що враховує прямі та зворотні матеріальні потоки, та має максимальне значення у замкнутому логістичному ланцюгу;

– по-третє, екологічна цінність формується на протязі ланцюгу створення цінності від товару, через вантаж та логістичний продукт, аж до екологістичного продукту, та досягає максимуму на рівні екологістичного продукту (рис. 3).

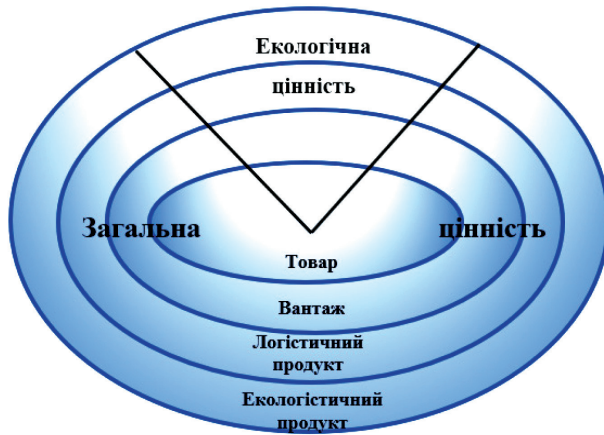


Рис. 3. Структура цінності екологістичного продукту

Джерело: власна розробка автора

Враховання властивостей екологічної цінності екологістичного продукту в процесі його планування та проектування відповідної екологістичної системи надає можливість підвищити ефективність логістичної діяльності та мінімізувати екодеструктивний вплив на довкілля.

Висновки

1. Зміна світоглядної парадигми людства та її зміщення концепції сталого розвитку, яка базується на конвергенції економічних, соціальних та екологічних цінностей, призвела до потреби екологізації багатьох видів господарчої діяльності людини, зокрема логістики. Екологістика як еволюційний розвиток логістики, що направлений на зменшення екодеструктивного впливу на довкілля, характеризується створенням екологістичних систем та наданням екологістичних послуг.

2. Екологістичну послугу доцільно розглядати як елемент екологістичного продукту, до складу якого також входять товар, вантаж та логістична послуга.

3. Екологістичний продукт має певну цінність для споживача. Особливістю екологістичного продукту є високий рівень екологічної складової цінності, яка формується протягом усього логістичного ланцюга та ланцюга створення цінності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ковтун Т.А. Екологістична система як результат трансформації світоглядної концепції людства на еколого-орієнтований сталий розвиток. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2020. №2(22). С. 7–18.
2. Мішенін Є.В., Коблянська І.І., Устік Т.В., Ярова І.Є. Екологорієнтоване логістичне управління виробництвом : монографія / за наук. ред. д.е.н., проф. Є.В. Мішеніна. Суми : ТОВ «Друкарський дім «Папірус», 2013. 248 с.
3. Van Buren N. et al. Towards a circular economy: the role of dutch logistics industries and governments. *Sustainability*. 2016. № 647.

4. Руденко С.В., Ковтун Т.А. Екологізація логістики як напрямок реалізації концепції сталого розвитку. Проектний та логістичний менеджмент: нові знання на базі двох методологій. Том 3 : монографія / авт. кол. С.В. Руденко, І.О. Лапкіна та ін. Одеса : КУПРИЄНКО С.В, 2020. С. 7–24.
5. Котлер Ф., Келлер К. Л. Маркетинг менеджмент: учебник / пер. с англ. С. Жильцова и др. Санкт-Петербург : Питер, 2006. 464 с.
6. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика. Основы логистики: учебник / под ред. Б.А. Аникина, Т.А. Родкиной. Москва : Проспект, 2011.
7. Гаджинский А.М. Логистика: Учеб. для высших и средних спец. учеб. заведений. – 3-е изд., перераб. и доп. М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 2000. 375 с.
8. Окландер М.А. Контуры экономической логистики: Монография. К.: Научная мысль, 2000. 175 с.
9. Пономарьова Ю.В. Логістика : навч. посіб. Київ: ЦНЛ, 2003. 189 с.
10. Ковтун Т.А. Логістика ресурсозбереження як інструмент оптимізації поводження з відходами в рамках концепції сталого розвитку. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*. 2020. №1(21). С. 79–90.
11. Gołemska E. Mokrzyszczak H. Zarządzanie produktem w logistyce przedsiębiorstw. Poznań: SGPiS, 1997. 7 p.
12. Kompedium wiedzy o logistyce / Pod redakcją Elżbiety Gołemskiej. Warszawa, Poznań: Wydawnictwo Naukowe PWN, 1999. 56 p.
13. Райкова Е.Ю., Додонкин Ю.В. Теория товароведения. Москва: Академия, 2004. 240 с.
14. Джерер Е.В., Ярмолевич Р.П. Транспортные характеристики грузов: Учебн. Пособие. Одесса : Феникс, 2007. 272 с.
15. Крикавський Є.В., Чернописька Н.В. Логістичні системи: Навч. посібник. Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 264 с.
16. Рач В.А., Гладка О.М. Ціннісно-орієнтовані стратегічні вихові рішення в проєктах девелопменту нерухомості. *Управління проєктами та розвиток виробництва*: Збірн. наук. пр. Луганськ : вид-во СНУ ім. В. Даля, 2009. № 3(31). С. 161–168.
17. Ковтун Т.А. Визначення ролі екологізації в досягненні цілей сталого розвитку. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. 2020. № 2 (71). С. 63–81.

REFERENCES

1. Kovtun, T.A. (2020). Ekolohistychna systema yak rezultat transformatsii svitohliadnoi kontseptsii liudstva na ekoloho-oriietovanyi stalyi rozvytok. *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia*. 2(22). 7–18. [in Ukrainian].
2. Mishenin, Ye.V., Koblianska, I.I., Ustik, T.V., Yarova, I.Ie. (2013). *Ekolohoriientovane lohistrychne upravlinnia vyrobnytstvom : monohrafia /*

- za nauk. red. d.e.n., prof. Ye.V. Mishenina. *Sumy : TOV «Drukarskyi dim "Papyrus"»*. 248. [in Ukrainian].
3. Van Buren, N. et al. (2016). Towards a circular economy: the role of dutch logistics industries and governments. *Sustainability*. 647. [in English].
 4. Rudenko, S.V., Kovtun, T.A. (2020). Ekolohizatsiia lohistyky yak napriamok realizatsii kontseptsii staloho rozvytku. Proektnyi ta lohistychnyi menedzhment: novi znannia na bazi dvokh metodolohii. Tom 3 : monohrafiia / avt. kol. S.V. Rudenko, I.O. Lapkina ta in. Odesa: KUPRYIENKO S.V. 7–24. [in Ukrainian].
 5. Kotler, F., Keller, K. L. (2006). *Marketing menedzhment: uchebnik / per. s angl. S. ZHil'cova i dr. SPb.: Piter, 464*. [in Russian].
 6. *Logistika i upravlenie cepyami postavok. Teoriya i praktika. Osnovy logistiki: uchebnik / pod red. B. A. Anikina, T.A. Rodkinoy. (2011). M.: Prospekt*. [in Russian].
 7. Gadzhinskij, A.M. (2000). *Logistika: Ucheb. dlya vysshih i srednih spec. ucheb. zavedenij. – 3-e izd., pererab. i dop. M.: Informacionno-vedrencheskij centr "Marketing". 375*. [in Russian].
 8. Oklander, M.A. (2000). *Kontury ekonomicheskoy logistiki: Monografiya. K.: Nauchnaya mysl'. 175*. [in Russian].
 9. Ponomarova, Yu.V. (2003). *Lohistyka: navch. posib. K.: TsNL. 189*. [in Ukrainian].
 10. Kovtun, T.A. (2020). Lohistyka resursozberezhennia yak instrument optymizatsii povodzhennia z vidkhodamy v ramkakh kontseptsii staloho rozvytku. *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. 1(21). 79–90*. [in Ukrainian].
 11. Golebska, E. Mokrzyszczak, H. (1997). *Zarzadzanie produktem w logistyce przedsiebiorstw. Poznan: SGPiS. 7*. [in Polish].
 12. *Kompedium wiedzy o logistuce / Pod redakcja Elzbiety Golebskiej. (1999). Warszawa, Poznan: Wydawnictwo Naukowe PWN. 56*. [in Polish].
 13. Rajkova, E. YU., Dodonkin, YU. V. (2004). *Teoriya tovarovedeniya. M.: Akademiya. 240*. [in Russian].
 14. Dzherer, E.V., YArmolovich, R.P. (2007). *Transportnye haraktristiki gruzov: Uchebn. Posobie. Od.: Feniks. 272*. [in Russian].
 15. Krykavskiy, Ye.V., Chornopyska, N.V. (2009). *Lohistychni systemy: Navch. posibnyk. Lviv: Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhniky". 264*. [in Ukrainian].
 16. Rach, V.A., Hladka, O.M. (2009). Tsinnisno-orientovani stratehichni vikhovi rishennia v proiektakh developmentu nerukhomosti. *Upravlinnia proiektamy ta rozvytok vyrobnytstva: Zbirn. nauk. pr. Luhansk: vyd-vo SNU im. V. Dalia, 3(31). 161–168*. [in Ukrainian].
 17. Kovtun, T.A. (2020). Vyznachennia roli ekolohizatsii v dosiahnenni tsilei staloho rozvytku. *Rozvytok metodiv upravlinnia ta hospodariuvannia na transporti. 2(71). 63–81*. [in Ukrainian].

РІЧКОВИЙ ТА МОРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ

UDC 629.3.031.3

DOI

ROTOR SAILS AS A PERSPECTIVE SHIP POWER PLANT

O.M. Shumylo¹, O.G. Kupraty²

¹PhD Professor, Vice-rector for Educational and Organizational Work,
Associate Professor at the Department of Ship Power Plant and Technical Operation,
Merchant Marine Institute of the Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0003-0574-1951

²PhD Student, Senior Lecturer at the Department of Navigation and Marine Safety,
Merchant Marine Institute of the Odesa National Maritime University, Odesa, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0003-3519-504X

Summary

Modern requirements for the environmental friendliness of ships require an increasing involvement of rotor sails. Rotor sails are an effective tool to save fuel and reduce carbon emissions. In article researched the possibility of rotor sails depending on the wind direction and wind speed in the region. For the experiment were taken 2 ships and wind force moments.

The world's leading supplier of auxiliary wind power plants Norsepower Oy Ltd. successfully inserts rotуk sails on vessels of various types.

Thanks to this technology, the vessel can significantly save fuel and reduce emissions. According to the analysis carried out by Norsepower and Sea-Cargo, new installation on board the ship "SC Connector" can provide a reduction in fuel consumption and its cost, as well as carbon dioxide emissions to 25%. the appropriate wind, the vessel will maintain a constant speed only by sail.

In the process of decarbonizing the world fleet and achieving the IMO goals for 2030 and 2050, the marine industry is actively looking for solutions to reduce emissions, so the developments of the past are useful. Rotor sail Norsepower – it is an upgraded version of flatner rotor or "turbosail", which rotates based on the Magnus effect, using wind energy to move the vessel

Modern development is fully automated, the system itself determines when the direction and speed of the wind is sufficient to provide fuel savings and the necessary thrust, after which the rotor sails start automatically.

The article discusses sea passages across the oceans, wind phenomena and features of rotor sails work during these passage. Rotor sails are original and very effective in terms of fuel economy by ship power plant. Proposed the best variation of localization rotor sails depending on the ship construction features. This article is a theoretical base for the installation of rotor sails on large vessels.

Key words: *theoretical effectiveness, rotor sails, ship power plant, relative wind speed.*

**РОТОРНІ ВІТРИЛА ЯК ПЕРСПЕКТИВНА
СУДНОВА ЕНЕРГЕТИЧНА УСТАНОВКА**

О.М. Шумило¹, О.Г. Купратий²

¹к.т.н., професор, проректор із навчальної та організаційної роботи,
доцент кафедри суднових енергетичних установок та технічної експлуатації,

Навчально-науковий інститут морського флоту

Одеського національного морського університету, Одеса, Україна,

ORCID ID: 0000-0003-0574-1951

²аспірант, старший викладач кафедри судноводіння і морської безпеки,

Навчально-науковий інститут морського флоту

Одеського національного морського університету, Одеса, Україна,

ORCID ID: 0000-0003-3519-504X

Анотація

Сучасні вимоги щодо екологічності суден вимагають все більшого залучення роторних вітрил. Роторні вітрила є ефективним інструментом для економії палива та зниження викидів вуглецю. У статті досліджуються можливості роторних вітрил в залежності від напрямку і швидкості вітру у даному регіоні. Для експерименту беруться 2 судна та моменти сил вітру.

Провідний світовий постачальник допоміжних вітроенергетичних установок *Norsepower Oy Ltd.* успішно встановлює роторні вітрила на судна різних типів.

Завдяки цій технології судно може значно зекономити паливо і скоротити викиди. Так, згідно аналізу, проведеного *Norsepower* і *Sea-Cargo*, нова установка на борту судна «*SC Connector*» може забезпечити зниження витрат палива і його вартості, а також викидів вуглецю до 25%. При відповідному вітрі судно буде підтримувати постійну швидкість руху тільки вітрилом.

У процесі декарбонізації світового флоту і досягнення цілей ІМО на 2030 і 2050 роки, морська галузь активно шукає рішення для скорочення викидів, тому розробки минулого стають у пригоді. Роторне вітрило *Norsepower* – це модернізована версія ротора Флеттнера або «турбовітрила», що обертається на основі ефекту Магнуса, використовуючи енергію вітру для руху судна.

Сучасна розробка повністю автоматизована, система сама визначає, коли напрям вітру підходящий, а його швидкість достатня, щоб забезпечити економію палива і необхідну тягу, після чого роторні вітрила запускаються автоматично.

У статті розглядаються морські переходи через океани, вітрові явища та особливості роботи роторних вітрил під час цих переходів. Роторні вітрила є оригінальною і дуже ефективною з точки зору економії палива судновою енергетичною установкою. Запропоновано найкращий варіант розміщення роторних вітрил в залежності від конструктивних особливостей судна. Стаття є теоретичною базою для встановлення роторних вітрил на великі судна.

Ключові слова: теоретична ефективність, роторні вітрила, суднова енергетична установка, відносна швидкість вітру.

1. Introduction

To stop climate change need to reduce emissions of CO₂, that is the main engine of climate change. According to the analysis carried out by Norsepower and Sea-Cargo, new installation on board the ship “SC Connector” can provide a reduction in fuel consumption and its cost, as well as carbon dioxide emissions to 25%. The basis of the work included research [1-3]. The calculation of the vessel’s courses is carried out according to the algorithm from the article [3]. Constructively, the authors focused on the DNV GL requirements [4].

DNV GL contains requirements, principles and permissible criteria for objects, personnel, organizations and/or operations [4]. The document contains certain design requirements, without which certification of rotor sails is impossible. 2018, the IMO approved a strategy to reduce emissions of harmful gases. According to the adopted strategy, emissions should be reduced by 40 percent by 2030, by 2050 on 70% [5]. Finnish company NORSEPOWER offers alternative ship power plants [6-8], significantly reduce emissions of harmful gases into the atmosphere.

Rotor sails are a great solution to this problem under three ship conditions:

- has necessary places on deck;
- effective speed meets the requirements of the charter;
- weather conditions favorable.

The development of rotor sails is gaining new relevance due to environmental trends and overall technological progress.

2. LITERATURE ANALYSIS AND FORMULATING THE PROBLEM

At work [1] described the need to reduce the amount of harmful emissions not only by optimizing ship power plants, also due to the optimization of route planning, port logistics, weather analytics and design of ship hulls in general.

For example, medium-tonnage tankers are taken and the economic component of the economy is described. Also, attention is paid to the placement of rotor sails and their effectiveness depending on the layout scheme.

In the article [3] the algorithm for calculating the course (pellet) on the rhumb line is proposed. The algorithm contains 6 real variations of calculation, which are effectively used in calculating rates in this work.

DNVGLST0511 [4] – this is a set of standards, without which certification of rotor sails is impossible.

“The objective of this standard is twofold.

It may serve as an independent technical standard for the design and construction of a wind assisted propulsion unit.

It also serves as procedural and technical basis for wind assisted propulsion systems to be installed on board ships, and more specifically for ships applying for the additional class notation WAPS.” [4]

Paper [5] is the initial IMO strategy, which forms a general vision of the development of the world merchant fleet in the context of environmental.

Brochures [6-7] describe the technical features of rotor sails NORSEPOWER, their dimensions and tonnage, maximum power.

Presentation [8] – it is a presentation containing not only the technical specifics of rotor sails NORSEPOWER, but also specific vessels where they were installed, and features of their installation. well as a description of the design of the rotor sail.

In the context of all read, you can determine several advantages and disadvantages of rotor sails. Advantages: high energy efficiency, easy to use. Disadvantages: for large vessels, for example, container ships, the dimensions of rotor sails will increase significantly, with improper location can make it difficult to load the vessel.

There is a great prospect of developing rotor sails for large vessels, but it is necessary to calculate all the details of the work of rotor sails for such vessels, to show an analytical and graphic justification for their use.

3. METHODS AND MATERIALS

In the study of the effectiveness of rotor sails and their possible use on large container ships, it is profitable to use the method of numerical experiment and the method of selection. Optimization of any technical device requires numerical digital approximation, so mathematical modeling is the tool that can suggest the right solution to the problem in the absence of a live experiment.

The material for the study is the technical documentation [5-7] of Finnish company NORSEPOWER, which describes the dimensions and technical characteristics of their rotor sails. Pilot charts with wind directions and speeds were also used. Ship routes are laid on electronic charts OpenCPN 5.2.4. Technical documentation of vessels "UMM QARN" and "MSC EMMA" was processed to determine suitable places for installation.

To ensure the charter speed of these vessels, the propeller thrust is usually sufficient 1700000 N. The calculation of the efficiency of rotor sails is carried out taking into account fuel savings by the main engine, that is, the thrust of the rotor sail compensates for the thrust of the propeller. Taking into account the required thrust of the propeller, it was determined the need to install 6 rotor sails with a diameter of 5 meters and a height of 30 meters.

Calculating the thrust of rotor sails, we use the formula that characterizes the Magnus Effect: $P=0,5\pi(d \cdot H)v \cdot \omega \cdot \rho_{air}$;

$\rho_{air}=1,2041 \cdot 10^{-3} \text{ton/m}^3$ (air density);

v – course wind speed (V_y), m/s;

ω – cylinder speed, s^{-1}

$d = 2R$ – diameter of cylinder, m;

H – cylinder height, m.

Accepted, that $\omega=2.5 \cdot v$, then

$$P=1.25\pi(d \cdot H) \cdot v^2 \cdot \rho_{air} \quad (1)$$

From technical documentation of NORSEPOWER Co. [5,6] is known, that maximum working thrust of one cylinder with height 30 metres and 5 metres in diameter under favourable conditions 300000N, therefore, the mathematical modeling of the cylinders is adjusted taking into account these fuses.

The maximum number of revolutions per minute is 180 rpm, foundation height 3 meters, foundation weight 17 tons, rotor sail weight without foundation 38 tons. Nominal power of the electric motor 115 kW.

4. AIM AND TASKS

The aim: to explore the design capabilities of rotor sails and their effectiveness depending on the route of transition for large vessels.

- Tasks:
- calculate thrust and relative efficiency of rotor sails on all segments of the passage on four routes;
 - calculate fuel economy depending on the time of year of the ship's route;
 - options for the location of rotor sails on selected vessels.

5. RESEARCH RESULTS

To study the effectiveness of rotor sails for large vessels, 4 passages were worked out on the routes Barcelona-Karachi, Nantes-Gibraltar, Murmansk-Puerto Cabello, Karwar-Nishtun. The passage from the port of Barcelona to the port of arachi (Fig.1) consists of four parts: the Mediterranean Sea, the Suez Canal, the Indian Ocean.

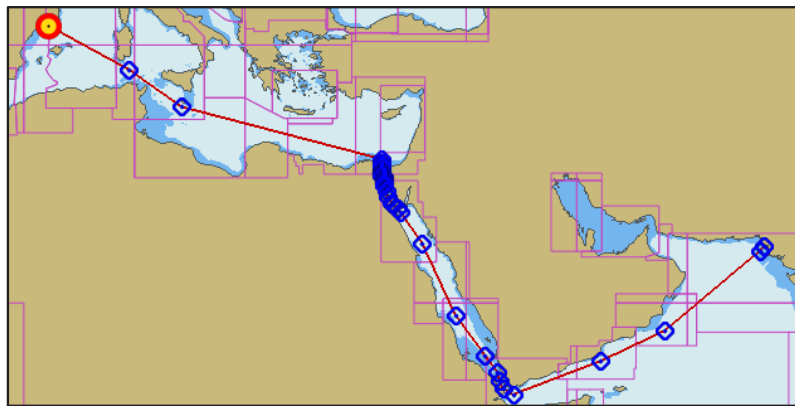


Fig. 1. Passage from port of Barcelona to port of Karachi

Passage from the port of Barcelona to the port of Karachi (Fig.1) has many turning points, which causes changes in the efficiency of rotor sails on this route. Tables 1, 2, 3 show the corresponding passage taking into account the wind direction, the course of the vessel and the wind speed.

Charter speed of the vessel 17 knots, the time spent on the passage is calculated at this speed. The direction from which the wind blows is indicated in the tables as WD, the course angle of the wind is indicated as WCA. The course of the vessel between turning points is calculated on the basis of the algorithm from the article [3]. Course angle is calculated on the basis of the calculated courses of the vessel and the wind direction. The course angle of the wind is calculated by the formula in MS Excel:

$$=ABS(ABS(SC_i-WD_i) + IF(ABS(SC_i-WD_i)>180;-360;0)), \quad (2)$$

where SC_i – course of the vessel on this segment,

WD_i – direction from which the wind blows for this segment.

To calculate the thrust of the rotor sail is not taken absolute wind speed V (WS), but taken relative wind speed, namely V_y, that calculated by the formula:

$$V_y = V \cdot \sin(WCA \cdot \pi / 180) \quad (3)$$

WCA – this is the angle between the wind direction and the diametrical plane of the vessel. The horizontal coordinate system of the vessel coincides in directions with the coordinate systems of the cylinders.

Table 1

Basic table of passage “Barcelona – Karachi”

No	Latitude	Longitude	Dist.	Course	d	H	n	ρ	P (req.)	Vessel speed	Time
					[m]	[m]	item	[kg/m ³]	[N]	[knots]	[hours]
1	41°20.0'N	002°14.0'E	-								
2	38°17.0'N	009°29.5'E	381.8'	118.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	22.46
3	35°35.9'N	014°15.8'E	280.3'	125.2°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	16.49
4	31°41.0'N	032°17.0'E	930.4'	104.6°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	54.73
5	31°25.0'N	032°20.0'E	16.2'	170.9°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.95
6	31°19.4'N	032°22.4'E	6.0'	159.9°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.35
7	31°06.0'N	032°18.5'E	13.8'	194.0°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.81
8	30°48.5'N	032°19.1'E	17.5'	178.3°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	1.03
9	30°42.9'N	032°20.6'E	5.8'	167.0°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.34
10	30°42.0'N	032°20.7'E	0.9'	174.5°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.05
11	30°37.0'N	032°19.4'E	5.1'	192.6°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.30
12	30°35.4'N	032°18.5'E	1.8'	205.8°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.10
13	30°34.3'N	032°18.2'E	1.1'	193.2°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.07
14	30°33.3'N	032°18.4'E	1.0'	170.2°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.06
15	30°32.5'N	032°18.9'E	0.9'	151.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.05
16	30°31.0'N	032°20.2'E	1.9'	143.3°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.11
17	30°28.5'N	032°20.7'E	2.5'	170.2°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.15
18	30°26.3'N	032°21.2'E	2.2'	168.9°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.13
19	30°21.5'N	032°22.2'E	4.9'	169.8°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.29
20	30°16.8'N	032°26.4'E	5.9'	142.4°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.35
21	30°15.3'N	032°31.5'E	4.7'	108.8°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.27
22	30°14.5'N	032°32.4'E	1.1'	135.8°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.07
23	30°12.5'N	032°33.7'E	2.3'	150.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.14
24	30°11.6'N	032°34.1'E	1.0'	159.0°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.06
25	30°03.7'N	032°34.3'E	7.9'	178.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.47
26	29°58.4'N	032°35.2'E	5.4'	171.6°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.32
27	29°57.2'N	032°35.0'E	1.2'	188.2°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.07
28	29°56.1'N	032°34.1'E	1.4'	215.3°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.08
29	29°55.2'N	032°32.9'E	1.4'	229.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.08
30	29°54.0'N	032°32.8'E	1.2'	184.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.07
31	29°51.2'N	032°33.2'E	2.8'	172.9°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.17
32	29°46.6'N	032°31.0'E	5.0'	202.5°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.29
33	29°35.0'N	032°30.5'E	11.6'	182.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.68
34	29°10.0'N	032°43.6'E	27.5'	155.5°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	1.62
35	28°45.0'N	032°54.0'E	26.7'	160.0°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	1.57
36	28°15.0'N	033°13.6'E	34.7'	150.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	2.04
37	28°06.9'N	033°21.4'E	10.6'	139.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	0.63
38	27°47.4'N	033°45.0'E	28.6'	133.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	1.68
39	27°28.9'N	034°04.2'E	25.2'	137.4°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	1.48
40	25°00.0'N	036°00.0'E	181.9'	145.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	10.70
41	19°00.0'N	039°00.0'E	397.5'	155.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	23.38
42	15°30.0'N	041°41.8'E	261.2'	143.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	15.36
43	14°02.0'N	042°49.0'E	109.6'	143.6°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	6.45
44	13°13.0'N	043°01.7'E	50.6'	165.9°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	2.98
45	12°36.0'N	043°19.3'E	40.9'	155.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	2.40
46	12°03.9'N	044°13.8'E	62.3'	121.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	3.66
47	15°00.0'N	052°09.0'E	495.2'	69.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	29.13
48	17°38.0'N	057°57.3'E	370.4'	64.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	21.79
49	24°23.3'N	066°34.6'E	631.2'	50.0°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	37.13
50	24°44.9'N	066°57.2'E	29.9'	43.6°	5	30	6	1.204	1700000	17.00	1.76
		Distance	4511.0'							Cons =	1105.63mt

Table 2
Estimates of the efficiency of rotor sails in January and April for the passage
from the port of Barcelona to the port of Karachi

JANUARY							APRIL						
WD	WCA	$\frac{WS}{V}$	{Vy}	P	Effect.	Cons.	WD	WCA	$\frac{WS}{V}$	{Vy}	P	Effect.	Cons.
	°	[m/s]	[m/s]	[N]	%	[mt]	°	°	[m/s]	[m/s]	[N]	%	[mt]
315.0°	163.7°	12.9	3.61	554481	32.62	30.52	315.0°	163.7°	12.9	3.61	554481	32.62	30.52
315.0°	170.2°	12.9	2.20	205571	12.09	8.31	315.0°	170.2°	10.3	1.76	131566	7.74	5.32
315.0°	149.6°	10.3	5.20	1149498	67.62	154.20	315.0°	149.6°	10.3	5.20	1149498	67.62	154.20
315.0°	144.1°	10.3	6.03	1547940	91.06	3.62	315.0°	144.1°	10.3	6.03	1547940	91.06	3.62
315.0°	155.1°	10.3	4.33	797312	46.90	0.69	315.0°	155.1°	10.3	4.33	797312	46.90	0.69
315.0°	121.0°	10.3	8.81	1800000	105.88	3.59	315.0°	121.0°	10.3	8.81	1800000	105.88	3.59
315.0°	136.7°	10.3	7.05	1800000	105.88	4.55	315.0°	136.7°	10.3	7.05	1800000	105.88	4.55
315.0°	148.0°	10.3	5.45	1265585	74.45	1.05	315.0°	148.0°	10.3	5.45	1265585	74.45	1.05
315.0°	140.5°	10.3	6.54	1800000	105.88	0.24	315.0°	140.5°	10.3	6.54	1800000	105.88	0.24
315.0°	122.4°	10.3	8.68	1800000	105.88	1.33	315.0°	122.4°	10.3	8.68	1800000	105.88	1.33
315.0°	109.2°	10.3	9.71	1800000	105.88	0.46	315.0°	109.2°	10.3	9.71	1800000	105.88	0.46
315.0°	121.8°	10.3	8.74	1800000	105.88	0.29	315.0°	121.8°	10.3	8.74	1800000	105.88	0.29
315.0°	144.8°	10.3	5.93	1496460	88.03	0.22	315.0°	144.8°	10.3	5.93	1496460	88.03	0.22
315.0°	163.3°	10.3	2.96	371741	21.87	0.05	315.0°	163.3°	10.3	2.96	371741	21.87	0.05
315.0°	171.7°	10.3	1.48	92776	5.46	0.03	315.0°	171.7°	10.3	1.48	92776	5.46	0.03
315.0°	144.8°	10.3	5.93	1495967	88.00	0.55	315.0°	144.8°	10.3	5.93	1495967	88.00	0.55
315.0°	146.1°	10.3	5.74	1400140	82.36	0.45	315.0°	146.1°	10.3	5.74	1400140	82.36	0.45
315.0°	145.2°	10.3	5.87	1465791	86.22	1.03	315.0°	145.2°	10.3	5.87	1465791	86.22	1.03
315.0°	172.6°	10.3	1.32	73675	4.33	0.06	315.0°	172.6°	10.3	1.32	73675	4.33	0.06
315.0°	153.8°	10.3	4.54	876289	51.55	0.59	315.0°	153.8°	10.3	4.54	876289	51.55	0.59
315.0°	179.2°	10.3	0.15	918	0.05	0.00	315.0°	179.2°	10.3	0.15	918	0.05	0.00
315.0°	164.3°	10.3	2.78	328490	19.32	0.11	315.0°	164.3°	10.3	2.78	328490	19.32	0.11
315.0°	156.0°	10.3	4.18	743266	43.72	0.10	315.0°	156.0°	10.3	4.18	743266	43.72	0.10
315.0°	136.3°	10.3	7.11	1800000	105.88	2.05	315.0°	136.3°	10.3	7.11	1800000	105.88	2.05
315.0°	143.4°	10.3	6.13	1601381	94.20	1.24	315.0°	143.4°	10.3	6.13	1601381	94.20	1.24
315.0°	126.8°	10.3	8.23	1800000	105.88	0.32	315.0°	126.8°	10.3	8.23	1800000	105.88	0.32
315.0°	99.7°	10.3	10.13	1800000	105.88	0.35	315.0°	99.7°	10.3	10.13	1800000	105.88	0.35
315.0°	85.9°	10.3	10.25	1800000	105.88	0.36	315.0°	85.9°	10.3	10.25	1800000	105.88	0.36
315.0°	130.9°	10.3	7.77	1800000	105.88	0.31	315.0°	130.9°	10.3	7.77	1800000	105.88	0.31
315.0°	142.1°	10.3	6.32	1699979	100.00	0.69	315.0°	142.1°	10.3	6.32	1699979	100.00	0.69
315.0°	112.5°	10.3	9.50	1800000	105.88	1.29	315.0°	112.5°	10.3	9.50	1800000	105.88	1.29
315.0°	132.9°	10.3	7.54	1800000	105.88	3.02	315.0°	132.9°	10.3	7.54	1800000	105.88	3.02
315.0°	159.5°	10.3	3.59	549374	32.32	2.18	315.0°	159.5°	10.3	3.59	549374	32.32	2.18
315.0°	155.0°	10.3	4.34	803193	47.25	3.09	315.0°	155.0°	10.3	4.34	803193	47.25	3.09
315.0°	164.9°	10.3	2.68	306676	18.04	1.53	315.0°	164.9°	10.3	2.68	306676	18.04	1.53
315.0°	175.3°	10.3	0.84	29879	1.76	0.05	315.0°	175.3°	10.3	0.84	29879	1.76	0.05
315.0°	178.1°	10.3	0.34	5005	0.29	0.02	315.0°	178.1°	10.3	0.34	5005	0.29	0.02
315.0°	177.6°	10.3	0.43	7910	0.47	0.03	315.0°	177.6°	10.3	0.43	7910	0.47	0.03
315.0°	169.9°	7.7	1.35	77877	4.58	2.04	0.0°	145.1°	10.3	5.88	1471810	86.58	38.59
0.0°	155.1°	10.3	4.32	794772	46.75	45.54	0.0°	155.1°	10.3	4.32	794772	46.75	45.54
135.0°	8.7°	10.3	1.55	101930	6.00	3.84	0.0°	143.7°	10.3	6.09	1579304	92.90	59.47
135.0°	8.6°	10.3	1.53	99594	5.86	1.57	135.0°	8.6°	10.3	1.53	99594	5.86	1.57
90.0°	75.9°	10.3	9.97	1800000	105.88	13.14	45.0°	120.9°	10.3	8.82	1800000	105.88	13.14
90.0°	65.1°	10.3	9.33	1800000	105.88	10.60	45.0°	110.1°	10.3	9.65	1800000	105.88	10.60
90.0°	31.1°	10.3	5.31	1198936	70.53	10.77	45.0°	76.1°	10.3	9.98	1800000	105.88	16.16
90.0°	20.9°	10.3	3.66	570626	33.57	40.74	45.0°	24.1°	10.3	4.20	751764	44.22	53.68
90.0°	25.3°	10.3	4.39	821419	48.32	43.86	45.0°	19.7°	10.3	3.47	510995	30.06	27.28
90.0°	40.0°	10.3	6.61	1800000	105.88	163.81	45.0°	5.0°	10.3	0.89	33785	1.99	3.07
90.0°	46.4°	10.3	7.45	1800000	105.88	7.75	45.0°	1.4°	7.7	0.19	1557	0.09	0.01
					Econ	572.25						Econ	494.71
					%	51.76%						%	44.74%

Table 3

Estimation of the efficiency of rotor sails in July and October for the passage from the port of Barcelona to the port of Karachi

JULY							OCTOBER						
WD	WCA	WS {V}	{Vy}	P	Effect.	Cons.	WD	WCA	WS {V}	{Vy}	P	Effect.	Cons.
°	°	[m/s]	[m/s]	[N]	%	[mt]	°	°	[m/s]	[m/s]	[N]	%	[mt]
315.0°	163.7°	10.3	2.89	354868	20.87	19.54	315.0°	163.7°	10.3	2.9	354868	20.87	19.54
315.0°	170.2°	7.7	1.32	74006	4.35	2.99	315.0°	170.2°	10.3	1.8	131566	7.74	5.32
315.0°	149.6°	7.7	3.90	646592	38.03	86.74	315.0°	149.6°	7.7	3.9	646592	38.03	86.74
315.0°	144.1°	7.7	4.52	870716	51.22	2.04	315.0°	144.1°	7.7	4.5	870716	51.22	2.04
315.0°	155.1°	7.7	3.25	448488	26.38	0.39	315.0°	155.1°	7.7	3.2	448488	26.38	0.39
315.0°	121.0°	7.7	6.61	1800000	105.88	3.59	315.0°	121.0°	7.7	6.6	1800000	105.88	3.59
315.0°	136.7°	7.7	5.29	1190547	70.03	3.01	315.0°	136.7°	7.7	5.3	1190547	70.03	3.01
315.0°	148.0°	7.7	4.09	711891	41.88	0.59	315.0°	148.0°	7.7	4.1	711891	41.88	0.59
315.0°	140.5°	7.7	4.91	1025380	60.32	0.13	315.0°	140.5°	7.7	4.9	1025380	60.32	0.13
315.0°	122.4°	7.7	6.51	1800000	105.88	1.33	315.0°	122.4°	7.7	6.5	1800000	105.88	1.33
315.0°	109.2°	7.7	7.28	1800000	105.88	0.46	315.0°	109.2°	7.7	7.3	1800000	105.88	0.46
315.0°	121.8°	7.7	6.55	1800000	105.88	0.29	315.0°	121.8°	7.7	6.6	1800000	105.88	0.29
315.0°	144.8°	7.7	4.45	841759	49.52	0.12	315.0°	144.8°	7.7	4.4	841759	49.52	0.12
315.0°	163.3°	7.7	2.22	209105	12.30	0.03	315.0°	163.3°	7.7	2.2	209105	12.30	0.03
315.0°	171.7°	7.7	1.11	52186	3.07	0.01	315.0°	171.7°	7.7	1.1	52186	3.07	0.01
315.0°	144.8°	7.7	4.45	841482	49.50	0.31	315.0°	144.8°	7.7	4.4	841482	49.50	0.31
315.0°	146.1°	7.7	4.30	787579	46.33	0.26	315.0°	146.1°	7.7	4.3	787579	46.33	0.26
315.0°	145.2°	7.7	4.40	824507	48.50	0.58	315.0°	145.2°	7.7	4.4	824507	48.50	0.58
315.0°	172.6°	7.7	0.99	41442	2.44	0.04	315.0°	172.6°	7.7	1.0	41442	2.44	0.04
315.0°	153.8°	7.7	3.40	492913	28.99	0.33	315.0°	153.8°	7.7	3.4	492913	28.99	0.33
315.0°	179.2°	7.7	0.11	516	0.03	0.00	315.0°	179.2°	7.7	0.1	516	0.03	0.00
315.0°	164.3°	7.7	2.08	184775	10.87	0.06	315.0°	164.3°	7.7	2.1	184775	10.87	0.06
315.0°	156.0°	7.7	3.13	418087	24.59	0.06	315.0°	156.0°	7.7	3.1	418087	24.59	0.06
315.0°	136.3°	7.7	5.33	1209498	71.15	1.38	315.0°	136.3°	10.3	7.1	1800000	105.88	2.05
315.0°	143.4°	10.3	6.13	1601381	94.20	1.24	315.0°	143.4°	10.3	6.1	1601381	94.20	1.24
315.0°	126.8°	10.3	8.23	1800000	105.88	0.32	315.0°	126.8°	10.3	8.2	1800000	105.88	0.32
315.0°	99.7°	10.3	10.13	1800000	105.88	0.35	315.0°	99.7°	10.3	10.1	1800000	105.88	0.35
315.0°	85.9°	10.3	10.25	1800000	105.88	0.36	315.0°	85.9°	10.3	10.3	1800000	105.88	0.36
315.0°	130.9°	10.3	7.77	1800000	105.88	0.31	315.0°	130.9°	10.3	7.8	1800000	105.88	0.31
315.0°	142.1°	10.3	6.32	1699979	100.00	0.69	315.0°	142.1°	10.3	6.3	1699979	100.00	0.69
315.0°	112.5°	10.3	9.50	1800000	105.88	1.29	315.0°	112.5°	10.3	9.5	1800000	105.88	1.29
315.0°	132.9°	10.3	7.54	1800000	105.88	3.02	315.0°	132.9°	10.3	7.5	1800000	105.88	3.02
315.0°	159.5°	10.3	3.59	549374	32.32	2.18	315.0°	159.5°	10.3	3.6	549374	32.32	2.18
315.0°	155.0°	10.3	4.34	803193	47.25	3.09	315.0°	155.0°	10.3	4.3	803193	47.25	3.09
315.0°	164.9°	10.3	2.68	306676	18.04	1.53	315.0°	164.9°	10.3	2.7	306676	18.04	1.53
315.0°	175.3°	10.3	0.84	29879	1.76	0.05	315.0°	175.3°	10.3	0.8	29879	1.76	0.05
315.0°	178.1°	10.3	0.34	5005	0.29	0.02	315.0°	178.1°	10.3	0.3	5005	0.29	0.02
315.0°	177.6°	7.7	0.32	4449	0.26	0.02	0.0°	137.4°	7.7	5.2	1158867	68.17	4.21
315.0°	169.9°	7.7	1.35	77877	4.58	2.04	0.0°	145.1°	7.7	4.4	827893	48.70	21.71
315.0°	159.9°	7.7	2.65	299941	17.64	17.19	0.0°	155.1°	7.7	3.2	447059	26.30	25.62
315.0°	171.3°	7.7	1.16	57336	3.37	2.16	135.0°	8.7°	7.7	1.2	57336	3.37	2.16
315.0°	171.4°	7.7	1.15	56022	3.30	0.89	135.0°	8.6°	7.7	1.1	56022	3.30	0.89
315.0°	149.1°	7.7	3.96	665674	39.16	4.86	180.0°	14.1°	7.7	1.9	150928	8.88	1.10
315.0°	159.9°	7.7	2.65	299481	17.62	1.76	90.0°	65.1°	7.7	7.0	1800000	105.88	10.60
225.0°	103.9°	15.4	14.97	1800000	105.88	16.16	225.0°	103.9°	7.7	7.5	1800000	105.88	16.16
225.0°	155.9°	15.4	6.30	1691469	99.50	120.77	0.0°	69.1°	7.7	7.2	1800000	105.88	128.52
225.0°	160.3°	15.4	5.20	1149738	67.63	61.39	0.0°	64.7°	7.7	7.0	1800000	105.88	96.11
225.0°	175.0°	15.4	1.34	76017	4.47	6.92	0.0°	50.0°	7.7	5.9	1483300	87.25	134.99
225.0°	178.6°	12.9	0.32	4325	0.25	0.02	0.0°	43.6°	7.7	5.3	1202123	70.71	5.18
					Econ	372.90						Econ	588.97
					%	33.73%						%	53.27%

In the Mediterranean Sea and the Suez Canal in January, the northwest wind prevails, and after leaving the Suez Canal, the wind changes to the north and later to the southeast, on the final segments of the route, the wind changes to the east. Figure 1 illustrates a graphic plan for the passage from the port of Barcelona to the port of Karachi.

In April, on segments of the route, lying in the Indian Ocean, the wind direction changes to the northeast, which reduces the efficiency of rotor sails. In July, wind speed decreases on Mediterranean segments, and the direction in the Indian part of the route changes to the southwest, that reduces the theoretical total efficiency of rotor sails to 33.73% in July. In October, the wind speed in the Indian Ocean decreases, but the direction on the corresponding segments changes to the north, which positively affects the efficiency of rotor sails. The theoretical efficiency of rotor sails in October reaches 53.27%. All changes in the efficiency of rotor sails are shown graphically in the figure 2.

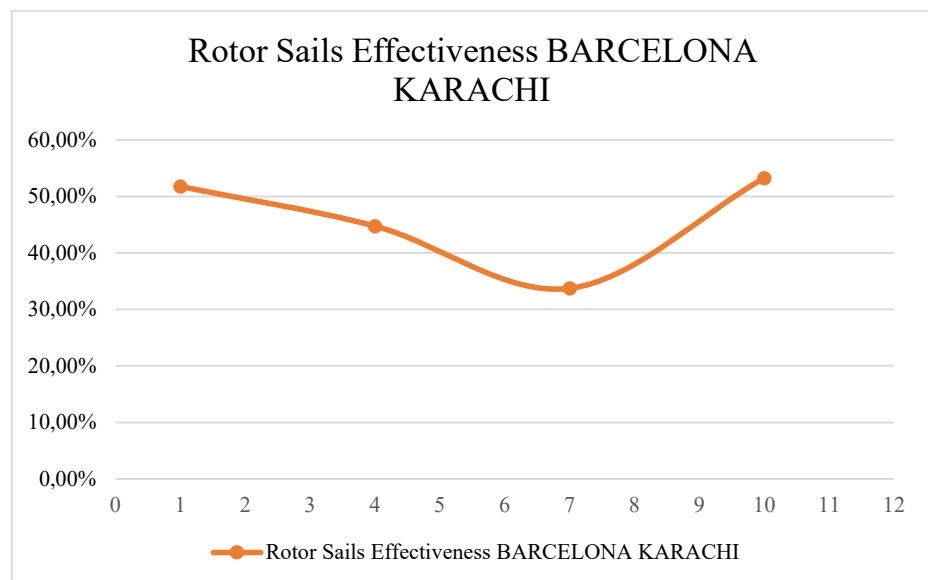


Fig. 2. Efficiency of rotor sails on the route “Barcelona – Karachi”

Analyzing tables 2, 3 and the graph of Figure 2, we can conclude that the least efficiency of rotor sails on the route “Barcelona – Karachi” on summer, and the largest in autumn. Each ribbon of tables 2 and 3 responses a specific segment, therefore, if necessary, you can change the turning points and calculate possible changes in the efficiency of rotor sails.

The passage “NANTES – GIBRALTAR” characterized by frequent changes of wind direction. Table 4 shows the underlying data for this passage.

From table 4 take fuel consumption engine without using rotor sails. In tables 5, 6 shown fuel economy, achieved through rotor sails in January and April and July and October respectively.

Table 4

Basic table of passage “NANTES – GIBRALTAR”

No	Latitude	Longitude	Distance	Course	d [m]	H [m]	n item	ρ [kg/m ³]	P (req.) [N]	Vessel speed [knots]	Time [hours]
1	47°04.6'N	002°27.0'W	-								
2	47°00.0'N	002°42.0'W	11.23'	245.8°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.66
3	43°29.0'N	009°58.0'W	372.94'	235.5°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	21.94
4	43°17.0'N	010°06.0'W	13.36'	205.9°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.79
5	38°42.0'N	010°06.0'W	275.49'	180.0°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	16.21
6	36°47.0'N	009°32.0'W	118.31'	166.8°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	6.96
7	36°34.5'N	009°17.0'W	17.38'	136.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	1.02
8	35°54.0'N	006°12.0'W	154.88'	105.2°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	9.11
9	35°55.5'N	005°36.5'W	28.84'	87.0°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	1.70
10	35°59.0'N	005°24.0'W	10.73'	70.9°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.63
11	36°06.0'N	005°22.0'W	7.20'	13.0°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.42
		Distance	1010.36'							Cons =	247.64 mt

Table 5
Estimation of the efficiency of rotor sails in January and April for the passage from the port of Nantes to the port of Gibraltar

WD	JANUARY										APRIL									
	WCA	WS {V}	[m/s]	{Vy}	[m/s]	[N]	P	Effect.	Cons. Econ.	WD	WCA	WS {V}	[m/s]	{Vy}	[m/s]	[N]	P	Effect.	Cons. Econ.	
°	°	°	[m/s]	[m/s]	[N]	%	mt	%	°	°	°	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[N]	%	mt	%	mt	
225°	20.8°	12.9	4.6	883926	52.00	1.43	45°	159.2°	10.3	3.6	565712	33.28	0.92							
225°	10.5°	12.9	2.3	232762	13.69	12.52	0°	124.5°	10.3	8.5	1800000	105.88	96.78							
225°	19.1°	12.9	4.2	756121	44.48	1.46	0°	154.1°	10.3	4.5	855039	50.30	1.65							
225°	45.0°	10.3	7.3	1800000	105.88	71.49	0°	180.0°	10.3	0.0	0	0.00	0.00							
45°	121.8°	10.3	8.7	1800000	105.88	30.70	0°	166.8°	10.3	2.3	233038	13.71	3.98							
45°	91.1°	10.3	10.3	1800000	105.88	4.51	270°	133.9°	10.3	7.4	1800000	105.88	4.51							
45°	60.2°	10.3	8.9	1800000	105.88	40.19	270°	164.8°	10.3	2.7	308581	18.15	6.89							
270°	177.0°	10.3	0.5	12207	0.72	0.05	270°	177.0°	10.3	0.5	12207	0.72	0.05							
270°	160.9°	10.3	3.4	480582	28.27	0.74	270°	160.9°	10.3	3.4	480582	28.27	0.74							
270°	103.0°	10.3	10.0	1800000	105.88	1.87	270°	103.0°	10.3	10.0	1800000	105.88	1.87							
Econom										Econom										
164.97										117.38										
%										%										
66.62%										47.40%										

Table 6
Estimation of the efficiency of roto sails in July and October for the passage from the port of Nantes to the port of Gibraltar

JULY										OCTOBER									
WD	WCA	WS {V}	{Vy}	P	Effect.	Cons. Econ.	WD	WCA	WS {V}	{Vy}	P	Effect.	Cons. Econ.						
°	°	[m/s]	[m/s]	[N]	%	mt	°	°	[m/s]	[m/s]	[N]	%	mt						
270°	24.2°	7.7	3.2	425976	25.06	0.69	315°	69.2°	10.3	9.6	1800000	105.88	2.91						
0°	124.5°	10.3	8.5	1800000	105.88	96.78	0°	124.5°	10.3	8.5	1800000	105.88	96.78						
0°	154.1°	10.3	4.5	855039	50.30	1.65	0°	154.1°	10.3	4.5	855039	50.30	1.65						
0°	180.0°	10.3	0.0	0	0.00	0.00	0°	180.0°	10.3	0.0	0	0.00	0.00						
0°	166.8°	10.3	2.3	233038	13.71	3.98	0°	166.8°	10.3	2.3	233038	13.71	3.98						
0°	136.1°	10.3	7.1	1800000	105.88	4.51	0°	136.1°	10.3	7.1	1800000	105.88	4.51						
0°	105.2°	10.3	9.9	1800000	105.88	40.19	0°	105.2°	10.3	9.9	1800000	105.88	40.19						
0°	87.0°	10.3	10.3	1800000	105.88	7.49	0°	87.0°	10.3	10.3	1800000	105.88	7.49						
0°	70.9°	10.3	9.7	1800000	105.88	2.78	0°	70.9°	10.3	9.7	1800000	105.88	2.78						
45°	32.0°	10.3	5.4	1262301	74.25	1.31	270°	103.0°	10.3	10.0	1800000	105.88	1.87						
Econom						159.38	Econom						162.16						
						%							%						
						64.36%							65.48%						

As you can see, the winds on this route are very changeable: in January, southwest, northeast and westerly winds prevail, in April – western. This causes the lowest efficiency of rotor sails in April and the highest – in January. In July and October, efficiency is quite high due to the northerly winds.

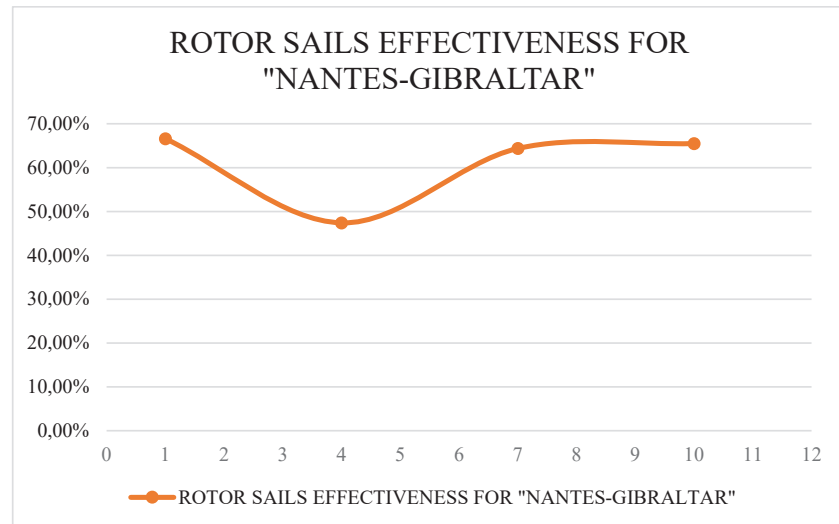


Fig. 3. Efficiency of rotor sails on the route "NANTES – GIBRALTAR"

Figure 3 understands that the efficiency of rotor sails as a ship power plant on the route "NANTES – GIBRALTAR" is generally stable except in spring. Figure 4 shows the graphical plan of the passage from the port of NANTES to the port of GIBRALTAR.

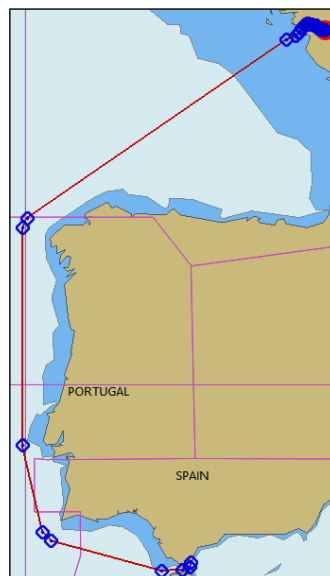


Fig. 4. Passage NANTES-GIBRALTAR

Passage from the port of Nantes to the port of Gibraltar (Fig. 4.) explains changes in wind direction if you impose it on meteorological wind maps.

To assess the capabilities of rotor sails in northern latitudes, the effectiveness of their work was calculated for the passage “Murmansk – Puerto Cabello”. The initial data is written in a table 7.

Table 7

Base table of the passage “MURMANSK – PUERTO CABELLO”

No	Latitude	Longitude	Dist.	Course	d	H	n	ρ	P (req.)	Vessel speed	Time
				°	[m]	[m]	item	[kg/m ³]	[N]	knots	[hours]
1	68°59.5'N	033°03.2'E									
2	68°59.6'N	033°02.8'E	0.2'	304.9°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.01
3	69°02.0'N	033°03.3'E	2.4'	4.3°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.14
4	69°03.1'N	033°04.0'E	1.1'	12.8°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.07
5	69°03.8'N	033°09.0'E	1.9'	68.6°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.11
6	69°04.8'N	033°19.2'E	3.8'	74.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.22
7	69°07.5'N	033°28.6'E	4.3'	51.2°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.25
8	69°10.2'N	033°32.8'E	3.1'	29.0°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.18
9	69°11.9'N	033°32.6'E	1.7'	357.6°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.10
10	69°17.9'N	033°32.1'E	6.0'	358.3°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.35
11	69°19.7'N	033°35.5'E	2.2'	33.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.13
12	70°05.0'N	033°35.5'E	45.4'	0.0°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	2.67
13	70°47.0'N	032°00.0'E	52.9'	322.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	3.11
14	71°28.9'N	029°05.0'E	70.5'	306.5°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	4.15
15	71°45.0'N	025°50.0'E	63.7'	284.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	3.75
16	71°32.0'N	022°18.0'E	68.1'	259.0°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	4.01
17	71°01.9'N	018°49.0'E	73.6'	245.8°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	4.33
18	68°12.0'N	010°00.0'E	250.7'	227.3°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	14.74
19	67°28.0'N	008°58.5'E	49.8'	207.8°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	2.93
20	60°55.0'N	002°04.4'W	487.0'	216.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	28.64
21	60°34.5'N	002°25.0'W	22.9'	206.2°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	1.35
22	58°58.0'N	004°58.0'W	123.7'	218.6°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	7.28
23	57°58.2'N	006°16.4'W	72.6'	214.4°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	4.27
24	57°54.0'N	006°30.1'W	8.4'	240.0°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.49
25	57°43.6'N	006°46.3'W	13.5'	219.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.80
26	56°21.1'N	007°30.4'W	86.1'	196.2°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	5.06
27	56°11.0'N	007°30.4'W	10.1'	180.0°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.60
28	55°23.8'N	006°27.4'W	59.1'	143.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	3.48
29	55°20.9'N	006°08.1'W	11.4'	104.8°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.67
30	54°41.5'N	005°13.7'W	50.3'	141.6°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	2.96
31	53°24.0'N	005°19.0'W	77.7'	182.3°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	4.57
32	52°10.0'N	006°07.0'W	79.6'	201.4°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	4.68
33	51°03.5'N	008°23.0'W	107.7'	231.8°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	6.33
34	50°55.0'N	008°48.8'W	18.4'	242.4°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	1.08
35	39°17.3'N	031°02.7'W	1166.3'	233.3°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	68.61
36	18°39.0'N	063°36.0'W	2095.1'	233.8°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	123.24
37	10°30.0'N	068°01.0'W	553.0'	207.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	32.53
38	10°29.1'N	068°00.8'W	0.9'	167.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.05
39	10°29.0'N	068°00.5'W	0.3'	108.7°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.02
		Distance	5745.6'							Cons.=	1408.2 mt

From the calculations of Table 7 it turns out that without the use of rotor sails, fuel consumption on the route “Murmansk – Puerto Cabello” will reach 1408.2 mt. Further performance calculations will be based on this figure. Tables 8, 9 calculated efficiency for this route at different times of the year.

Table 8

Estimation of the efficiency of roto sails in January and April for the passage from the port of Murmansk to the port of Puerto Cabello

JANUARY							APRIL						
WD	WCA	WS {V}	{Vy}	P	Effect.	Cons. Econ.	WD	WCA	WS {V}	{Vy}	P	Effect.	Cons. Econ.
°	°	[m/s]	[m/s]	[N]	%	[mt]	°	°	[m/s]	[m/s]	[N]	%	[mt]
225°	79.9°	12.9	12.65	1800000	105.88	0.0	180°	124.9°	7.7	6.32	1702003	100.12	0.0
225°	139.3°	12.9	8.39	1800000	105.88	0.6	180°	175.7°	7.7	0.57	14006	0.82	0.0
225°	147.8°	12.9	6.84	1800000	105.88	0.3	180°	167.2°	7.7	1.71	124602	7.33	0.0
225°	156.4°	12.9	5.15	1127232	66.31	0.3	180°	111.4°	7.7	7.18	1800000	105.88	0.5
225°	150.3°	12.9	6.36	1719944	101.17	0.9	180°	105.3°	7.7	7.44	1800000	105.88	1.0
225°	173.8°	12.9	1.38	80831	4.75	0.1	180°	128.8°	7.7	6.01	1534615	90.27	1.0
225°	164.0°	12.9	3.55	535562	31.50	0.2	180°	151.0°	7.7	3.73	593622	34.92	0.3
225°	132.6°	12.9	9.46	1800000	105.88	0.4	180°	177.6°	7.7	0.32	4414	0.26	0.0
225°	133.3°	12.9	9.35	1800000	105.88	1.6	180°	178.3°	7.7	0.23	2204	0.13	0.0
225°	168.7°	12.9	2.51	269155	15.83	0.1	180°	146.3°	7.7	4.28	779342	45.84	0.2
225°	135.0°	12.9	9.09	1800000	105.88	11.8	180°	180.0°	7.7	0.00	0	0.00	0.0
225°	97.7°	12.9	12.73	1800000	105.88	13.7	135°	172.3°	10.3	1.38	81016	4.77	0.6
225°	81.5°	12.9	12.71	1800000	105.88	18.3	135°	171.5°	10.3	1.52	97819	5.75	1.0
225°	59.7°	12.9	11.09	1800000	105.88	16.5	135°	149.7°	10.3	5.19	1146808	67.46	10.5
225°	34.0°	12.9	7.18	1800000	105.88	17.7	135°	124.0°	10.3	8.52	1800000	105.88	17.7
225°	20.8°	15.4	5.48	1279344	75.26	13.6	135°	110.8°	10.3	9.61	1800000	105.88	19.1
225°	2.3°	15.4	0.61	15965	0.94	0.6	135°	92.3°	10.3	10.27	1800000	105.88	65.0
180°	27.8°	15.4	7.19	1800000	105.88	12.9	0°	152.2°	12.9	5.99	1528848	89.93	11.0
180°	36.1°	15.4	9.10	1800000	105.88	126.4	225°	8.9°	10.3	1.58	106476	6.26	7.5
225°	18.8°	12.9	4.15	733242	43.13	2.4	225°	18.8°	10.3	3.32	469275	27.60	1.5
225°	6.4°	12.9	1.43	87540	5.15	1.6	225°	6.4°	10.3	1.15	56026	3.30	1.0
225°	10.6°	12.9	2.36	236290	13.90	2.5	225°	10.6°	10.3	1.89	151225	8.90	1.6
225°	15.0°	12.9	3.32	470398	27.67	0.6	225°	15.0°	10.3	2.66	301055	17.71	0.4
225°	5.3°	12.9	1.19	60315	3.55	0.1	225°	5.3°	10.3	0.95	38602	2.27	0.1
225°	28.8°	12.9	6.19	1629451	95.85	20.2	225°	28.8°	10.3	4.95	1042849	61.34	12.9
225°	45.0°	12.9	9.09	1800000	105.88	2.6	225°	45.0°	10.3	7.27	1800000	105.88	2.6
225°	81.9°	12.9	12.72	1800000	105.88	15.3	225°	81.9°	10.3	10.18	1800000	105.88	15.3
225°	120.2°	12.9	11.11	1800000	105.88	2.9	225°	120.2°	10.3	8.89	1800000	105.88	2.9
225°	83.4°	12.9	12.76	1800000	105.88	13.1	225°	83.4°	10.3	10.21	1800000	105.88	13.1
225°	42.7°	12.9	8.71	1800000	105.88	20.2	225°	42.7°	10.3	6.97	1800000	105.88	20.2
225°	23.6°	12.9	5.14	1124530	66.15	12.9	225°	23.6°	10.3	4.11	719699	42.34	8.3
225°	6.8°	12.9	1.52	97954	5.76	1.5	225°	6.8°	10.3	1.21	62691	3.69	1.0
225°	17.4°	12.9	3.84	626553	36.86	1.7	225°	17.4°	10.3	3.07	400994	23.59	1.1
225°	8.3°	15.4	2.23	211740	12.46	35.6	270°	36.7°	10.3	6.14	1604932	94.41	269.9
90°	143.8°	10.3	6.07	1566346	92.14	473.1	90°	143.8°	10.3	6.07	1566346	92.14	473.1
90°	117.7°	10.3	9.11	1800000	105.88	143.5	90°	117.7°	10.3	9.11	1800000	105.88	143.5
90°	77.7°	10.3	10.04	1800000	105.88	0.2	90°	77.7°	10.3	10.04	1800000	105.88	0.2
90°	18.7°	10.3	3.30	463543	27.27	0.0	90°	18.7°	10.3	3.30	463543	27.27	0.0
					Econ.	986.2						Econ.	1104.2
					%	70%						%	78%

Table 9

Estimation of the efficiency of rotor sails in July and October for the passage from the port of Murmansk to the port of Puerto Cabello

JULY							OCTOBER						
WD	WCA	WS {V}	{Vy}	P	Effect.	Cons. Econ.	WD	WCA	WS {V}	{Vy}	P	Effect.	Cons. Econ.
°	°	[m/s]	[m/s]	[N]	%	[mt]	°	°	[m/s]	[m/s]	[N]	%	[mt]
135°	169.9°	7.7	1.35	77939	4.58	0.0	225°	79.9°	10.3	10.12	1800000	105.88	0.0
135°	130.7°	7.7	5.84	1452573	85.45	0.5	225°	40.7°	10.3	6.71	1800000	105.88	0.6
135°	122.2°	7.7	6.53	1800000	105.88	0.3	225°	32.2°	10.3	5.47	1275430	75.03	0.2
135°	66.4°	7.7	7.06	1800000	105.88	0.5	225°	156.4°	10.3	4.12	721429	42.44	0.2
135°	60.3°	7.7	6.70	1800000	105.88	1.0	225°	150.3°	10.3	5.09	1100764	64.75	0.6
135°	83.8°	7.7	7.67	1800000	105.88	1.1	225°	173.8°	10.3	1.10	51732	3.04	0.0
135°	106.0°	7.7	7.41	1800000	105.88	0.8	225°	16.0°	10.3	2.84	342760	20.16	0.2
135°	137.4°	7.7	5.22	1159286	68.19	0.3	225°	132.6°	10.3	7.57	1800000	105.88	0.4
135°	136.7°	7.7	5.29	1190235	70.01	1.0	225°	133.3°	10.3	7.48	1800000	105.88	1.6
135°	101.3°	7.7	7.56	1800000	105.88	0.6	225°	11.3°	10.3	2.01	172259	10.13	0.1
135°	135.0°	7.7	5.45	1264864	74.40	8.3	225°	45.0°	10.3	7.27	1800000	105.88	11.8
135°	172.3°	7.7	1.03	45571	2.68	0.3	225°	97.7°	10.3	10.19	1800000	105.88	13.7
135°	171.5°	7.7	1.14	55023	3.24	0.6	225°	81.5°	10.3	10.17	1800000	105.88	18.3
90°	165.3°	10.3	2.60	288452	16.97	2.6	225°	59.7°	10.3	8.87	1800000	105.88	16.5
90°	169.0°	10.3	1.96	164252	9.66	1.6	225°	34.0°	10.3	5.75	1405018	82.65	13.8
90°	155.8°	10.3	4.21	754041	44.36	8.0	225°	20.8°	10.3	3.66	568597	33.45	6.0
225°	2.3°	10.3	0.41	7095	0.42	0.3	225°	2.3°	12.9	0.51	11087	0.65	0.4
225°	17.2°	10.3	3.04	393102	23.12	2.8	225°	17.2°	12.9	3.80	614222	36.13	4.4
225°	8.9°	7.7	1.19	59893	3.52	4.2	180°	36.1°	7.7	4.55	880253	51.78	61.8
225°	18.8°	7.7	2.49	263967	15.53	0.9	180°	26.2°	7.7	3.40	491503	28.91	1.6
225°	6.4°	7.7	0.86	31514	1.85	0.6	225°	6.4°	12.9	1.43	87540	5.15	1.6
225°	10.6°	7.7	1.41	85064	5.00	0.9	225°	10.6°	12.9	2.36	236290	13.90	2.5
225°	15.0°	10.3	2.66	301055	17.71	0.4	225°	15.0°	12.9	3.32	470398	27.67	0.6
225°	5.3°	10.3	0.95	38602	2.27	0.1	225°	5.3°	12.9	1.19	60315	3.55	0.1
225°	28.8°	10.3	4.95	1042849	61.34	12.9	225°	28.8°	12.9	6.19	1629451	95.85	20.2
225°	45.0°	10.3	7.27	1800000	105.88	2.6	225°	45.0°	12.9	9.09	1800000	105.88	2.6
225°	81.9°	10.3	10.18	1800000	105.88	15.3	225°	81.9°	12.9	12.72	1800000	105.88	15.3
225°	120.2°	10.3	8.89	1800000	105.88	2.9	225°	120.2°	12.9	11.11	1800000	105.88	2.9
270°	128.4°	10.3	8.06	1800000	105.88	13.1	225°	83.4°	12.9	12.76	1800000	105.88	13.1
270°	87.7°	10.3	10.27	1800000	105.88	20.2	225°	42.7°	12.9	8.71	1800000	105.88	20.2
270°	68.6°	10.3	9.57	1800000	105.88	20.7	225°	23.6°	12.9	5.14	1124530	66.15	12.9
270°	38.2°	10.3	6.36	1721381	101.26	26.7	225°	6.8°	12.9	1.52	97954	5.76	1.5
270°	27.6°	10.3	4.77	967011	56.88	2.6	225°	17.4°	12.9	3.84	626553	36.86	1.7
225°	8.3°	9.0	1.30	72050	4.24	12.1	270°	36.7°	10.3	6.14	1604932	94.41	269.9
90°	143.8°	9.0	5.31	1199233	70.54	362.2	90°	143.8°	10.3	6.07	1566346	92.14	473.1
90°	117.7°	10.3	9.11	1800000	105.88	143.5	90°	117.7°	10.3	9.11	1800000	105.88	143.5
90°	77.7°	10.3	10.04	1800000	105.88	0.2	90°	77.7°	10.3	10.04	1800000	105.88	0.2
90°	18.7°	10.3	3.30	463543	27.27	0.0	90°	18.7°	10.3	3.30	463543	27.27	0.0
					Econ.	672.8						Econ.	1134.3
					%	48%						%	81%

The direction of the wind varies according to the navigation region and the time of year. In January, southwest and east wind prevails, in April – southeast, east wind. April and October for this passage are the most effective periods of rotor sails. Figure 5 shows a graph of efficiency.

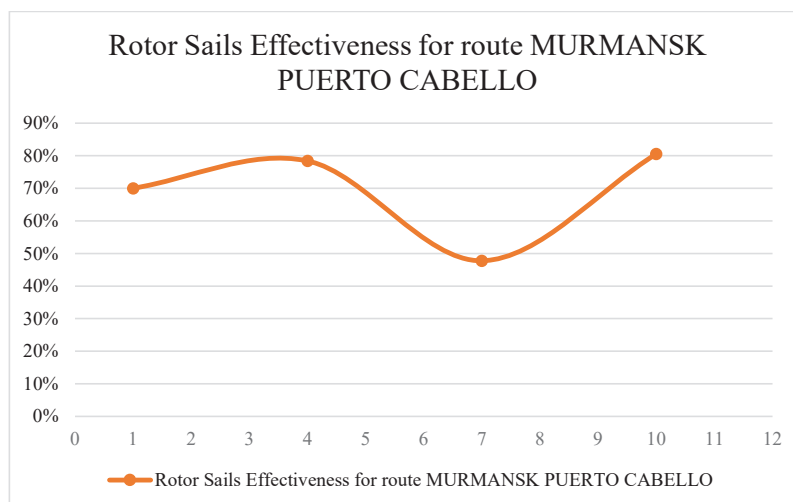


Fig. 5. Efficiency of rotor sails on the route MURMANSK – Puerto Cabello

As can be seen from Figure 5, the most unfavorable winds for this route blow in July, and the most favorable in April and October. In July, the theoretical effectiveness is the lowest – 48%. And the largest theoretical effectiveness in April – 78% and October – 81%. The most difficult for calculations is the segment between the points 34 i 35, since the prevailing wind is very volatile here, you have to focus on the general wind trends in the North Atlantic Ocean.

Figure 6 shows graphically the route of the passage from the port of Murmansk to the port of Puerto Cabello, which allows you to match it with pilot charts and check the correctness of the wind recorded for calculations.

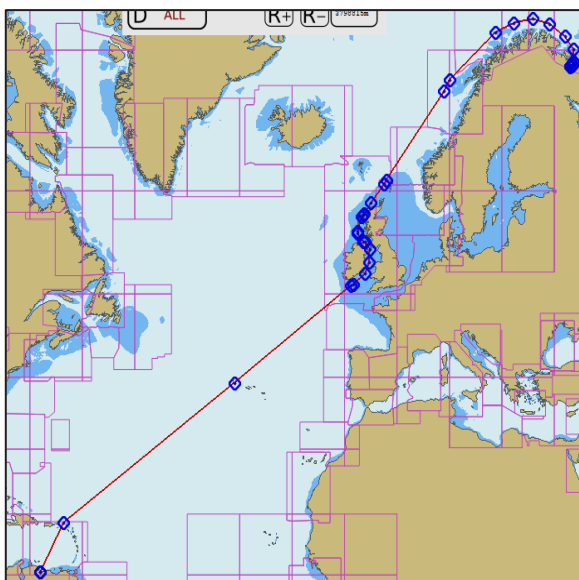


Fig. 6. Passage “MURMANSK – PUERTO CABELLO”

Figure 6 clearly shows that the vessel must pass the most inconvenient place for calculating the wind.

On figure 7 shows changes in the efficiency of rotor sails depending on the time of year. The most difficult for calculations is the segment between 40° and 30° N, how much the wind is there is the rotational nature of movement.

Now let's calculate the theoretical efficiency of rotorsails for the Indian Ocean, for this we will take the passage from the port of Karwar to the port of Nishtun. Table 10 describes the basic data for the passage from the port of Karwar to the port of Nishtun. Tables 11, 12 show the effectiveness of rotor sails depending on the time of year for the passage "KARWAR – NISHTUN".

Table 10

Base table of the passage plan "KARWAR – NISHTUN"

No	Latitude	Longitude	Dist.	Course	d	H	n	ρ	P (req.)	Vessel speed	Time
				$^{\circ}$	m	m	item	$[kg/m^3]$	$[N]$	$[knots]$	$[hours]$
1	14°48.1'N	074°06.9'E									
2	14°48.6'N	074°07.1'E	0.5'	21.1°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.0
3	14°48.7'N	074°06.4'E	0.7'	278.4°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.0
4	14°48.8'N	074°03.3'E	3.0'	271.9°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	0.2
5	15°05.0'N	068°15.0'E	337.5'	272.8°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	19.9
6	15°20.0'N	062°23.0'E	340.6'	272.5°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	20.0
7	15°35.0'N	056°30.0'E	341.2'	272.5°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	20.1
8	14°49.1'N	052°12.3'E	253.3'	259.5°	5	30	6	1.204	1700000	17.0	14.9
			Distance							Cons=	312.9 mt

From table 10 follows, that without the help of rotor sails, fuel consumption will be 312.9 mt. Total Passage Duration 75.11 hours. With a standard calculation for 6 rotor sails, it becomes clear that the capacity of this ship's power plant is more than enough for the Indian Ocean. And this can be clearly seen in tables 11 and 12.

Table 11

Calculations of the efficiency of rotor sails in January and April for the passage from the port of Karwar to the port of Nishtun

JANUARY							APRIL						
WD	WCA	WS {V}	{Vy}	P	Effect.	Cons. Econ.	WD	WCA	WS {V}	{Vy}	P	Effect.	Cons. Econ.
$^{\circ}$	$^{\circ}$	$[m/s]$	$[m/s]$	$[N]$	%	mt	$^{\circ}$	$^{\circ}$	$[m/s]$	$[m/s]$	$[N]$	%	mt
0°	21.1°	7.7	2.8	329106	19.36	0.03	315°	66.1°	7.7	7.1	1800000	105.88	0.14
0°	81.6°	7.7	7.6	1800000	105.88	0.18	315°	36.6°	7.7	4.6	899042	52.88	0.09
0°	88.1°	7.7	7.7	1800000	105.88	0.78	315°	43.1°	7.7	5.3	1180548	69.44	0.51
0°	87.2°	10.3	10.3	1800000	105.88	87.59	315°	42.2°	7.7	5.2	1143362	67.26	55.63
45°	132.5°	10.3	7.6	1800000	105.88	88.39	315°	42.5°	7.7	5.2	1153368	67.85	56.64
45°	132.5°	10.3	7.6	1800000	105.88	88.54	315°	42.5°	7.7	5.2	1153550	67.86	56.74
45°	145.5°	10.3	5.8	1445913	85.05	52.81	225°	34.5°	7.7	4.4	813326	47.84	29.71
						Econom							Econom
						%							%
						101.71%							63.74%

Table 12

Calculations of the efficiency of rotor sails in July and October for the passage from the port of Karwar to the port of Nishtun

JULY							OCTOBER						
WD	WCA	WS {V}	{Vy}	P	Effect.	Cons. Econ.	WD	WCA	WS {V}	{Vy}	P	Effect.	Cons. Econ.
°	°	[m/s]	[m/s]	[N]	%	mt	°	°	[m/s]	[m/s]	[N]	%	mt
270°	111.1°	12.9	12.0	1800000	105.88	0.14	0°	21.1°	7.7	2.8	329106	19.36	0.03
270°	8.4°	12.9	1.9	150156	8.83	0.01	0°	81.6°	7.7	7.6	1800000	105.88	0.18
270°	1.9°	15.4	0.5	11253	0.66	0.00	0°	88.1°	7.7	7.7	1800000	105.88	0.78
270°	2.8°	12.9	0.6	16248	0.96	0.79	315°	87.2°	7.7	7.7	1800000	105.88	87.59
225°	47.5°	15.4	11.4	1800000	105.88	88.39	315°	87.5°	7.7	7.7	1800000	105.88	88.39
225°	47.5°	15.4	11.4	1800000	105.88	88.54	315°	47.5°	7.7	5.7	1376178	80.95	67.69
225°	34.5°	12.9	7.3	1800000	105.88	65.74	225°	34.5°	7.7	4.4	813326	47.84	29.71
						Econom							Econom
						243.62							274.36
						%							%
						77.85%							87.67%

The highest efficiency of rotor sails at the Karwar-Nishtun crossing in January, the smallest in April. Figure 7 shows a graph of changes in the efficiency of rotor sails depending on the time of year.

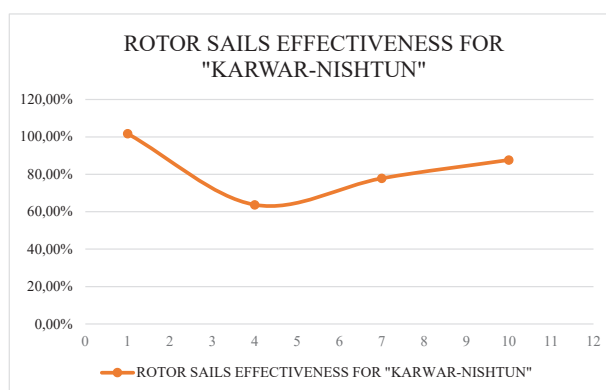


Fig. 7. Effectiveness of rotor sails on the route "KARWAR – NISHTUN".

According to the figure 7 the highest effectiveness is in January, and the lowest in April. Figure 8 shows a graphical plan for the passage from the port of Karwar to the port of Nishtun.

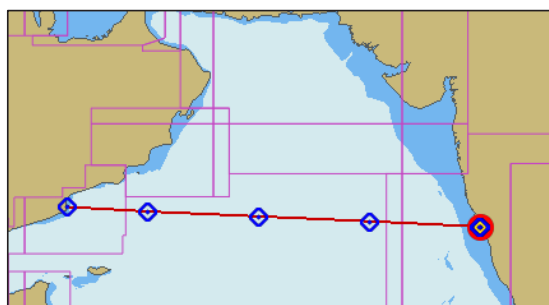


Fig. 8. Passage "KARWAR – NISHTUN"

Fig. 8 reveals the graphical features of the passage from the port of Karwar to the port of Nishtun. On Fig. 9 and 10 depicted prevailing winds on the planet depending on the time of year. The route of the vessel can be changed taking into account the time of year, if it is economically profitable.

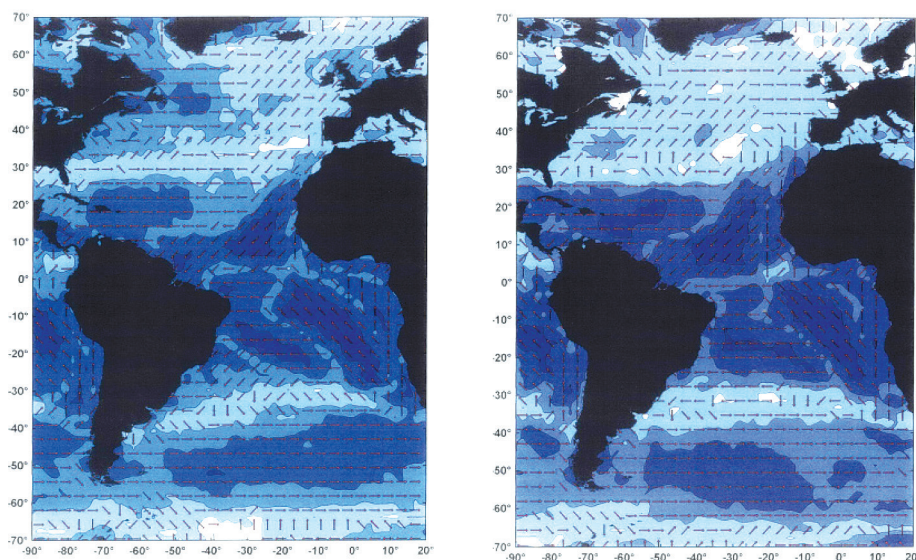


Fig. 9. Perennial prevailing winds in January (left) and April (right)

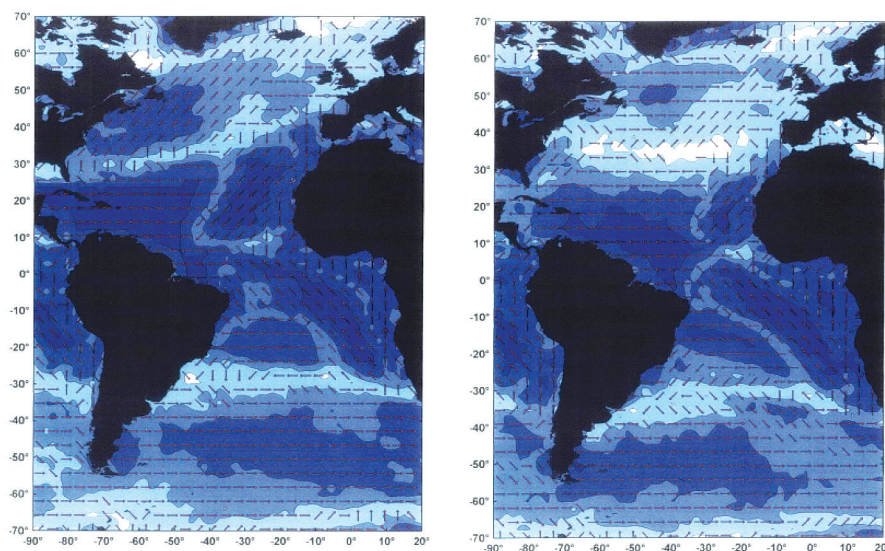


Fig. 10. Perennial prevailing winds in July (left) and October (right)

When viewing the wind directions, you can check that the selected wind directions are correct, and you can also use the PILOT CHARTS and check the wind speed.

To install rotor sails, it is proposed to select the company's equipment NORSEPOWER [6-8] and container ships "UMM QARN" and "MSC EMMA".

Main characteristics m/v “MSC EMMA” LOA: 366.32m, LPP: 350.00m, Breadth: 48.2 m.
Main characteristics m/v “UMM QARN” LOA: 368.52m, LPP:352.00m,
Breadth:51.00m

From article [2] was selected the variate of cylinder locations “6.1”, since it is the most effective in terms of thrust and safe in terms of the requirements of the SOLAS convention apparently for container carrier ship visibility (Fig.11.).

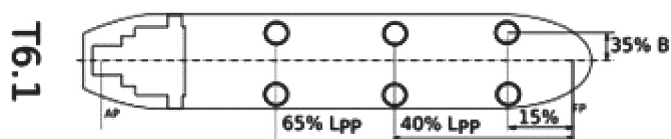


Fig. 11. Cylinder localization scheme from source [2]

This location option is suitable as for a container carrier “MSC EMMA” as same as for a container carrier ship “UMM QARN”.

6. CONCLUSIONS

Based on the selected vessels, this option of positioning six rotor cylinders with a diameter of 5 meters will make it possible to significantly save fuel by reducing the load on the engine. The mathematical experiment allowed to calculate the possibilities of an alternative ship power plant on different routes. Such a ship power plant will be able to reduce carbon emissions into the atmosphere by 50% even before the IMO deadlines [5].

Thrust can also be increased if you strengthen the design of rotor sail. Modern technologies and old tested ideas can change world marine industry in amazing way.

REFERENCES

1. Tillig, F., Ringsberg, J.W., Psaraftis, H.N., & Zis, T., 2020. *Reduced environmental impact of marine transport through speed reduction and wind assisted propulsion*. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 83, [102380]. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2020.102380>
2. Tillig, F., Ringsberg, J. (2020) Design, operation and analysis of wind-assisted cargo ships Ocean Engineering, 211(1): 1–23 <http://dx.doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.107603>
3. Kupraty O., 2021. *Implementation of the algorithm for calculation course (bearing) on rhumb line and constructing the trajectory of the ship's turning circle in the MATLAB programming environment*. The scientific heritage. (Budapest, Hungary).VOL1, No 60(60). pp. 40–45. <https://doi.org/10.24412/9215-0365-2021-60-1-40-45>
4. *Standard – DNVGLST0511. Wind assisted propulsion systems*. Edition November 2019.
5. *Adoption of the initial IMO strategy on reduction of GHG emissions from ships and existing IMO activity related to reducing GHG emissions in the shipping sector*. ANNEX 1 RESOLUTION MEPC.304(72). Adopted on 13 April 2018.

6. *Rotor Sail technology*. Brochure. NORSEPOWER. HELSINKI, FINLAND.2021 <https://www.norsepower.com/download/brochure.pdf>
7. *Norsepower rotor sail solution*. Brochure. NORSEPOWER. HELSINKI, FINLAND.2018 <https://wind-ship.org/wp-content/uploads/2018/08/Norsepower-Rotor-Sail-Solution-brochure-2018.pdf>
8. Riski Tuomas, Jacobsen Steen. *Norsepower rotor sail solution*. Presentation. Energy Technologies Institute LLP. 2017. https://d2umxnkyjne36n.cloudfront.net/documents/10YoI_HDVMarine_RotorSails.pdf?mtime=20171124104900

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)

УДК 656.213:303.732.4

DOI

СИНЕРГЕТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ СУДЕН НА ПРИПОРТОВИХ ЗАЛІЗНИЦЯХ

Ю.О. Казмиренко¹, О.В. Дрозд²

¹д.т.н., доцент, професор кафедри інформаційних управляючих систем та технологій,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Миколаїв, Україна,

ORCID ID: 0000-0002-7120-8226

²к.т.н., доцент, декан енерготехнічного факультету,
Херсонська філія

Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова,
м. Херсон, Україна,

ORCID ID: 0000-0002-0135-8659

Анотація

Вступ. Підвищення ефективності експлуатації припортових залізниць залежить від застосування інформаційного простору, який об'єднує діяльність спеціалізованих комунікацій для їх обслуговування. **Мета роботи** полягає у практичному застосуванні синергетичного підходу до розробки нового інформаційного забезпечення завантаженості суден на основі принципів синхронізації діяльності залізниць і порту. Методологія досліджень ґрунтується на наукових положеннях системного аналізу, об'єктно-орієнтованого програмування та попередніх дослідженнях авторів щодо транспортно-технологічних систем припортових залізниць і проектування спеціалізованих інформаційних систем для їх обслуговування. Проаналізовано проблемні питання вантажообігу на припортових залізницях, зокрема пов'язаних з недоліками інформаційних систем; визначено шляхи їх вирішення. Взаємодію залізничного і водного транспорту наведено у графічній інтерпретації у вигляді моделі синергетичного підходу до єдиного інформаційного простору. Модель надає уявлення про принципи синхронізації для координації служб залізниць і порту. Складено програму заходів щодо підвищення ефективності виконання вантажних операцій за рахунок впровадження нових організаційних рішень з інформаційного забезпечення, виконано їх ситуаційний аналіз. Розроблено проєкт інформаційної системи, який матиме модульну структуру, що передбачатиме роботу у режимах адміністратора і користувача. Для написання бази даних застосовано мову програмування Java. Результати роботи апробовані на віртуальній моделі і можуть бути застосовані у сучасній практиці стивідорних та логістичних компаній. **Висновки:** за допомогою синергетичного підходу досліджено взаємозв'язок організаційних, економічних та експлуатаційних складових завантаження суден на припортових залізницях з розробкою нового інформаційного забезпечення для підвищення ефективності організаційних процесів.

Практичне значення роботи полягатиме у розробці програми заходів та ситуаційному аналізі організаційно-технічних рішень з інформаційного забезпечення для завантаження суден на припортових залізницях.

Ключові слова: *інформаційний простір, вантажообіг, координація служб залізниці і порту, ситуаційний аналіз.*

SYNERGY APPROACH TO INFORMATION SUPPORT OF VESSEL LOADING AT PORT-PORT RAILWAY STATIONS

Yu.O. Kazymyrenko¹, O.V. Drozd²

¹Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Professor at the Department of Information Control Systems and Technologies
Admiral Makarov National University of Shipbuilding,
Mykolaiv, Ukraine,

ORCID ID: 0000-0002-7120-8226

²PhD, Associate Professor, Dean of Power Engineering Faculty
Kherson Branch of the Admiral Makarov National University of Shipbuilding,
Kherson, Ukraine,

ORCID ID: 0000-0002-0135-8659

Summary

Introduction. *Improving the efficiency of port railways depends on the use of information space, which combines the activities of specialized communications for their maintenance. **The purpose of the paper** is the practical application of a synergistic approach to the development of new information support for ship load based on the principles of railway and port activities synchronization. The research methodology is based on the scientific provisions of systems analysis, object-oriented programming and previous studies of the authors on the transport and technological systems of port railways and specialized information systems design for their maintenance. The problematic issues of cargo turnover on port railways, in particular, related to the shortcomings of information systems, are analyzed as well as the ways to solve them are determined. The rail and water transport interaction is presented in the form of a graphical model of a synergetic approach to common information space. The model provides an idea of the synchronization principles for the coordination of railway and port services. The program of measures for increase of cargo operations efficiency by introducing the new organizational decisions on information support is made, their situational analysis is executed. The project of the modular structure information system working in administrator and user modes is developed. To create the database Java programming language was used. The results of the study are tested on a virtual model and can be applied in the modern practice of stevedoring and logistics companies. **Conclusions:** using a synergetic approach, the interrelation of organizational, economic and operational components of ship loading at port railways with the new information support development for improving the organizational processes efficiency. The developed program of measures and situational analysis of organizational and technical solutions of information support for loading ships on port railways is of considerable practical significance.*

Key words: *information space, cargo turnover, coordination of railway and port services, situational analysis.*

Вступ. Припортова залізниця являє собою важливий стратегічний об'єкт інфраструктури, на якому зосереджені транспортні термінали, засоби, підприємства, складські приміщення, причали, автомобільні та залізничні під'їзні шляхи тощо. Їх успішна експлуатація вимагатиме координації служб залізниці і порту з єдиним інформаційним простором, що обумовлює актуальність тематики дослідження.

Постановка проблеми. Особливості управління завантаженістю суден на припортових залізницях вимагатимуть синхронної діяльності комунікацій. Підвищення ефективності їх експлуатації за рахунок розробки спеціалізованого інформаційного забезпечення з використанням системно-аналітичного підходу є важливою науково-технічною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розвитку перспективних напрямків та удосконаленню процесів взаємодії залізничного та водного транспорту на припортових залізницях присвячено роботи [1–4]. Проведений огляд літературних джерел дозволяє виділити важливі недоліки та невирішені питання, серед яких: відсутність системних маркетингових досліджень перспектив утворення вантажопотоків; невизначеність дій експедиторських і стивідорних компаній; недостатнє розгалуження організаційних структур щодо забезпечення ефективної взаємодії учасників транспортування і переробки вантажів у портах; відсутність єдиного інформаційного середовища для планування взаємодії різних видів транспорту у припортових залізничних вузлах. Аналіз робіт показав, що саме останнє питання сприятиме координації служб залізниці і порту задля підвищення ефективності вантажних операцій на припортових залізницях. Організації та управлінню вантажними операціями присвячено роботи [5, 6], розгляд яких показав відсутність єдиного інформаційного середовища для планування взаємодії різних видів транспорту, зокрема залізничного і водного. Визначено, що підвищити ефективність управлінських робіт можна в результаті застосування синергетичного підходу [7], головними ознаками якого вважаються відсутність замкнутості системи, її нерівноцінність, достатній рівень складності та адаптивності, принципи випадкових відхилень, динамічна ієрархія. Розробка нового інформаційного забезпечення повинна комплексно вирішувати експлуатаційні, організаційні та економічні завдання на певних транспортних ділянках.

Мета роботи полягає у практичному застосуванні синергетичного підходу до розробки нового інформаційного забезпечення завантаженості суден на основі принципів синхронізації діяльності залізниці і порту.

Виклад основного матеріалу. Методологічну базу для дослідження становлять основні положення теорії складних систем і системного аналізу [7, 8], прийняття рішень [9], об'єктно-орієнтованого програмування [10], а також доробок авторів в області системно-аналітичного дослідження транспортно-технологічних систем припортових залізниць [11] та проектування спеціалізованих інформаційних систем для їх обслуговування [12]. В основу розробки нового синергетичного підходу до інформаційного забезпечення завантаженості суден на припортових залізницях покладено принципи складання карго-плану із застосуванням інформаційних систем [5, 13]. Процес вантажообігу між залізницею та судном розглядається як функціонування різних систем (залізниці та водного транспорту) зі спільними закономірностями, для виявлення яких авторами складено ґрунтовний аналіз проблемних питань (табл. 1) з визначенням шляхів для їх вирішення.

Таблиця 1

Аналіз шляхів вирішення проблемних питань вантажообігу на припортових залізницях і поромних станціях

Проблемні питання	Шляхи вирішення
Формування автоматизованої технології управління процесом просування вантажів у напрямку порту	Застосування системного підходу до комплексного функціонування всіх учасників перевізного процесу (вантажовідправників, залізничних і морських перевізників, морських портів)
Скорочення часу простоїв залізничних вагонів, пов'язаних з відсутністю інформації щодо вільних причалів	Створення єдиної системи оперативного планування, контролю та аналізу взаємодії різних видів транспорту в умовах припортових залізниць і поромних станцій
Формування резерву вагонів	Порівняння та вибір в певних умовах конкретного варіанту технологічного процесу завантаження, для чого доцільно застосовувати метод аналізу ієрархій
Розширення експлуатаційних можливостей транспортно-технологічних систем	Впровадження нових заходів щодо технічного обслуговування та нових технологій обробки вантажів
Модернізація інфраструктури	Будівництво нових перевалочних пунктів, проведення днопоглиблювальних робіт у акваторії порту, пропонування нових послуг
Підвищення потужностей перевантажних комплексів	Створення додаткових складських територій та приміщень, застосування нової техніки та обладнання

На підставі викладеного вище в роботі пропонується модель синергетичного підходу до інформаційної взаємодії залізничного і водного транспорту на припортових залізницях, графічну інтерпретацію якого наведено на рис. 1.

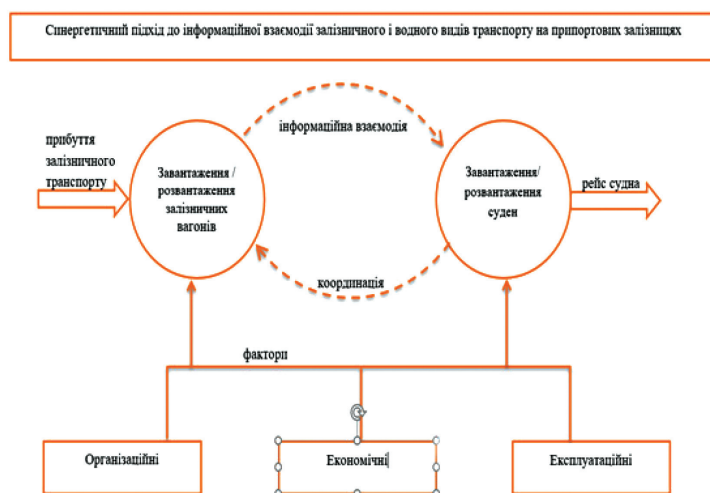


Рис. 1. Модель синергетичного підходу до єдиного інформаційного простору залізничного і водного транспорту на припортових залізницях

Вивчення інформаційних потоків та їх взаємодія дає змогу проаналізувати вантажообіг на припортових залізницях як у спільному «організмі». Головне поняття синергетики (грец. συν-, ἔργον – «діяти разом») пояснює утворення та самоорганізацію

моделей і структур у відкритих системах [7], тобто розглядається нелінійність внутрішніх процесів, припливи потоків зовнішньої енергії та загострення одного із станів, що покладено в основу розробки фізичної моделі у проектуванні нової інформаційної системи. Нелінійний характер системи пояснюється тим, що організація вантажних операцій на припортових залізницях має певні індивідуальні особливості, пов'язані з інтермодальністю транспортно-технологічних систем, як це показано в роботі [11].

Діяльність припортової залізниці безпосередньо залежить від організаційних, економічних і експлуатаційних факторів (табл. 2), але не від сумарного функціонування залізничного та водного транспорту

$$\Phi_{пз}(\Phi_{орз}, \Phi_{ек}, \Phi_{експл}) \neq \Phi_{зт} + \Phi_{вт}, \quad (1)$$

де $\Phi_{пз}$ – фактори функціонування припортової залізниці; $\Phi_{зт}$ – фактори функціонування залізничного транспорту; $\Phi_{вт}$ – фактори функціонування водного транспорту; $\Phi_{орз}$ – група організаційних факторів; $\Phi_{ек}$ – група економічних факторів; $\Phi_{експл}$ – група експлуатаційних факторів.

Таблиця 2

Організаційні, економічні та експлуатаційні фактори функціонування припортової залізниці

Фактори	Характеристика	Шляхи підвищення
Організаційні	Впровадження заходів з інформаційної підтримки проєктів	Розробка нових програмних продуктів
Економічні	Скорочення терміну простоїв вагонів та суден, зростання обсягу вантажообігу	Розвиток гнучких форм організації вантажопотоків
Експлуатаційні	Корегування асортименту вантажів за умовами міцності	Вирішення задач управління вантажними операціями

Аналіз ситуації показав можливість скорочення часу на вантажні операції як важливого економічного критерію за рахунок розвитку гнучких форм організації вантажопотоків. Визначені за допомогою моделі (рис. 1) принципи синхронізації залізниці та порту покладені в основу проектування нової інформаційної системи, для чого в роботі складено програму заходів (табл. 3) щодо підвищення ефективності виконання вантажних операцій за рахунок впровадження нових організаційних рішень з інформаційного забезпечення.

Таблиця 3

Програма заходів

Заходи	Реалізація заходів та методи вирішення
Визначення сильних та слабких сторін проєкту удосконалення вантажних операцій	SWOT-аналіз організаційно-технічних рішень з інформаційного забезпечення на припортовій залізниці (табл. 4)
Організація вантажопотоків зі складанням оптимального каргоплану	Постановка задачі щодо ефективного розміщення вантажів на судні з апробацією рішення на певному прикладі
Розробка нового інформаційного забезпечення для управління процесами завантаженості суден	Реалізація математичної моделі за допомогою UML-моделювання у вигляді нової інформаційної системи

Таблиця 4

**Ситуаційний аналіз існуючих організаційно-технічних рішень
з інформаційного забезпечення**

Критерії SWOT-аналізу	Характеристика
Strengths (сильні сторони існуючих проєктів)	Документація з базою даних Оперативне управління даними документального типу Можливість планування вантажних операцій
Weakness (слабкі сторони існуючих проєктів)	Не вирішено питання максимальної вантажомісткості та вантажопідйомності судна, скорочення терміну простою засобів транспорту в очікуванні завантаження
Opportunities (можливості розвитку)	Мінімізація дублювання даних, спрощення процедур обробки можливості виконання розрахунків з графічною інтерпретацією
Threats (загрози)	Дотримання умов міцності суден за умовами ефективного розміщення великовагових вантажів

Розроблено проєкт інформаційної системи з модульною структурою (рис. 2), для написання бази даних застосовано мову програмування Java.

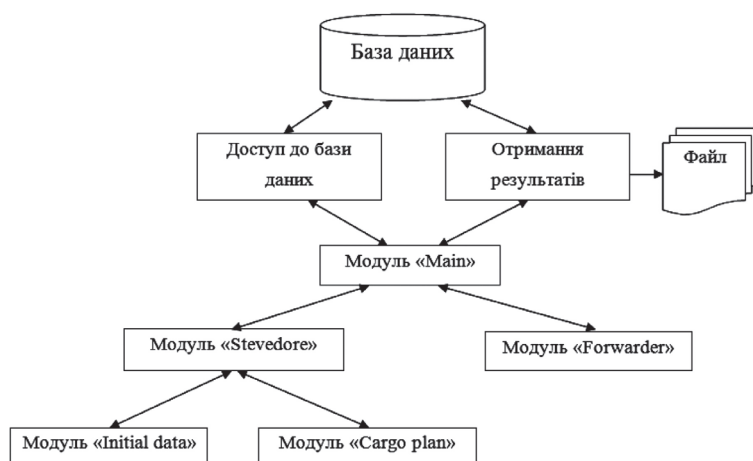


Рис. 2. Схема взаємодії модулів системи

Стисло охарактеризуємо модулі системи: «Main» надає користувачам можливості з певними ознаками доступності та забезпечує зв'язок з базою даних; «Stevedore» – переглянути наявні вантажні плани, передає результати розрахунків до головного модуля, забезпечує зв'язок модулів «Initial data» та «Cargo plan». Модуль «Initial data» дозволяє виконати перевірку наявності даних про вантаж, судно, умови рейсу та отримати доступ до інформації; «Cargo plan» – дає змогу на базі переліченої вище інформації виконати розрахунок вантажного плану судна, забезпечує його графічне зображення та дозволяє виконати ручне корегування. Модуль «Forwarder» дозволяє додавати інформацію про вантаж та передаватиме її до головного модуля.

Результати роботи апробовані на віртуальній моделі автоматизованої роботи поромних переправ. Інформаційну систему протестовано для задач обміну

інформацією при розвантаженні залізничних вагонів та завантаженні суден. Запропонований підхід також може бути застосований у сучасній практиці стивідорних та логістичних компаній.

Висновки. За допомогою синергетичного підходу досліджено взаємозв'язок організаційних, економічних та експлуатаційних складових завантаження суден на припортових залізницях з розробкою нового інформаційного забезпечення для підвищення ефективності організаційних процесів.

Практичне значення роботи полягатиме у розробці програми заходів та ситуаційному аналізі організаційно-технічних рішень з інформаційного забезпечення для завантаження суден на припортових залізницях.

ЛІТЕРАТУРА

1. Головка Т.В., Паровик О.О. Удосконалення процесу взаємодії залізничного та водного транспорту на основі вимог логістики. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2014. № 146. С. 66–70.
2. Бudyкo Т.В., Головка Т.В. Удосконалення сумісної роботи портів та залізничних вузлів в умовах зростання вантажопотоків. *Збірник наук. праць ДонІЗТ*. 2006. № 8. С. 5–13.
3. Шелехань Г.І. Застосування принципів системного аналізу для раціоналізації функціонування припортових вантажних станцій з обслуговування контейнерних потоків. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту*. 2013. № 137. С. 130–134.
4. Ширяєва Л.В., Шагіна М.В. Аналіз можливостей використання залізничних поромів СК «УКРФЕРІ» для перевезення контейнерів. *Розвиток методів управління та господарювання на транспорті*. 2017. № 1(58). С. 76–89.
5. Казимиренко Ю.А., Егольников А.А. Повышение эффективности технического обслуживания ролкерной транспортно-технологической системы железнодорожно-паромных сообщений. *Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy*. 2020. № 2. С. 54–60.
6. Kotlubai O., Iypynska O. The ways of multimodal and intermodal shipment state policy development in Ukraine. *Economic Innovations*. 2018. 20(2(67)). С. 77–87. doi:10.31520/ei.2018.20.2(67).
6. Потапова Г.А. Синергетический подход к управлению: монография. Изд-во : Инфра-М. 2012. 160 с.
7. Цветков В.Я. Сложные технические системы. *Образовательные ресурсы и технологии*. 2017. № 3(20). С. 86–92.
8. Саати Т.Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Москва : Радио и связь. 1993. 450 с.
9. Иванова Г.С., Никишкина Т.Н. Объектно-ориентированное программирование : учебник. Москва : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. 456 с.
10. Kazymyrenko Y., Drozd O., Yeholnikov O., Morozova H. System and analytical of the development of transport and technological systems of railway ferries. *Technology audit and production reserves*. 2020. № 2/2(52). pp. 40–42. doi: 10.15587/2312-8372.2020.200626.

11. Казимиренко Ю.О., Дрозд О.В., Єгольников О.О. Інформаційна підтримка технічного обслуговування систем залізнично-водного сполучення. В *Информационные управляющие системы и технологии. Проблемы и решения*. Одесса : ОНПУ: «Екологія». 2019. С. 151–161.
12. Калачев В.К., Карташев М.В. Интермодальные технологии перевозок грузов на паромках: современный аспект. Научные проблемы водного транспорта. 2020. Вып. 64. С. 134–143. doi: 10.37890/jwt.vi64.104.

REFERENCES

1. Golovko, T.V., & Parovik, O.O. (2014). Improving of the process of interaction between rail and water transport based on logistics requirements [Udoskonalennja procesu vzajemodii zaliznichnogo ta vodnogo transportu na osnovi vimog logistiki]. *Collection of scientific works UkrDAZT, 146*, 66–70.
2. Bud'ko, T.V., & Golovko, T.V. (2006). Improving of the interoperability of ports and railway junctions in the context of freight traffic increasing [Udoskonalennja sumisnoi roboti portiv ta zaliznichnih vuzliv v umovah zrostannja vantazhopotokiv]. *Collection of scientific works DonIZT, 5–13*.
3. Shelehan', G.I. (2013). Applying of the principles of systems analysis to streamline the operation of port cargo service stations for container flows maintenance [Zastosuvannja principiv sistemnogo analizu dlja racionalizacii funkcionuvannja priportovih vantazhnih stancij z obslugovuvannja kontejneriv]. *Collection of scientific works of the Ukrainian State Academy of Railway Transport, 137*, 130–134.
4. Shirjaeva, L.V., & Shagina, M.V. (2017). Analysis of the possibilities of using railway ferries of "UKRFERI" shipping company for container transportation [Analiz mozhливостей vikoristannja zaliznichnih paromiv SK "UKRFERI" dlja perevezennja kontejneriv]. *Development of methods of transport management and administration, 76–89*.
5. Kazimirenko, Yu.A., & Egolnikov, A.A. (2020). Improving the efficiency of maintenance of the roll-on transport-technological system of railway-ferry communications [Povyshenie effektivnosti tekhnicheskogo obsluzhivaniia rollkernoї transportno-tekhnologicheskoi sistemy zheleznodorozhno-paromnykh soobshchenii]. *Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy, 2*, 54–60.
6. Kotlubai, O., & Lypynska, O. (2018). The ways of multimodal and intermodal shipment state policy development in Ukraine [Puti razvitiia gosudarstvennoi politiki v sfere multimodalnykh i intermodalnykh perevozok v Ukraine]. *Economic Innovations, 20(2(67))*, 77–87. [https://doi.org/https://doi.org/10.31520/ei.2018.20.2\(67\).77-87](https://doi.org/https://doi.org/10.31520/ei.2018.20.2(67).77-87)
7. Potapova, G.A. (2012). Synergetic approach to the management: monograph [Sinergeticheskii podkhod k upravleniiu : monografiia]. Infra-M.
8. Cvetkov, V.Ja. (2017). Complex technical systems [Slozhnye tekhnicheskie sistemy]. *Educational resources and technologies, 3 (20)*, 86–92.

9. Saati, T.L. (1993). Decision-making. Method for hierarchies analyzing [Priniatie reshenii. Metod analiza ierarkhii]. Moscow: Radio and communication.
10. Ivanova, G.S., Nikishkina, T.N. (2014). Object-oriented programming: textbook [Obektno-orientirovannoe programmirovaniye: uchebnyk]. Moscow: MSTU im. N.E. Bauman.
11. Kazymyrenko, Yu.A., Drozd, O.V., Yeholnikov, O.A., & Morozova, H.S. (2020). System and analytical study of the development of transportation and technological systems of railway ferries [Sistemno-analiticheskoe issledovanie razvitiia transportno-tekhnologicheskikh sistem zheleznodorozhnykh paromov]. *Technology audit and production reserves*, 2/2(52), 40–42. doi: 10.15587/2312-8372.2020.200626.
12. Kazymyrenko, Ju.O., Drozd, O.V., Yegol'nikov, O.O. (2019). Information support of maintenance of railway-water communication systems [Informacijna pidtrimka tehničnogo obslugovuvannja sistem zaliznično-vodnogo spoluchennja]. *Information management systems and technologies. Problems and solutions*. Odessa: ONPU: "Jekologija", 151–161.
13. Kalachev, V.K., & Kartashev, M.V. (2020). Intermodal technologies of cargo transportation by ferries: modern aspect [Intermodalnye tekhnologii perevozok gruzov na paromakh: sovremennyi aspekt]. *Scientific problems of water transport*, 64, 134-143. doi: 10.37890/jwt.vi64.104.

**EVALUATION OF FREIGHT CUSTOMS COMPLEXES' SERVICE
USAGE EXPEDIENCE IN INTERNATIONAL ROAD TRANSPORTATION**

N.O. Luzhanska¹, I.H. Lebid², I.N. Kravchenya³, M.G. Pitsyk⁴

¹PhD, Senior Lecturer at the Department of International Transportation and Customs Control,
National Transport University, Kyiv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-1271-8728

²PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor
at the Department of International Transportation and Customs Control,
National Transport University, Kyiv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0003-0707-4179

³PhD in Engineering, Associate Professor, Associate Professor
at the Department of Road Transport and Traffic Management
Belarusian state university of transport, Gomel, Belarus,
ORCID ID: 0000-0002-2670-639X

⁴PhD, Senior Lecturer at the Department of Transport Technologies,
National Transport University, Kyiv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0001-8357-2538

Summary

Introduction. Freight customs complexes' operation expedience in Ukraine as a whole as well as in a separate region depends on the demand for customs and logistic services generated by entities engaged in foreign economic activities. **Purpose.** The purpose of the article is to analyze the use of freight customs complexes' services in international road transportation. **Results.** The paper analyzes behavioral strategies pursued by subjects in the market for transportation services. Based on the research findings, it is found that the domestic market is characterized by a rapid transition from strategies focused on the cost of services, to understanding the need for quality service with a high degree of reliability. The authors conduct an expert assessment of stakeholders' feedback on the experience of cooperation with freight customs complexes from the standpoint of customers' needs. 676 specialists participated in the survey, including 160 consignees, 320 shippers, 74 customs brokers, 67 carriers, and 55 freight forwarders. We carried out the analysis of the stakeholders' feedback on the experience of cooperation with freight customs complexes using mathematical statistics methods, the methods of primary data analysis and the variance analysis in the Statistica program. **Conclusions.** It is established that the enterprises that have experience of cooperation with freight customs complexes express a fairly high degree of satisfaction with the level of customs and logistics services. The data that the authors obtain in the analysis will make for the development of recommendations for Ukrainian customs authorities on interaction with infrastructure facilities and stakeholders of customs and logistics services.

Key words: freight customs complex, expert assessments, data analysis.

ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОСЛУГ ВАНТАЖНИХ
МИТНИХ КОМПЛЕКСІВ ПРИ ВИКОНАННІ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Н.О. Лужанська¹, І.Г. Лебідь², І.М. Кравченя³, М.Г. Піцик⁴

¹к.т.н., старший викладач кафедри «Міжнародні перевезення та митний контроль»,
Національний транспортний університет, Київ, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-1271-8728

²к.т.н., доцент, доцент кафедри «Міжнародні перевезення та митний контроль»,
Національний транспортний університет, Київ, Україна,
ORCID ID: 0000-0003-0707-4179

³к.т.н., доцент, доцент кафедри «Управління автомобільними перевезеннями
і дорожнім рухом»,
Білоруський державний університет транспорту, Гомель, Білорусь,
ORCID ID: 0000-0002-2670-639X

⁴к.т.н., старший викладач кафедри «Транспортні технології»,
Національний транспортний університет, Київ, Україна,
ORCID ID: 0000-0001-8357-2538

Анотація

Вступ. Питання доцільності функціонування вантажних митних комплексів в Україні в цілому, а також в окремо взятому регіоні залежить від попиту на митні та логістичні послуги у суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності. **Мета.** Метою статті є аналіз використання послуг вантажних митних комплексів під час виконання міжнародних перевезень автомобільним транспортом. **Результати.** Проаналізовано поведінкові стратегії суб'єктів ринку транспортних послуг. За результатами досліджень встановлено, що для вітчизняного ринку характерним є стрімкий перехід від стратегій, орієнтованих на вартість послуг, до розуміння потреб в якісному обслуговуванні з високим ступенем надійності. Залежно від потреб замовників проведена експертна оцінка відгуків стейкхолдерів про досвід співпраці з вантажними митними комплексами. В опитуванні приймали участь 676 фахівців, з них: вантажоодержувачі – 160 осіб, вантажовідправники – 320 осіб, митні брокери – 74 особи, перевізники – 67 осіб, експедитори – 55 осіб. Аналіз відгуків стейкхолдерів про досвід співпраці з вантажними митними комплексами проводився за допомогою методів математичної статистики. Для дослідження використовувалися методи первинного аналізу даних і дисперсійний аналіз в програмі Statistica. **Висновки.** Встановлено, що підприємства, які мали досвід співпраці з вантажними митними комплексами, підтверджують досить високий ступінь задоволеності рівнем митно-логістичного обслуговування. Отримані в результаті аналізу дані дозволяють розробляти рекомендації для митних органів України з об'єктами інфраструктури та стейкхолдерами митно-логістичних послуг.

Ключові слова: вантажний митний комплекс, експертні оцінки, аналіз даних.

Introduction. A significant drawback of the modern market for transportation services is most private enterprises' inability to provide the appropriate quality and reliability of services at the level of European standards for organizing foreign trade organizations due to limited resources. Basically, the reason for such results is a significant number of participants in the transportation process with complex organizational ties among them.

Along with this, the situation in the market indicates the need for the provision of integrated customs and logistics services at freight customs complexes in the context of Ukraine's trade potential development and in order to meet stakeholders' needs.

Important components of the formation of the management strategy for freight customs complexes' operation in different regions of Ukraine are the development of an assessment system of their foreign economic potential level; forecasting the export and import transportation volume; the degree of infrastructure support and the availability of production facilities. The expedience of building new freight customs complexes and improving technical, technological and organizational support in a particular region depends on the availability of demand for their services and the prospects for further development of production and the economy.

Problem statement. The main purpose of the country's customs and logistics infrastructure operation is to provide high-quality services to entities engaged in foreign economic activities when delivering goods internationally. This aspect is quite important both for enterprises that are registered as residents of the country and for non-residents developing foreign trade relations with foreign business partners. Providing a wide range of logistics services supplied as soon as possible at a mutually beneficial cost, and with a high level of reliability will contribute to the development of trade between states [1]. In turn, the optimization of customs formalities should be aimed at reducing the time of crossing borders at checkpoints as well as the most efficient completion of customs clearance and customs control processes. Thus, the task of assessing the expedience of integrated customs and logistics service provision at the freight customs complex in the context of Ukraine's trade potential development in order to meet stakeholders' needs is urgent.

The analysis of recent research and publications. Formulating scientific principles and methodology for determining the effectiveness of transport and customs infrastructure is discussed in the works by many scientists [1-14].

The paper [5] proposes a model that allows Customs to optimize its inspection process to target high-risk containers without hindering the flow of safe containers with extra delays at ports. The model characterizes optimal informational and physical inspection rates as a function of the risk factors attributed to containers. This model is used to analyze how an effective public-private partnership for risk and security management can be established between Customs and private firms.

The usage of e-Customs platforms ensures a more cost-efficient application of resources while preserving a smooth flow of goods across international borders [7]. However, the lack of stability forces the users of the European e-Customs to continuously modify and investment in IT participate in the infrastructure [8].

The paper of Raus, M., Flugge, B., Boutellier, R. [9] investigates the diffusion of an e-Government innovation, a common e-Customs standardized solution. To achieve trade facilitation as well as to secure import and export the European Government aims to have a common e-Customs standardized solution.

To simplify customs clearance of vessels and cargoes the Mednet project was launched [10]. As part of the project a common evaluation framework for the performance of ports in the form of a set of Key Performance Indicators (KPIs) together with a list of the best practices in terms of operations and customs procedures was developed.

Articulation of the research objectives. To assess the expedience of using freight customs complexes' services in international road transportation based on the expert assessment of feedback from stakeholders on the experience of cooperation with the given customs infrastructure facility.

Statement of basic materials. In order to confirm or refute the expedience of using freight customs complexes' services depending on customs and logistics service consumers' needs, we conducted an expert assessment of stakeholders' feedback on the experience of cooperation with this customs infrastructure facility. The survey involved enterprises with the corresponding experience. They were asked to rate their satisfaction with the service on a 10-point scale. In total, 676 professionals took part in the survey (Figure 1) representing the interests of enterprises engaged in the following areas: 160 consignees, 320 shippers, 74 customs brokers, 67 carriers, 55 freight forwarders.

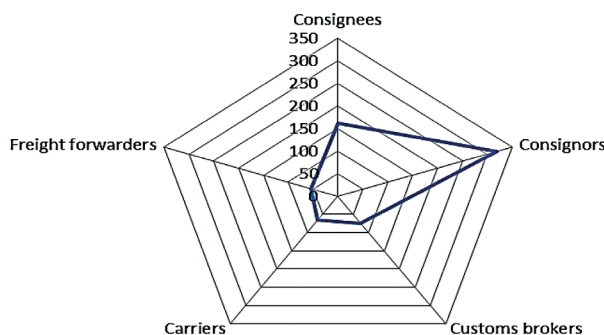


Fig. 1. Survey findings on the assessment of the experts' satisfaction with cooperation with freight customs complexes

The consignees that used freight customs complexes' services in foreign trade operations gave a quite high rating to the customs infrastructure facility they cooperated with. It should be noted that the survey among the experts did not specify what customs and logistics services provided by a freight customs complex were used by the business entities. According to the obtained results, 51 experts assessed the degree of satisfaction with eight points, 27 experts estimated it at nine points, and 41 professionals gave the highest score on the proposed scale (Figure 2).

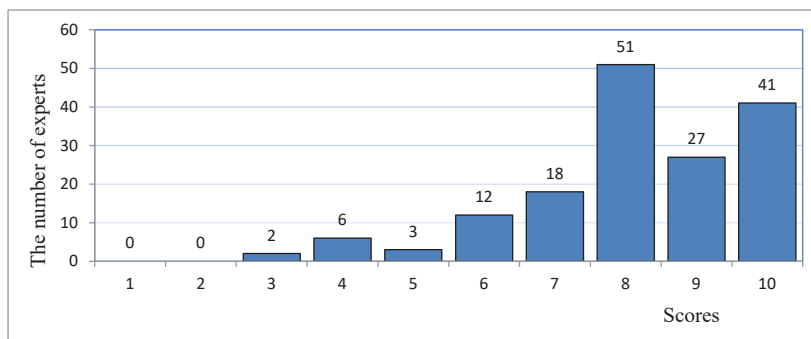


Fig. 2. Consignees' assessment of cooperation with freight customs complexes

The quality of customs and logistics services is a no less important aspect of shippers' activity organization. After all, for the most part, under sales contracts, they are obliged to organize all work to ensure international transportation and related operations (Figure 3).

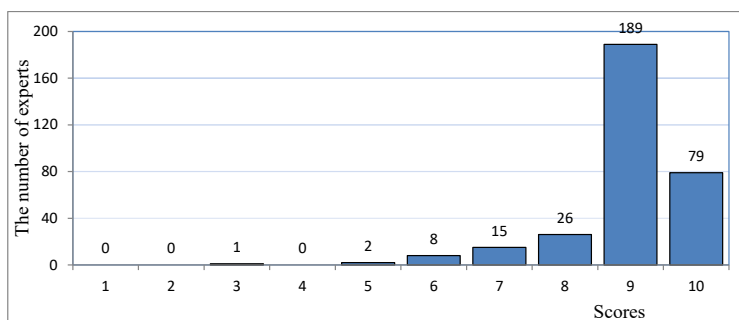


Fig. 3. Shippers' assessment of cooperation with freight customs complexes

A high degree of trust to freight customs complexes was reflected in the corresponding assessments given by the customs brokers that directly interact with the units of customs authorities in the completion of customs formalities (Figure 4).

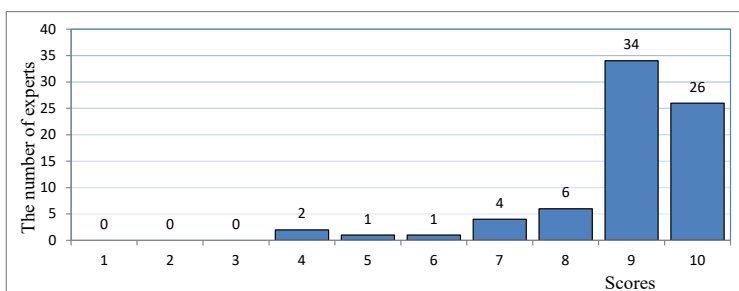


Fig. 4. Customs brokers' assessment of cooperation with freight customs complexes

Today's realities of international delivery of goods indicate a significant role of carriers in this process (Figure 5). Because, in addition to driving a vehicle, they are responsible for the control of shipping documents and interaction with all the necessary services and institutions that may be involved in the transportation process.

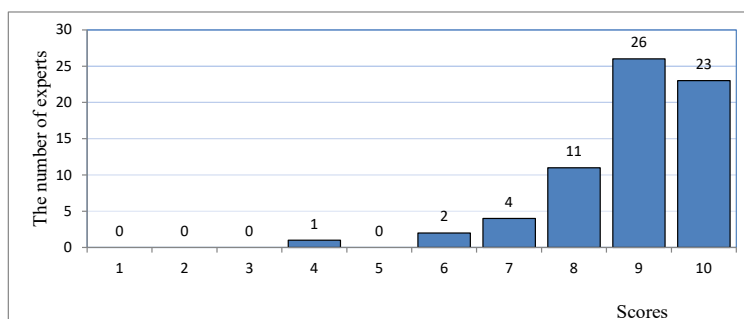


Fig. 5. Carriers' assessment of cooperation with freight customs complexes

Freight forwarders' professional responsibilities include the effective organization and planning of shipping concentrating on the efficiency criteria established by the customer. Modern practice shows that freight forwarders often cooperate with freight customs complexes when the customer demands integrated customs and logistics services.

Thus, a freight forwarder is also interested in this servicing format, as it minimizes the number of intermediary organizations that would need to be involved in the organization of shipping eliminating the need to monitor their activities and make financial payments with each individual transport market participant. Cooperating with the freight customs complex, it is possible to mitigate commercial and transportation risks associated with the activities of third parties (Figure 6).

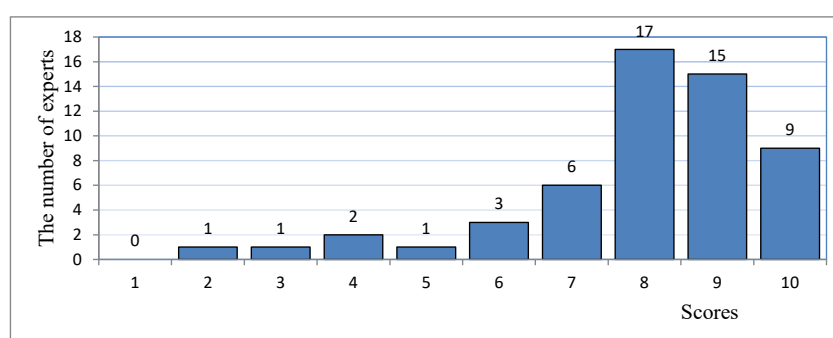


Fig. 6. Freight forwarders' assessment of cooperation with freight customs complexes

Numerical characteristics of the expert opinions calculated in Statistica [15], a software package of statistical analysis, are given in table 1.

Table 1

Numerical characteristics of the expert opinions

Summary Statistics	Consignees	Shippers	Customs brokers	Carriers	Freight forwarders
Count	$n = 160$	$n = 320$	$n = 74$	$n = 67$	$n = 55$
Average	$y_{e.av.} = 8,15$	$y_{e.av.} = 8,95$	$y_{e.av.} = 8,93$	$y_{e.av.} = 8,9$	$y_{e.av.} = 7,98$
Median	$M_e = 8$	$M_e = 9$	$M_e = 9$	$M_e = 9$	$M_e = 8$
Mode	$M_o = 8$	$M_o = 9$	$M_o = 9$	$M_o = 9$	$M_o = 8$
Variance	$D_{av.} = 2,68$	$D_{av.} = 0,95$	$D_{av.} = 1,68$	$D_{av.} = 1,4$	$D_{av.} = 3,17$
Standard deviation	$\sigma_{av.} = 1,64$	$\sigma_{av.} = 0,98$	$\sigma_{av.} = 1,3$	$\sigma_{av.} = 1,8$	$\sigma_{av.} = 1,78$
Coeff. of variation %	$V = 20,09\%$	$V = 10,91\%$	$V = 14,51\%$	$V = 13,29\%$	$V = 22,29\%$
Minimum	3	3	4	4	2
Maximum	10	10	10	10	10

The indicators for each group of experts are homogeneous. The average scores in different groups, in general, are 8 (the consignees and freight forwarders) and 9 (the shippers, customs brokers, and carriers). When analyzing the consistency of expert estimates, the coefficient of variation V is also used, which characterizes the measure

of the spread. The value of the coefficient of variation by the groups of experts ranges from 10.9% to 20.1%, which does not exceed 33%. Thus, the assessments of expert opinions are consistent.

To identify differences in the assessments of the effectiveness of stakeholders' cooperation with freight customs complexes by different groups of experts (freight forwarders, carriers, customs brokers, shippers, and consignees), we used the analysis-of-variance method in Statistica, a statistical analysis software package. Figure 7 presents a box-and-whisker plot illustrating the assessment of the effectiveness of the different groups of experts' cooperation with the freight customs complex.

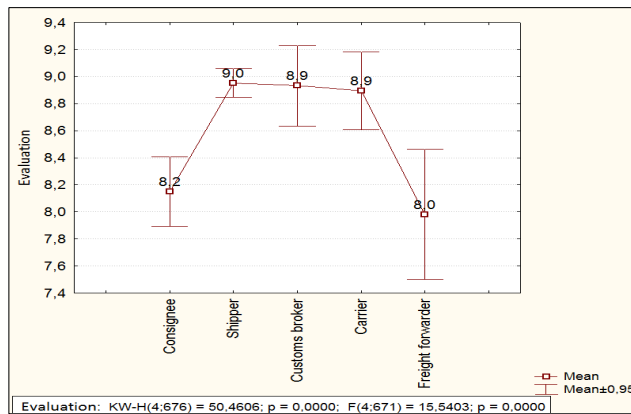


Fig. 7. Categorical box-and-whisker plot illustrating the effectiveness of the stakeholders' cooperation with freight customs complexes

From the categorical box-and-whisker diagram shown in Figure 7, it can be seen that according to the criteria “Kruskal-Wallis test” and “F test, p (ANOVA)” the assessment of the effectiveness of cooperation with freight customs complexes significantly depends on the group of experts, since $p \leq 0.05$. The pairwise comparison does not reveal significant differences in the assessments given by the shippers, customs brokers and carriers (Figure 8), as well as the shippers and freight forwarders, as $p > 0.05$.

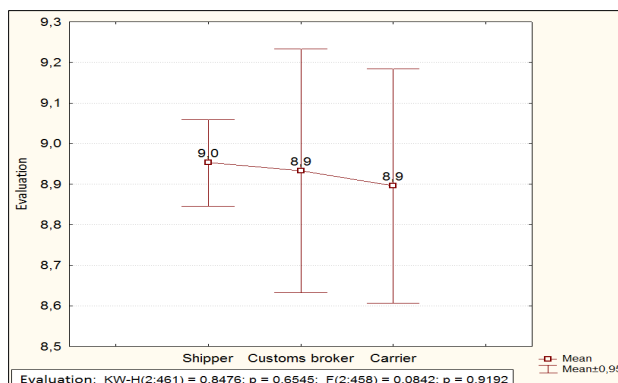


Fig. 8. Categorical box-and-whisker plot illustrating the effectiveness of the shippers, customs brokers and carriers' cooperation with freight customs complexes

Conclusions. The paper evaluates the expedience of freight customs complexes' service usage in international road transportation on the basis of an expert estimation of the stakeholders' feedback on their experience of cooperation with the given customs infrastructure facility.

In general, based on the research findings, we can conclude that companies that have experience of cooperation with freight customs complexes express a fairly high degree of satisfaction with the level of customs and logistics services.

Formation of a clear list of parameters for assessing the efficiency of customs and logistics infrastructure facilities will make for the development of practical recommendations for entities engaged in foreign economic activity, and will contribute to rational planning in international road transportation, taking into account the values of indicators and the methods of their determination

BIBLIOGRAPHY

1. Лужанская Н.А., Коцюк А.Я., Лебедь И.Г., Кравченя И.Н., Демченко Е.Б. Классификация параметров, влияющих на эффективность таможенно-логистической инфраструктуры. *Вестник БелГУТа: Наука и транспорт*. 2019. № 2(39). С. 30–32.
2. Коцан Н.Н. Територіальна організація митної діяльності України : монографія. *РВВ «Вежа»* 2005. 384 с.
3. Горб К.М. Проблеми територіальної організації митної справи України. *Вісник Академії митної служби України*. 2001. № 4. С. 72–76.
4. Дук Н.М. Теоретичні засади та досвід ГІС-моделювання митно-логістичної інфраструктури. Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. 2014. № 20. С. 41–45.
5. Pourakbar M., Zuidwijk R.A. The role of customs in securing containerized global supply chains. *European Journal of Operational Research*. 2018. № 271(1). pp. 331–340. doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.012
6. Elliott D., Bonsignori C. The influence of customs capabilities and express delivery on trade flows. *Journal of Air Transport Management*. 2019. № 74. pp. 54–71. doi.org/10.1016/j.jairtraman.2018.09.007
7. Urciuoli L., Hintsaj J., Ahokas J. Drivers and barriers affecting usage of e-Customs – A global survey with customs administrations using multivariate analysis techniques. *Government Information Quarterly*. 2013. № 30(4). pp. 473–485. doi.org/10.1016/j.giq.2013.06.001
8. Henningsson S., Zinner Henriksen H. Inscription of behaviour and flexible interpretation in Information Infrastructures: The case of European e-Customs. *The Journal of Strategic Information Systems*. 2011. № 20(4). pp. 355–372. doi.org/10.1016/j.jsis.2011.05.003
9. Raus M., Flugge B., Boutellier R. Electronic customs innovation: An improvement of governmental infrastructures. *Government Information Quarterly*. 2009. № 26(2). pp. 246–256. doi.org/10.1016/j.giq.2008.11.008
10. Morales-Fusco P., Saurí S., Lekka A.-M., Karousos I. Assessing Customs Performance in the Mediterranean Ports. KPI Selection and Best Practices Identification as Part of the MEDNET Project. *Transportation Research Procedia*. 2016. № 18, pp. 374–383. doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.049

11. Biljan J., Trajkov A. Risk Management and Customs Performance Improvements: The Case of the Republic of Macedonia. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2012. № 44. pp. 301-313. doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.033
12. Volpe Martincus C., Carballo J., Graziano A. *Customs. Journal of International Economics*. 2015. № 96(1). pp. 119–137. doi.org/10.1016/j.jinteco.2015.01.011
13. Luzhanska N.O., Kravchenya I.M., Lebid I.H. Methodology for the Multi-Criteria Efficiency Assessment of Cargo Customs Complexes. *World Science*. 2021. № 1(62). doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30012021/7405
14. Luzhanska N., Lebid I., Kotsiuk O., Kravchenya I., Demchenko Y. The influence of customs and logistics service efficiency on cargo delivery time. *Proceedings of the National Aviation University*. 2019. № 3(80). pp. 78–91. doi.org/10.18372/2306-1472.80.14277
15. Statistica 13.3. Computer program. Serial number JRR709H998119TE-A.

REFERENCES

1. Luzhanska, N.A., Kotsiuk, A.Y., Lebid, I.H., Kravchenya, I.N. & Demchenko, Ye.B. (2019). Classification of parameters affecting customs and logistics infrastructure efficiency [Klassifikatsiya parametrov, vliyayushchikh na effektivnost' tamozhenno-logisticheskoy infrastruktury]. *Vestnik BelSUT: Science and transport*, 2(39), 30–32 [in Russian].
2. Kotsan, N.N. (2005). Terytorialna orhanizatsiia mytnoi diialnosti Ukrainy: monografiia [Territorial organization of customs activity of Ukraine: monograph]. *Lutsk: RVV «Vezha»*. [in Ukrainian].
3. Horb, K.M. (2001). Problemy terytorialnoi orhanizatsii mytnoi spravy Ukrainy [Problems of the territorial organization of the customs of Ukraine]. *Bulletin of the Academy of Customs Service of Ukraine*, 4, 72–76 [in Ukrainian].
4. Duk, N.M. (2014). Teoretychni zasady ta dosvid GIS-modeliuvannia mytno-lohistychnoi infrastruktury [Theoretical basis and experience of GIS-modeling of customs-logistic infrastructure]. *Problems of Continuous Geographical Education and Cartography*, 20, 41–45 [in Ukrainian].
5. Pourakbar, M. & Zuidwijk, R.A. (2018). The role of customs in securing containerized global supply chains. *European Journal of Operational Research*, 271(1), 331–340. doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.012
6. Elliott, D. & Bonsignori, C. (2019). The influence of customs capabilities and express delivery on trade flows. *Journal of Air Transport Management*, 74, 54–71. doi.org/10.1016/j.jairtraman.2018.09.007
7. Urciuoli, L., Hints, J. & Ahokas, J. (2013). Drivers and barriers affecting usage of e-Customs – A global survey with customs administrations using multivariate analysis techniques. *Government Information Quarterly*, 30(4), 473–485. doi.org/10.1016/j.giq.2013.06.001
8. Henningson, S. & Zinner Henriksen, H. (2011). Inscription of behaviour and flexible interpretation in Information Infrastructures: The case of

- European e-Customs. *The Journal of Strategic Information Systems*, 20(4), 355–372. doi.org/10.1016/j.jsis.2011.05.003
9. Raus, M., Flugge, B. & Boutellier, R. (2009). Electronic customs innovation: An improvement of governmental infrastructures. *Government Information Quarterly*, 26(2), 246–256. doi.org/10.1016/j.giq.2008.11.008
 10. Morales-Fusco, P., Saurí, S., Lekka, A.-M. & Karousos, I. (2016). Assessing Customs Performance in the Mediterranean Ports. KPI Selection and Best Practices Identification as Part of the MEDNET Project. *Transportation Research Procedia*, 18, 374–383. doi.org/10.1016/j.trpro.2016.12.049
 11. Biljan, J. & Trajkov, A. (2012). Risk Management and Customs Performance Improvements: *The Case of the Republic of Macedonia*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 44, 301–313. doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.033
 12. Volpe Martincus, C., Carballo, J. & Graziano, A. (2015). Customs. *Journal of International Economics*, 96(1), 119–137. doi.org/10.1016/j.jinteco.2015.01.011
 13. Luzhanska, N. O, Kravchenya, I. M. & Lebid, I. H. (2021). Methodology for the Multi-Criteria Efficiency Assessment of Cargo Customs Complexes. *World Science*, 1(62). doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30012021/7405.
 14. Luzhanska, N., Lebid, I., Kotsiuk, O., Kravchenya, I. & Demchenko, Y. (2019). The influence of customs and logistics service efficiency on cargo delivery time. *Proceedings of the National Aviation University*, 3(80). 78–91. doi.org/10.18372/2306-1472.80.14277.
 15. Statistica 13.3. Computer program. Serial number JRR709H998119TE-A.

**ФОРМУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ СТРАТЕГІЙ
УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМИ ПРОЦЕСАМИ
АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

І.А. Шльончак¹, О.Ю. Лук'янченко²

¹к.т.н., доцент, доцент кафедри «Автомобілі та технології їх експлуатації»,
Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-5096-2414

²к.т.н., доцент, доцент кафедри «Автомобілі та технології їх експлуатації»,
Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-1734-397X

Анотація

Вступ. Зміна економічної політики України в сфері ринкових відносин за умови процесу євроінтеграції, а також швидка приватизація підприємств істотним чином змінили систему перевізного процесу, зокрема ефективність роботи автомобільного транспорту. На сьогодні автотранспортні підприємства працюють в умовах відсутності централізованих замовлень, що викликає певну нестабільність формування обсягів їх послуг протягом запланованого періоду. Результатом такої роботи є невпевненість підприємств в досягненні позитивних результатів їхньої виробничо-господарської діяльності. Спостерігається відповідне зростання та ризик їх стійкого функціонування на конкурентному ринку. Незважаючи на надану свободу вибору з безлічі альтернативних стратегій розвитку, необхідно застосовувати такі стратегічні рішення, які б забезпечили підприємствам стабільні умови їх діяльності. В роботі пропонується застосувати шість стратегій управління для підвищення ефективності роботи автотранспортного підприємства. **Метою** роботи є дослідження стратегій рішення локального завдання автотранспортного підприємства, а саме: забезпечення ефективності та якості робіт з технічного обслуговування рухомого складу шляхом формування організаційних і управлінських рішень у відповідних проєктах. **Результати.** Проведені дослідження дали можливість запропонувати шість стратегій управління автотранспортним підприємством для покращення його господарської діяльності. **Висновки.** Розроблені стратегії, що пропонуються в роботі, дають змогу отримати набір керованих дій залежно від реального стану системи технічного обслуговування. Таким чином, обираючи відповідні стратегії на підставі прийнятого критерію оптимальності, є можливість керувати виробничими процесами технічного обслуговування у відповідних проєктах залежно від фактичного пробігу рухомого складу, необхідності забезпечення технологічного процесу перевезень та забезпечення максимального завантаження зони технічного обслуговування.

Ключові слова: стратегія управління автотранспортними підприємствами, технічне обслуговування, технічний склад рухомого складу.

FORMATION OF ALTERNATIVE MANAGEMENT STRATEGIES
MANUFACTURING PROCESSES OF MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES

I.A. Shlionchak¹, O.Yu. Lukianchenko²

¹PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Vehicles and Technology for their Operation,
Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-1734-397X

²PhD, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Vehicles and Technology for their Operation,
Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-5096-2414

Summary

Introduction. Changes in Ukraine's economic policy in the field of market relations in the context of the European integration process, as well as the rapid privatization of enterprises have significantly changed the system of the transportation process, in particular the efficiency of road transport. Today, trucking companies operate in the absence of centralized orders, which causes a certain instability in the formation of the volume of their services during the planned period of time. The result of such work is the uncertainty of enterprises in achieving positive results from their production and economic activities. There is a corresponding growth and risk of their sustainable operation in a competitive market. Despite the freedom to choose from a variety of alternative development strategies, it is necessary to apply such strategic decisions that would provide companies with stable conditions for their activities. The paper proposes to apply six management strategies to improve the efficiency of the transport company. **The purpose** of this work is to study the strategies for solving the local problem of the transport company, namely: ensuring the efficiency and quality of maintenance of rolling stock by forming organizational and management decisions in relevant projects. **Results.** The conducted research made it possible to propose six strategies for managing a motor transport enterprise to improve its economic activity. **Conclusions.** The developed strategies offered in the work allow to obtain a set of controlled actions depending on the real state of the maintenance system. Thus, choosing the appropriate strategies based on the accepted criterion of optimality, it is possible to manage the production processes of maintenance in the respective projects depending on the actual mileage of rolling stock, the need to ensure the technological process of transportation and ensure maximum load of the maintenance area.

Key words: management strategy of transport enterprises, maintenance, technical composition of transport.

Вступ. Ефективність роботи автомобільного транспорту значною мірою залежить від рівня технічної готовності рухомого складу та забезпечення його необхідної працездатності. З урахуванням зазначеного завдання докорінного підвищення ефективності і якості технічного обслуговування автомобілів, підвищення експлуатаційної надійності рухомого складу вимагають впровадження прогресивних форм організації і управління виробничими процесами, пов'язаними із

забезпеченням належного рівня готовності рухомого складу до використання за призначенням в середовищі цільового використання.

Постановка проблеми. Згідно з чинною планово-попереджувальною системою технічного обслуговування та ремонту автотранспортних засобів забезпечення належного технічного складу автомобілів на етапі експлуатації покладається на технічні служби автотранспортних підприємств. Управління виробничими процесами технічного обслуговування (ТО) автомобілів є одним з основних завдань підвищення ефективності роботи автотранспортного підприємства (АТП). Таким чином, **метою** роботи є дослідження стратегій рішення локального завдання автотранспортного підприємства, а саме: забезпечення ефективності та якості робіт з технічного обслуговування рухомого складу шляхом формування організаційних і управлінських рішень у відповідних проектах, що є актуальною проблемою, яка потребує ґрунтовного аналізу та визначення шляхів її вирішення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: провести аналіз альтернативних стратегій управління технічним обслуговуванням рухомого складу автомобільного транспорту; сформулювати можливі стратегії управління процесами технічного обслуговування автомобілів за критерієм мінімальної суми витрат від простоїв автомобілів, витрат від неповного використання зони технічного обслуговування та витрат від невчасного обслуговування автомобілів; отримати набір керованих дій залежно від реального стану системи технічного обслуговування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню завдань поліпшення ефективності виробничої діяльності та управління автотранспортним підприємством присвячено низку дисертацій, монографій, наукових статей, у яких розкрито різні аспекти цієї тематики [1–3]. Огляд робіт зазначених авторів показує, що більшість пропонованих підходів на сьогоднішній день залишаються актуальними і дають змогу забезпечувати достатньо високий рівень забезпечення ефективності та якості функціонування АТП. Крім цього, наприклад, у роботах [4, 5] представлені теоретичні та методичні основи формування стратегії розвитку автотранспортного підприємства, однак не зазначені адаптивні аспекти розвитку підприємства до конкретного АТП. Авторами робіт [6, 7] розглянуто поняття стратегічного господарського центру для автотранспортного підприємства, що збільшує його конкурентний та виробничий потенціал. У дослідженнях [8, 10, 11] запропоновано використання коефіцієнта організованості для визначення невикористаного потенціалу підприємства за різними стратегіями розвитку. Науковець роботи [9] зазначає, що завданням організації технічного обслуговування на АТП є збереження протягом усього періоду експлуатації належного рівня придатності рухомого складу. Автор роботи [12] розглядає питання змін технічного стану автомобілів в процесі їх експлуатації, а також причини та закономірності цих змін. Однак особливу увагу в процесі розвитку АТП автор приділяє технічному стану транспортних засобів.

Проте слід зазначити, що, враховуючи позиції тривіальних представлень, за яких виробничі процеси перевезення вантажів і пасажирів належать до основного виробництва АТП, а виробничі процеси, які забезпечують підтримання рухомого складу у працездатному стані, до допоміжного виробництва [1],

виникає необхідність декомпозиції виробничої діяльності АТП за рівнем прийняття рішення з урахуванням локалізації цих процесів.

Виклад основного матеріалу. Виробничі процеси ТО автомобілів, з позицій системного проєктування, можуть бути розглянуті як керовані процеси зі зворотним зв'язком; з точки зору організаційної – багаторівневі (ієрархічні процеси прийняття рішень), з точки зору процедурної – багатопланові процеси активної діяльності людей [9]. При цьому реалізується принцип комбінованого управління, який враховує управління по відхиленню, збурюванню і стану. Такий підхід забезпечує найбільш раціональне використання виробничо-технічної бази, а також заданий рівень технічної готовності автомобілів.

У сучасних умовах автотранспортні підприємства, а тим більше невеликі за розміром автотранспортні фірми вимушені самостійно шукати стратегії управління виробничими процесами АТП в умовах досить динамічного зовнішнього середовища, реагувати на його зміни для того, щоб бути конкурентоспроможними та самодостатніми в своєму розвитку й стані. Такі стратегії стосуються прийняття управлінських рішень різних рівнів, що стосуються забезпечення ефективності виробничих процесів автотранспортних підприємств. Як засвідчує досвід та проведені дослідження, застосування різних альтернативних стратегій в управлінні локальними виробничими процесами, одним з яких є технологічний процес технічного обслуговування рухомого складу, дають можливість виробити комбіновану стратегію управління виробничими процесами автотранспортного підприємства, як основного, так і допоміжного виробництва, на засадах комплексності (системності). Системний підхід передбачає прийняття управлінських рішень з максимальним охопленням всіх взаємозв'язків виробничих процесів АТП та комплексне дослідження наслідків тієї чи іншої альтернативи.

Таким чином, на підставі формування стратегій управління локальними виробничими процесами, викристалізуються різні варіанти стратегічного розвитку підприємства.

Ці варіанти називають стратегічними альтернативами, з яких і обирається майбутня стратегія. Стратегічні альтернативи – комплекс обґрунтованих самостійних стратегій, спрямованих на досягнення стратегічних цілей підприємства на основі використання наявних ресурсів. Як правило, ці стратегії мають однакове спрямування, але пропонують різні шляхи і можливості досягнення стратегічно важливих рубежів [8].

Таким чином, аналіз основних стратегій управління локальними виробничими процесами, зокрема процесами технічного обслуговування автомобілів, дає змогу вирішити завдання синтезу стратегії загального управління виробничими процесами автотранспортного підприємства.

Своєю чергою необхідно розглянути основні стратегії управління процесами технічного обслуговування автомобілів. Беручи до уваги особливості функціонування процесів ТО автомобілів в АТП, а також деякі невизначеності у плануванні транспортних послуг, що в свою чергу не дає змогу чітко спрогнозувати пробіг автомобіля на конкретний момент, можна виділити шість альтернативних стратегій управління (табл. 1).

У таблиці показані всі можливі стратегії управління. Знаком (+) показано наявність дострокової подачі автомобілів на ТО, наднормативного пробігу автомобілів до ТО, витрат до неповного використання потужності зони обслуговування, простоїв автомобілів в очікуванні обслуговування і несвоєчасного обслуговування автомобілів. Знаком мінус позначено відсутність дострокового ставлення автомобілів на обслуговування і відповідних витрат.

Як видно з табл. 1, різні стратегії управління відрізняються одна від одної числовими значеннями витрат та моделюючими ситуаціями (моделями), які виникають в реальних умовах функціонування.

Таблиця 1

**Можливі стратегії управління процесами
технічного обслуговування автомобілів**

Найменування стратегій управління	Дозволено дострокове надходження автомобілів на ТО	Дозволено понад нормативний пробіг автомобілів до ТО		Витрати		
		без обмежень	в межах доби	від неповного використання потужності зони ТО	від простоїв автомобілів в очікуванні обслуговування	від несвоєчасного надходження автомобілів на ТО
I стратегія	–	–	–	+	+	–
II стратегія	–	–	+	+	+	+
III стратегія	–	+	+	+	–	+
IV стратегія	+	+	+	–	–	+
V стратегія	+	–	+	–	+	+
VI стратегія	+	–	–	–	+	+

Перша стратегія управління передбачає суворе дотримання періодичності технічного обслуговування для кожного автомобіля окремо. Це найбільш жорсткий варіант стратегії управління. Автомобіль, який на певний момент має нормативний пробіг до чергового технічного обслуговування, з експлуатації вилучається до закінчення роботи з обслуговування.

За такої стратегії управління можливо, що в одні дні потреба в технічному обслуговуванні автомобілів буде перевищувати виробничу потужність зони обслуговування, яку має автотранспортне підприємство. Тоді деякі автомобілі повинні очікувати технічного обслуговування більш-менш тривалий час. В інші дні, навпаки, потреба в технічному обслуговуванні може стати нижчою за можливість його проведення. Отже, зона технічного обслуговування буде використовуватися недостатньо відносно своєї потужності.

Таким чином, за умови застосування вказаної стратегії управління має місце класична ситуація, яка розглядається в теорії масового обслуговування. Оцінюючи ефективність цієї стратегії управління, необхідно враховувати витрати, викликані простоями елементів, що обслуговуються (у нашому випадку – автомобілів) і простоями обслуговуючих апаратів (ліній і постів зони технічного обслуговування).

З іншого боку, ця стратегія управління має серйозну перевагу. Автомобілі надходять на технічне обслуговування в суворо встановлений термін, після напрацювання нормативного пробігу. При цьому припускається, що нормативний пробіг між черговими обслуговуваннями науково обґрунтований і є оптимальним. Таким чином витрати в системі, які пов'язані з відхиленнями від оптимальної періодичності технічного обслуговування автомобілів, будуть відсутні.

Якби мова йшла не про технічне обслуговування, а про поточний ремонт, то стратегія, яку ми розглядаємо, могла б бути єдиною, тому що у ряді випадків експлуатувати автомобіль, який підлягає поточному ремонту, неможливо. Щодо технічного обслуговування автомобілів є більша свобода дій, бо воно виконується не за потребою, а в планово-попереджувальному порядку. Це дає право розглядати ще п'ять стратегій управління.

За *другої стратегії* управління допускається наднормативний пробіг автомобілів щодо встановленої періодичності технічного обслуговування в межах одного дня роботи автомобіля, тобто за умови досягнення автомобілем нормативного пробігу під час зміни, останній з експлуатації вилучається тільки тоді, коли вичерпається запланований час у наряді. Ця стратегія управління відповідно до інтересів кращого використання автомобілів, які виїхали на лінію з пробігом близьким до нормативного. В оцінці її ефективності необхідно враховувати витрати, які викликаються неповним використанням потокових ліній і постів зони технічного обслуговування, простоями автомобілів в очікуванні обслуговування і збільшенням фактичної періодичності технічного обслуговування деяких автомобілів за межі оптимуму, встановленого Положенням про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту.

За *третьої стратегії* управління в ті дні, коли потреба в технічному обслуговуванні перевищує відповідні можливості, допускається експлуатація автомобілів з понаднормативним пробігом встановленої періодичності технічного обслуговування автомобілів. Ця стратегія управління відповідає інтересам кращого використання автомобілів і повністю виключає простої в очікуванні обслуговування. В оцінці ефективності цієї стратегії необхідно враховувати витрати, викликані неповним використанням потокових ліній і постів зони технічного обслуговування і витрати, викликані тим, що періодичність обслуговування автомобілів перевищує нормативну.

За *четвертої стратегії* управління у дні, коли виробнича потужність зони технічного обслуговування перевищує реальні потреби, допускається надходження автомобілів на обслуговування достроково, з недостатнім пробігом щодо нормативної періодичності. У ті дні, коли потреба у технічному обслуговуванні перевищує відповідні можливості, допускається експлуатація автомобілів понад нормативної періодичності. Ця стратегія управління відповідає інтересам більш ефективного використання як рухомого складу, так і постів (ліній) зони технічного обслуговування, виключаючи можливість їх роботи з неповним завантаженням. В оцінці ефективності цієї стратегії управління необхідно враховувати тільки витрати, викликані відхиленнями від оптимальної періодичності обслуговування автомобілів як в один, так і в інший бік.

За умови використання *п'ятої стратегії* управління у дні, коли виробнича потужність зони технічного обслуговування недозавантажена, допускається

ставити автомобілі на обслуговування достроково. Експлуатація автомобілів з понаднормативним пробігом допускається тільки в межах одного дня роботи, тобто за умови досягнення автомобілем нормативного пробігу під час його роботи на лінії. Останній з експлуатації вилучається тільки тоді, коли вичерпається запланований час (пробіг) в наряді. Автомобіль, пробіг якого досягнув нормативного значення, надходить на лінію тільки після виконання технічного обслуговування. Ця стратегія відповідає інтересам кращого використання постів і ліній зони технічного обслуговування, кращого використання автомобілів, які вийшли на лінію з пробігом, близьким до нормативного, і повністю виключає неповне використання виробничої потужності зони обслуговування.

За використання *шостої стратегії* управління у дні, коли виробнича потужність зони технічного обслуговування недостатньо завантажена, допускається ставити на обслуговування автомобілі з недостатнім пробігом щодо нормативної періодичності, яка виключає експлуатацію автомобілів з наднормативним пробігом. Ця стратегія відповідає інтересам кращого використання постів і ліній зони технічного обслуговування, повністю виключає їх недостатнє використання за виробничою потужністю. В оцінці ефективності шостої стратегії управління необхідно враховувати простой автомобілів в очікуванні обслуговування, а також витрати, викликані достроковим надходженням певної кількості автомобілів на технічне обслуговування.

Таким чином, розглянуто всі можливі альтернативні стратегії управління технічним обслуговуванням автомобілів. Завдання полягає в тому, щоб із перерахованих стратегій управління вибрати оптимальну.

Відповідно, ефективність практичної реалізації запропонованих стратегій управління виробничими процесами технічного обслуговування рухомого складу залежить від правильного вибору критерію оптимальності. Сукупність вимог, при виконанні яких допустиме рішення найраціональніше відповідає поставленій меті фактично і являє собою критерій оптимальності рішення [9].

Однак, в системі технічного обслуговування автомобілів, яка розглядається, отримання кількісних значень (показників) параметрів того або іншого стану системи не є кінцевою метою. Вони слугують лише основою для економічної оцінки рішень, що приймаються. Тому для оцінки можливих варіантів стратегій управління технічним обслуговуванням може бути обраний критерій оптимальності, що забезпечує порівняння і вибір варіанту управління системою технічного обслуговування автомобілів, якому надається перевага.

Відповідно до колонок 5, 6, 7 табл. 1, для порівняння різних варіантів стратегій управління процесами технічного обслуговування рухомого складу, критерієм оптимальності при вирішенні поставленого завдання повинен бути мінімум сумарних витрат, викликаних простоями автомобілів в очікуванні технічного обслуговування, неповним використанням виробничої потужності зони технічного обслуговування і витрат, пов'язаних з відхиленнями фактичної періодичності технічного обслуговування автомобілів від встановлених нормативів. Тобто, сума витрат від простоїв автомобілів в очікуванні технічного обслуговування, витрат від неповного використання виробничої потужності зони технічного обслуговування та витрат від невчасного обслуговування

автомобілів щодо нормативної (оптимальної) періодичності технічного обслуговування прагне до мінімуму.

Висновки. Формування та аналіз альтернативних стратегій управління технічним обслуговуванням рухомого складу автомобільного транспорту дає змогу отримати набір керованих дій залежно від реального стану системи технічного обслуговування. Таким чином, обираючи відповідні стратегії на підставі критерію оптимальності, є можливість керувати виробничими процесами ТО у відповідних проектах залежно від фактичного пробігу рухомого складу, необхідності забезпечення технологічного процесу перевезень та забезпечення максимального завантаження зони технічного обслуговування. Отримані результати в перспективі можуть бути застосовані при управлінні сучасних автотранспортних підприємств.

Література

1. Левковець П.Р. Системні аспекти організації праці і управління виробництвом: *навчальний посібник для слухачів факультету післядипломної освіти*. Київ : УТУ, 1998. 200 с.
2. Власенко Д.О., Бідняк М.Н. Системні аспекти стратегічного планування розвитку автотранспортних підприємств в сучасних умовах. *Управління проектами, системний аналіз та логістика*. Київ : НТУ, 2004. Вип. 1. С. 67–69.
3. Власенко Д.О., Бідняк М.Н. Розробка концептуальної моделі реструктуризації підприємств автомобільного транспорту. *Управління проектами, системний аналіз та логістика*. Київ : НТУ, 2006. Вип. 3. С. 181–183.
4. Власенко Д.О. Управління розвитком підприємств автомобільного транспорту. *Вісник Сумського державного університету. Серія Економіка*. Суми : СумДУ, 2004. Вип. 5(64). С. 190–196.
5. Шинкаренко В.Г. Формирование стратеги развития автотранспортного предприятия: монографія. Харьков : ХНАДУ, 2009. 166 с.
6. Шевченко І.В. Забезпечення стратегічного управління на автотранспортних підприємствах. *Вісник Хмельницького національного університету*. Хмельницький, 2011. № 3. С. 263–266.
7. Біліченко В.В. Методичні основи розробки проекту стратегічного розвитку підприємств автомобільного транспорту. *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. Вінниця, 2008. № 3. С. 162–165.
8. Біліченко В.В. Передумови обґрунтування стратегічного розвитку виробничих систем автомобільного транспорту в Україні. *Вісник ЖДТУ. Серія «Технічні науки»*, 2014. №2(69). С. 33–43. [https://doi.org/10.26642/tn-2014-2\(69\)-33-43](https://doi.org/10.26642/tn-2014-2(69)-33-43)
9. Левковець П.Р. Організація і управління процесами ремонту та технічного обслуговування автомобілів: монографія. Київ : УТУ, 1996. 194 с.
10. Бідняк М.Н., Біліченко В.В. Виробничі системи на транспорті: теорія і практика : монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2006. 176 с.

11. Бідняк М.Н., Біліченко В.В. Управління проектами розвитку виробничих систем на автомобільному транспорті. «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту»: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., м. Вінниця, 2011. С. 13–14.
12. Лудченко А.О. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: підручник. Київ: Вища шк., 2007. 527 с.

References

1. Levkovets P.R. (1998) Systemic aspects of labor organization and production management [Systemni aspekty orhanizatsii pratsi i upravlinnia vyrobnytstvom]. Kiev, 200.
2. Vlasenko D.O., Bidniak M.N. (2004) System aspects of strategic planning of development of motor transport enterprises in modern conditions [Systemni aspekty stratehichnoho planuvannia rozvytku avtotransportnykh pidpriemstv v suchasnykh umovakh]. Project management, systems analysis and logistics, 1, 67–69.
3. Vlasenko D.O., Bidniak M.N. (2006) Development of a conceptual model of restructuring of road transport enterprise [Rozrobka kontseptualnoi modeli restrukturyzatsii pidpriemstv avtomobilnoho transportu]. Project management, systems analysis and logistics, 3, 181–183.
4. Vlasenko D.O. (2004) Management of development of motor transport enterprises [Upravlinnia rozvytkom pidpriemstv avtomobilnoho transportu]. Bulletin of Sumy State University. Economics series, 5(64), 190–196.
5. Shynkarenko V.H. (2009) Formation of a development strategy for a motor transport enterprise [Formirovanie strategii razvitiia avtotransportnogo predpriiatia]. Kharkiv National Road University, 166.
6. Shevchenko I.V. (2011) Ensuring strategic management at trucking companies [Zabezpechennia stratehichnoho upravlinnia na avtotransportnykh pidpriemstvakh]. Bulletin of Khmelnytsky National University, 3, 263–266.
7. Bilichenko V.V. (2008) Methodical bases of development of the project of strategic development of the enterprises of motor transport [Metodychni osnovy rozrobky proektu stratehichnoho rozvytku pidpriemstv avtomobilnoho transportu]. Scientific works of Vinnytsia National Technical University, 3, 162–165.
8. Bilichenko V.V. (2014) Prerequisites for substantiation of strategic development of road transport production systems in Ukraine [Peredumovy obgruntuvannia stratehichnoho rozvytku vyrobnychkykh system avtomobilnoho transportu v Ukraini]. Bulletin of Zhytomyr State Technological University, 2(69), 33–43.
9. Levkovets P.R. (1996) Organization and management of car repair and maintenance processes [Orhanizatsiia i upravlinnia protsesamy remontu ta tekhnichnoho obsluhovuvannia avtomobiliv]. Monograph, 194.

10. Bidniak M.N., Bilichenko V.V. (2006) Production systems in transport: theory and practice [Vyrobnychi systemy na transporti: teoriia i praktyka]. Monograph, 176.
11. Bidniak M. N., Bilichenko V.V. (2011) Management of projects for the development of production systems in road transport [Upravlinnia proektamy rozvytku vyrobnych system na avtomobilnomu transporti]. Materials of the international scientific-practical conference, 13–14.
12. Ludchenko A.O. (2007) Technical operation and maintenance of cars [Tekhnichna ekspluatatsiia i obsluhovuvannia avtomobiliv]. Textbook, 527.

Наукове видання

РОЗВИТОК ТРАНСПОРТУ

Науковий журнал

Випуск 3(10), 2021

Засновник – Одеський національний морський університет

*Українською, російською
та англійською мовами*

Видається з жовтня 2016 р.

Формат 70×108/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсет. Цифровий друк. Ум. друк. арк. 7,18.
Замов. № 1121/400. Наклад 200 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефон +38 (048) 709 38 69
+38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.

Scientific publication

TRANSPORT DEVELOPMENT

Scientific journal

Issue 3(10), 2021

Founded by Odessa National Maritime University

In Ukrainian, Russian and English

Since October 2016

Format 70×108/16. Times New Roman Font.
Offset. Digital printing. Conventional printed sheet 7,18.
Order No 1121/400. Edition of 200 copies.

Publishing House “Helvetica”
65101, Ukraine, Odessa, 6/1 Inglizi St.
Phone +38 (048) 709 38 69
+38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Certificate of publishing entity
ДК № 6424 as of 04.10.2018