

Системи та технології

(правонаступник наукового журналу
“Вісник Академії митної служби України.
Серія: “Технічні науки”)

№ 1 (65)

Науковий журнал включено до Переліку наукових фахових видань України категорії “Б”, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів з галузі “Технічні науки”, спеціальності 113, 122, 123, 275 (наказ МОН України від 17.03.2020 р. № 409, додаток 1), 172 (наказ МОН України від 24.09.2020 р. № 1188, додаток 5), 255 (наказ МОН України від 15.04.2021 р. № 420, додаток 3)



Видавничий дім
«Гельветика»
2023

Системи та технології
(правонаступник наукового журналу
“Вісник Академії митної служби України. Серія: “Технічні науки”)
Науковий журнал. Видається двічі на рік. Заснований у травні 1999 р.
Рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет вченою радою
Університету митної справи та фінансів (протокол № 15 від 03.07.2023 р.)

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

Редакційна колегія:

Кузьменко А. І. – к.т.н., доц.
(головний редактор);
Халіпова Н. В. – к.т.н., доц.
(заступник головного редактора);
Йозеф Костольни – PhD;
Ян Рабчан – PhD;
Бакіров Мюшфік Панах огли – к.т.н.;
Балацька Н. Ю. – д.е.н., доц.;
Бондаренко І. О. – д.т.н., доц.;
Боярчук А. В. – к.т.н., доц.;
Брежнев Є. В. – д.т.н., с.н.с.;
Вишнікіна О. В. – к.х.н., доц.
Власов А. В. – к.т.н., ст. досл.;
Волосова Н. М. – к.т.н.;
Гарт Е. Л. – д.ф.-м.н., проф.;
Гордєєв О. О. – к.т.н., доц.;
Джинджоян В. В. – д.е.н., доц.;
Доценко С. І. – д.т.н., доц.;
Защолкін К. В. – к.т.н., доц.;
Котух Є. В. – к.т.н.;

Кузін М. О. – д.т.н., доц.;
Кучер М. М. – к.е.н., доц.;
Мартинюк О. М. – к.т.н., доц.;
Музикін М. І. – к.т.н.;
Нестеренко Г. І. – к.т.н., доц.;
Огар О. М. – д.т.н., проф.;
Охріменко Т. О. – к.т.н.;
Поночовний Ю. Л. – к.т.н., доц.;
Примаченко Г. О. – к.т.н., доц.;
Прохорченко Г. О. – к.т.н., доц.;
Сабіров О. В. – к.т.н., доц.;
Сохацький А. В. – д.т.н., проф.;
Стеблюк Н. Ф. – к.е.н., доц.
Стеблянко П. О. – д.ф.-м.н.;
Чопоров С. В. – д.т.н., проф.;
Шапорін Р. О. – к.т.н., доц.;
Щербовських С. В. – д.т.н., с.н.с.;
Юдіна О. І. – д.е.н., доц.;
Язіна В. А. – к.е.н.;
Яремчук С. О. – к.т.н.

DOI: <https://doi.org/10.32836/2521-6643-2023-1-65>
ISSN 2521-6643

Коректори: Н. В. Славогородська, Н. С. Ігнатова
Комп'ютерна верстка: Ю. С. Семенченко

Свідоцтво про державну реєстрацію: серія КВ № 21857-11757ПП від 21.12.2015 р.
Адреса: м. Дніпро, вул. Володимира Вернадського, 2/4, 49000
Тел.: +38 (099) 729 63 79
E-mail: editor@st.umsf.in.ua
Сайт видання: st.umsf.in.ua

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»
65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.

Підписано до друку 04.07.2023. Формат 60×84/8. Папір офсетний.
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 19,53. Обл.-вид. арк. 13,76.
Наклад 100 прим. Замовлення № 0623/367.

ЗМІСТ

ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА

Мотайло А. П. Побудова базису біпіраміди з двома рухомим вузлами.....	7
Сохацький А. В. Математичне моделювання аеродинаміки та динаміки руху транспортних апаратів типу Maglev з використанням методу дискретних особливостей.....	13

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

Кошова О. П., Черненко О. О., Чілікіна Т. В., Комар І. І. Особливості розробки web-застосунків для системи дистанційного навчання з допомогою бібліотеки React.....	20
Кулінченко Г. В., Панич А. О., Журба В. О., Соколов С. В. SCADA-система утилізаційної установки надлишкового тиску газу.....	32
Олексійчук Ю. Ф., Ольховська О. В., Ольховський Д. М., Орлова Д. І. Проектування та розробка web-сервісу для генерування та розсилки PDF-документів.....	39

КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Лаврик В. Р., Тягунова М. Ю. Аналіз стратегій ефективного просування Instagram-магазину для успішного бізнесу.....	46
Павлов В. Г. Лексична згортка при аналізі схожості текстів програм.....	53

КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ

Тарасенко Ю. С. Нівелювання електромагнітної вразливості інформації з обмеженим доступом.....	60
Тарасенко Ю. С., Савченко Ю. В. Ризик-орієнтовані процеси забезпечення безпеки об'єктів критичної інфраструктури.....	67

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)

Бех П. В., Гудімов В. В., Максименков Є. А. Аналіз способів кріплення при перевезенні озброєння, військової техніки залізничним транспортом.....	77
Бойко С. М., Котов О. Б. Перспективи розвитку мультимодальних технологій пасажирських перевезень на регіональному рівні в аспекті «зеленої» логістики.....	94
Halona I. I., Pitsyk M. H., Husiev O. V., Shapenko Ye. M., Sayliak L. V. A method for assessing energy efficiency of light-duty vehicles taking into account changes in their design parameters.....	100
Лебідь В. В., Мейш Ю. А., Майбородіна Н. В., Герасименко В. П. Побудова економіко-математичної моделі кількості оформлених митних документів на основі попередніх статистичних даних.....	105
Леснікова І. Ю., Халіпова Н. В., Кузьменко А. І., Жир С. І., Шаповалов О. В. Оптимізація транспортно-технологічної схеми перевезення сільгосппродукції в особливих умовах України.....	111
Разумова К. М., Новальська Н. І., Клименко В. В. Особливості сучасного транспортно-експедиторського бізнесу.....	124

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА

Semenov A. O., Stalchenko O. V., Voitsekhovska O. O., Khloba A. A., Krystoforov A. V. Synthesis of a device for remote control of a video camera using the LANC protocol.....	131
--	-----

ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННА СПРАВА

- Лихолат О. А., Вишнікіна О. В., Апалькова Д. К.** Диверсифікація діяльності готельно-ресторанного підприємства як спосіб підвищення конкурентноздатності.....141
- Погребняк А. В., Язіна В. А., Сабіров О. В., Марков І. Ю.** Спортивне харчування молодих спортсменів в аналогічних засобах розміщення готельного господарства України.....147
- Юдіна О. І., Стеблюк Н. Ф., Майко О. В., Зеніна Д. О.** Управління сталим економічним розвитком підприємств готельно-ресторанної сфери на основі аналізу поточних витрат.....154

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

- Petrov L. M., Kishianus I. V., Petryk Yu. M., Nikishyn V. A., Sheluhin S. V.** Structural improvement of the wheel drive of a military vehicle.....160

CONTENTS

APPLIED MATHEMATICS

- Motailo A. P.** Construction of bipyramid basis with two movable nodes.....7
- Sokhatsky A. V.** Mathematical modeling of aerodynamics and dynamics of Maglev-type vehicles using the method of discrete features..... 13

COMPUTER SCIENCES

- Koshova O. P., Chernenko O. O., Chilikina T. V., Komar I. I.** Peculiarities of web applications developing for the distance learning system using the React library..... 20
- Kulinchenko H. V., Panych A. O., Zhurba V. O., Sokolov S. V.** Scada system of disposal plantgas excess pressure.....32
- Oleksiichuk Yu. F., Olkhovska O. V., Olkhovsky D. M., Orlova D. I.** Design and development of a web service for generating and sending PDF documents.....39

COMPUTER ENGINEERING

- Lavryk V. R., Tiahunova M. Yu.** Analysis of effective promotion strategies for an Instagram store for successful business..... 46
- Pavlov V. G.** Lexical convolution in analyzing the similarity of program texts..... 53

CYBER SECURITY AND INFORMATION PROTECTION

- Tarasenko Yu. S.** Mitigating the electromagnetic vulnerability of restricted information.....60
- Tarasenko Yu. S., Savchenko Iu. V.** Risk-based processes for ensuring the security of critical infrastructure facilities..... 67

TRANSPORT TECHNOLOGIES (BY TYPES)

- Bekh P. V., Gudimov V. V., Maksimenkov Ye. A.** Analysis of fastening methods during the transportation of weapons and military equipment by rail transport.....77
- Boiko S. M., Kotov O. B.** Prospects for the development of multimodal technologies of passenger transportation at the regional level in the aspect of “green” logistics.....94
- Halona I. I., Pitsyk M. H., Husiev O. V., Shapenko Ye. M., Sayliak L. V.**
A method for assessing energy efficiency of light-duty vehicles taking into account changes in their design parameters.....100
- Lebid V. V., Meish Yu. A., Maiborodina N. V., Gerasymenko V. P.** Construction of an economic and mathematical model of the number of formed customs documents based on previous statistical data..... 105
- Lesnikova I. Yu., Khalipova N. V., Kuzmenko A. I., Zhyr S. I., Shapovalov A. V.**
Optimization of the transport and technological scheme of transportation of agricultural products in the special conditions of Ukraine.....111
- Razumova K. M., Novalska N. I., Klymenko V. V.** Features of modern transport forwarding business..... 124

TELECOMMUNICATIONS AND RADIO ENGINEERING

- Semenov A. O., Stalchenko O. V., Voitsekhovska O. O., Khloba A. A., Krystoforov A. V.**
Synthesis of a device for remote control of a video camera using the LANC protocol.....131

HOTEL AND CATERING BUSINESS

- Lykholat O. A., Vyshnikina O. V., Apalkova D. K.** Diversification of the activity of the hotel and restaurant enterprise as a way of increasing competitiveness.....141
- Pohrebniak A. V., Yazina V. A., Sabirov O. V., Markov I. Yu.** Sports nutrition of young athletes in similar facilities of hotel accommodation in Ukraine.....147
- Yudina O. I., Stebliuk N. F., Mayko O. V., Zenina D. O.** Management of sustainable economic development of hotel and restaurant enterprises on the base of analysis of current costs.....154

ARMS INVENTORY AND MILITARY HARDWARE

- Petrov L. M., Kishianus I. V., Petryk Yu. M., Nikishyn V. A., Sheluhin S. V.** Structural improvement of the wheel drive of a military vehicle.....160

ПРИКЛАДНА МАТЕМАТИКА

УДК 519.6

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.1>

Мотайло А. П., кандидат технічних наук,
доцент кафедри природничо-наукової підготовки
Херсонської державної морської академії
ORCID: 0000-0002-6775-5788

ПОБУДОВА БАЗИСУ БІПІРАМІДИ З ДВОМА РУХОМИМ ВУЗЛАМИ

Дана робота присвячена вивченню можливостей інтерполяції методом скінченних елементів функцій трьох незалежних змінних в області, яка має форму біпіраміди. Основною задачею даного дослідження є покращення апроксимаційних якостей решітки тетрадрально-октадральної структури за рахунок включення до неї комірок у формі біпірамід з двома рухомим вузлами.

У статті біпіраміда розглядається як скінченний елемент, утворений шляхом видовження/стиснення двох півосей октаедра. Подібні лінійні деформації виникають у елементах, які знаходяться в приграничному шарі розрахункової області, коли деякі вузли доводиться виносити на границю області.

В роботі геометричним та методом конденсації побудовано два поліноміальні базиси біпіраміди з сімома та шістьма вузлами інтерполяції. Досліджено геометричні та інтерполяційні якості базисних функцій біпіраміди з двома рухомими вузлами. Побудовані базиси мають, відповідно, два та три невизначені параметри, що дозволяють надавати базисним функціям біпіраміди доцільних в методі скінченних елементів властивостей. У даній роботі критерієм якості інтерполяції вважається величина сліду матриці жорсткості біпіраміди. Визначено коефіцієнти лінійної деформації двох півосей октаедра, при яких слід матриці жорсткості біпіраміди є мінімальним.

У статті проаналізовано межі припустимих лінійних деформацій півосей октаедра, які перетворюють його на біпіраміду з двома рухомими вузлами. За основу обрано показник асиметрії Skewness, який використовують в ANSYS. Отримано оцінки параметрів видовження/стиснення півосей октаедра, які гарантують високу та достатню точності скінченно-елементних розрахунків при використанні біпірамід з двома рухомими вузлами. Виявлені залежності коефіцієнтів лінійної деформації півосей октаедра відповідають умові мінімальності сліду матриці жорсткості біпіраміди, що свідчить про позитивний прогноз інтерполяційних якостей решітки з комірками у формі біпірамід з двома рухомими вузлами.

Перспективою подальших досліджень є побудова формул чисельного інтегрування на даному багатограннику з метою включення його до алгоритму метода скінченних елементів при розв'язанні прикладних задач математичної фізики.

Ключові слова: скінченний елемент, октаедр, біпіраміда, вузли інтерполяції, базис, базисні функції, метод конденсації, матриця жорсткості.

Motailo A. P. Construction of bipyramid basis with two movable nodes

This paper is devoted to the study of the possibilities of interpolation by the method of finite elements of functions of three independent variables in the region, which has the shape of a bipyramid. The main task of this study is to improve the approximation qualities of the lattice of the tetrahedral-octahedral structure by including cells in the form of bipyramids with two movable nodes.

In this article, a bipyramid is considered as a finite element formed by elongation/compression of two semi-axes of an octahedron. Similar linear deformations occur in elements located in the boundary layer of the calculated region, when some nodes have to be removed to the boundary of the region. In cases where only one octahedron node is carried to the boundary of the region, a bipyramid is also formed. In this case, the node that was transferred to the border of the region is considered movable.

In the author's previous works, the bases of the bipyramid with seven and six interpolation nodes were built. The approximation qualities of the constructed bases are investigated theoretically. A positive forecast of their use in finite element calculations is obtained. The results were verified by the problem of thermal conductivity for timber.

In the work by geometric and condensation method, two polynomial bases of the bipyramid with seven and six interpolation nodes are constructed. The geometric and interpolation qualities of the basic functions of a bipyramid with two movable nodes are investigated. The constructed bases have, respectively, two and three indefinite parameters that make it possible to give the basic functions of the bipyramid properties expedient in the finite element method. In this paper, the interpolation quality

critera is the trace of the bipyramid stiffness matrix. The coefficients of linear deformation of two semi-axes of the octahedron at which the trace of the bipyramid stiffness matrix is minimal are determined.

The limits of permissible linear deformations of the semi-axes of the octahedron, which turn it into a bipyramid with two movable nodes, are analyzed in the article. The basis is the asymmetry index of Skewness, which is used in ANSYS. Estimations of elongation/compression parameters of octahedron semi-axes are obtained, which guarantee high and sufficient accuracy of finite-element calculations when using bipyramids with two movable nodes. The revealed dependences of the coefficients of linear deformation of the semi-axes of the octahedron correspond to the condition of minimality of the trace of the bipyramid stiffness matrix, which indicates a positive forecast of the interpolation qualities of the lattice with cells in the form of bipyramids with two movable nodes.

The prospect of further research is the construction of numerical integration formulas on this polyhedron in order to include it in the algorithm of the finite element method in solving applied problems of mathematical physics.

Key words: finite element, octahedron, bipyramid, interpolation nodes, basis, basis functions, condensation method, stiffness matrix.

Постановка проблеми. При розв'язанні граничних задач математичної фізики широко використовують системи скінченно-елементного аналізу ANSYS, ABAQUS, NASTRAN, PATRAN, ЛІРА тощо. Не зважаючи на всі переваги методу скінченних елементів (МСЕ), він є занадто громіздким, особливо в 3D-просторі, та потребує великих об'ємів пам'яті комп'ютерної техніки.

Одним із способів оптимізації алгоритму МСЕ є застосування альтернативних решіток при дискретизації розрахункової області. Зокрема, в тривимірному просторі при розв'язанні граничних задач еліптичного типу ефективними виявляються решітки тетрадрально-октадральної структури, які не представлені в комерційних пакетах програмного забезпечення, що реалізують МСЕ.

Отже, існує задача дослідження скінченного елемента (СЕ) у формі октаедра та його узагальнення – біпіраміди.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В роботах [1–3] побудовано різні набори базисних функцій октаедра з шістьма та сімома вузлами інтерполяції. Авторами [1] представлено результати застосування решіток тетрадрально-октадральної структури при розв'язанні прикладних задач МСЕ. Основною перевагою застосування октаедрів у вказаній роботі вважається швидкість отримуваних розв'язків порівняно з результатами скінченно-елементних розрахунків при дискретизації області тетрадральної решіткою. У роботі [2] ефективність використання октаедра підтверджено при дискретизації МСЕ рівняння 3D-ідеального потоку нестисливої рідини. В якості патч-тесту обрано область у формі гексаедра з вписаним у нього октаедром. Автором [3] математично обґрунтовано переваги застосування СЕ у формі октаедра та його узагальнення – біпіраміди, в ансамблі з тетрадрами, порівняно з базисними елементами форми: гексаедрами та тетрадрами, – при розв'язанні МСЕ граничних задач математичної фізики для рівнянь еліптичного типу. При цьому СЕ у формі біпіраміди можуть бути використані в приграничному шарі розрахункової області, коли один або більше вузлів доводиться виносити на границю області.

В роботі [4] побудовано два базиси біпіраміди з одним рухомим вузлом, які містять відповідно два та один параметри, що дозволяють надавати базисним функціям додаткових доцільних в МСЕ інтерполяційних властивостей. На основі аналізу апроксимаційних якостей базисних функцій [5] визначено умови використання біпірамід в скінченно-елементних розрахунках. Критерієм оцінки якості апроксимації обрано мінімальний слід матриці жорсткості біпіраміди. Теоретичні висновки перевірено на задачі теплопровідності для бруса. При цьому залишається невирішеним питання про скінченно-елементну апроксимацію функцій в області комірок, які утворились в результаті декількох лінійних деформацій октаедра. Тому актуальною є задача побудови системи базисних функцій біпіраміди з двома та трьома рухомими вузлами.

Мета статті: побудувати базиси біпіраміди з двома рухомими вузлами, дослідити їх апроксимаційні властивості в залежності від значень параметрів видовження/стиснення півосей даного багатогранника, а також визначити умови використання даного СЕ в якості комірки решіток тетрадрально-октадральної структури.

Виклад основного матеріалу. Розглядається біпіраміда з сімома вузлами інтерполяції, які розташовані в її вершинах та точці перетину діагоналей (рис.1). Вважається, що точки K_1, K_3, K_4, K_6 є рівновіддаленими від K_0 на відстань $a(a \in R)$, а відрізки K_0K_2 та K_0K_5 можуть бути довільної довжини:

$$K_0K_2 = p \cdot a = b, K_0K_5 = q \cdot a = c, \quad (1)$$

де $p, q > 0$ та $p, q \in R$.

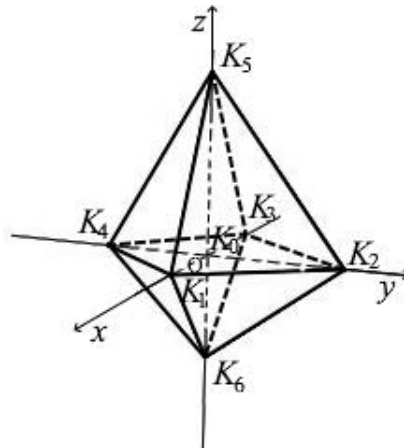


Рис. 1. Біпіраміда як скінченний елемент

Джерело: побудовано автором для коефіцієнтів $p=1,2$, $q=1,7$

Застосовуючи геометричні методи побудови функцій скінченно-елементного базису, які асоційовано з вершинами біпіраміди, легко отримати:

$$\begin{aligned}
 NS_{1,3} &= \frac{1}{2a^2} x(x \pm a); \\
 NS_2 &= \frac{1}{b(a+b)} y(y+a); \quad NS_4 = \frac{1}{a(a+b)} y(y-b); \\
 NS_5 &= \frac{1}{c(a+c)} z(z+a); \quad NS_6 = \frac{1}{a(a+c)} z(z-c).
 \end{aligned} \tag{2}$$

Функцію, що відповідає центральному вузлу, можна знайти з рівності:

$$NS_0 = 1 - \sum_{i=1}^6 NS_i,$$

де $i = \overline{1;6}$.

Тоді, враховуючи (1), (2), справедливою є рівність:

$$NS_0 = 1 - \frac{1}{pqa^2} \left(pqx^2 + q(y^2 + a(1-p)y) + p(z^2 + a(1-q)z) \right). \tag{3}$$

Після тождественних перетворень вираз базисної функції, яка асоційована із центральним вузлом, можна подати у вигляді:

$$NS_0 = \frac{(p+q)(1+pq)}{4pq} \cdot F, \tag{4}$$

$$\text{де } F = 1 - \frac{x^2}{a^2 \cdot \frac{(p+q)(1+pq)}{4pq}} - \frac{\left(y + \frac{1}{2}(a-p) \right)^2}{a^2 \cdot \frac{(p+q)(1+pq)}{4q}} - \frac{\left(z + \frac{1}{2}(a-q) \right)^2}{a^2 \cdot \frac{(p+q)(1+pq)}{4p}}.$$

Поверхні рівня базисної функції NS_0 в цьому випадку є еліпсоїдами зі зміщеними в площині Oxy центрами, якщо початок системи координат пов'язувати із вузлом K_0 (рис. 2).

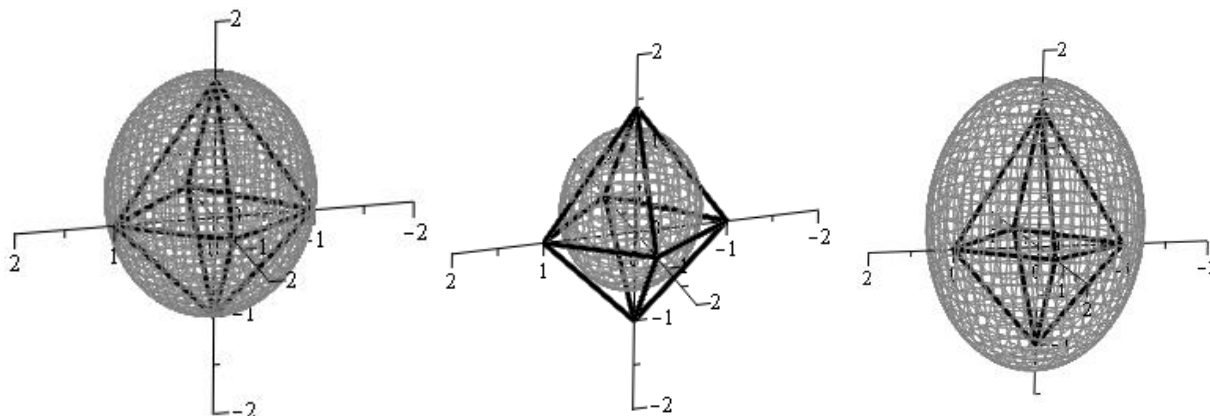


Рис. 2. Поверхні рівня функції $NS_0(x, y, z) = C$

Джерело: побудовано автором для $a=1, p=1,2, q=1,7, C=0, C=0,7, C=1,2$

Побудувати базис біпіраміди з шістьма вузлами інтерполяції можна, якщо застосувати операцію внутрішньої конденсації. Зміст цього перетворення полягає в розподілі внеску центральної базисної функції по зовнішніх вузлах біпіраміди, тобто:

$$\begin{aligned} NC_i &= NS_i + \alpha \cdot NS_0, i = \{1,3\}, \\ NC_2 &= NS_2 + \beta_1 \cdot NS_0, NC_4 = NS_2 + \beta_2 \cdot NS_0, \\ NC_5 &= NS_5 + \gamma_1 \cdot NS_0, NC_6 = NS_6 + \gamma_2 \cdot NS_0, \end{aligned} \quad (5)$$

де $2\alpha + \beta_1 + \beta_2 + \gamma_1 + \gamma_2 = 1; 0 \leq \alpha \leq 0,5$.

Задовольняючи умовам повноти базису [6], необхідно додати співвідношення вагових коефіцієнтів:

$$\beta_1 = \frac{1-2\alpha}{p+1}; \beta_2 = p\beta_1; \gamma_1 = \frac{1-2\alpha}{q+1}; \gamma_2 = q\gamma_1. \quad (6)$$

Оскільки ваговий коефіцієнт α змінюється в інтервалі $0 \leq \alpha \leq 0,5$, обмеження для інших вагових коефіцієнтів мають вигляд:

$$0 \leq \beta_1 \leq \frac{1}{p+1}; 0 \leq \beta_2 \leq \frac{p}{p+1}; 0 \leq \gamma_1 \leq \frac{1}{q+1}; 0 \leq \gamma_2 \leq \frac{q}{q+1}.$$

Отже, базисні функції конденсованого базису визначаються за формулами (5), (6).

Очевидно, що побудовані функції $\{NC_i\}_{i=1}^6$ скінченно-елементного базису біпіраміди є функціями коефіцієнтів видовження/стиснення біпіраміди p, q . Виникає питання: при яких значеннях вказаних коефіцієнтів базисні функції біпіраміди матимуть найкращі (в певному сенсі) апроксимаційні властивості. Критерієм якості апроксимації можна обрати мінімальний слід матриці жорсткості/теплопровідності біпіраміди.

За формулою:

$$Trace = \sum_{i=1}^6 \iiint_V \left(\left(\frac{\partial NC_i}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial NC_i}{\partial y} \right)^2 + \left(\frac{\partial NC_i}{\partial z} \right)^2 \right) dV,$$

де V – об'єм біпіраміди, –

можна отримати функцію сліду матриці жорсткості як функцію однієї незалежної змінної α :

$$Trace = \frac{a}{30p^2q^2(1+p)(1+q)} (A\alpha^2 + B\alpha + C), \quad (7)$$

де

$$\begin{aligned} A &= 104(p^3q^4 + p^4q^3 + p^2q^2) + 112(p^2q^4 + p^4q^2) + \\ &+ 120(p^4q^4 + p^3q^2 + p^2q^3) + 8(p^4q + pq^4 + p^2q + pq^2) + \\ &+ 40(p^4 + p^2 + q^4 + q^2) - 16(p^3q + pq^3) + 48(q^3 + p^3), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B = & -72p^4q^4 - 44(p^3q^4 + p^4q^3) - 96(p^2q^4 + p^4q^2) + 48p^3q^3 - \\
 & - 124(p^3q^2 + p^2q^3) + 4(p^4q + pq^4 + p^2q + pq^2) - \\
 & - 16(p^4 + p^2 + q^4 + q^2) - 120p^2q^2 + 40(p^3q + pq^3),
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

$$\begin{aligned}
 C = & 23p^4q^4 + 26(p^3q^4 + p^4q^3) + 66(p^3q^2 + p^2q^3) + 39(p^2q^4 + p^4q^2) + \\
 & + 28p^3q^3 + 4(p^4q + pq^4 + p^2q + pq^2) + 4(p^4 + p^2 + q^4 + q^2) + 55p^2q^2.
 \end{aligned}$$

За необхідною умовою існування екстремуму функції однієї змінної ($d(\text{Trace})/d\alpha = 0$) значення $\alpha = -B/(2A)$, де коефіцієнти A і B визначаються формулами (8). Інші вагові коефіцієнти легко визначити за формулами (6).

Дослідження на екстремум функції сліду матриці жорсткості/теплопровідності (7) для біпіраміди показують, що мінімум досягається в точці $(p; q) \approx (0,744; 0,744)$, і становить приблизно 2,475 (рис. 3).

Аналізуючи отримані функції базису біпіраміди, яка має два рухомі вузли, слід зауважити, що даний багатогранник не є правильним і може розглядатись як октаедр, який лінійно деформований в напрямках двох його півосей. Отже, його використання в скінченно-елементних розрахунках має певні обмеження. Skorиставшись рекомендаціями, які запропоновані в ANSYS, можна знайти показник асиметрії Skewness, який розраховується із міркувань обрання за еталон SE правильної геометричної форми [7, 8], тобто октаедр в даному випадку. При цьому відхилення в межах $\pm 0,1$ та $\pm 0,25$ від об'єму правильного геометричного тіла вважаються допустимими, відповідно, при високих та невисоких вимогах до точності отримуваних розв'язків.

Таким чином, на практиці слід використовувати біпіраміди з коефіцієнтами видовження/стиснення, які задовольняють умові $0,8 \leq (p+1)q \leq 1,2$ при високих вимогах до точності отримуваних розв'язків і $0,5 \leq (p+1)q \leq 1,5$ – при невисоких вимогах до точності отримуваних розв'язків.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. В роботі побудовано два базиси біпіраміди з двома рухомими вузлами, які можуть бути застосовані в скінченно-елементних розрахунках при дискретизації області решіткою тетраедраально-октаедраальної структури. Побудовані базиси з шістьма та сімома вузлами інтерполяції містять відповідно три та два невизначені параметри, які дозволяють надавати базисним функціям додаткових доцільних в МСЕ властивостей.

В результаті дослідження апроксимаційних властивостей побудованих базисів визначено критичні значення параметрів видовження/стиснення півосей біпіраміди, при яких слід матриці жорсткості на даному SE є мінімальним. Знайдено оцінки для параметрів видовження/стиснення півосей біпіраміди на основі рекомендацій щодо показників асиметрії Skewness, які використовують в ANSYS при застосуванні SE неправильної геометричної форми, що гарантує точність отримуваних розв'язків скінченно-елементних розрахунків.

Враховуючи позитивний прогноз інтерполяційних якостей SE у формі біпіраміди з двома рухомими вузлами, перспективою подальших досліджень є побудова формул чисельного інтегрування на даному багатограннику з метою включення його до алгоритму МСЕ при розв'язанні прикладних задач.

Список використаних джерел:

1. Greiner, G., Grosso, R. Hierarchical Tetrahedral-Octahedral Subdivision for Volume Visualization. *The Visual Computer*. 2000. Vol. 16. P. 357–369. URL: <https://doi.org/10.1007/PL00007214> (date of access: 25.04.2023).
2. de Bruijn, H. Numerical Method for 3D Ideal Flow. URL: <https://hdebruijn.soo.dto.tudelft.nl/jaar2010/octaeder.pdf> (date of access: 25.04.2023).
3. Мотайло А.П. Геометричне моделювання скалярних та векторних полів на решітках тетраедраально-октаедраальної структури : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.01.01. Дніпро, 2019. 24 с.
4. Мотайло А. П., Хомченко А. Н., Тулученко Г. Я. Побудова базису біпіраміди. *Радіоелектроніка, інформатика, управління*. 2016. № 4 (39), С. 29–36. DOI: 10.15588/1607-3274-2016-4-4 (дата звернення: 25.04.2023).
5. Sekulović, M. Metod konačnih elemenata. Beograd: Gradevinska knjiga, 1984. 592 p.

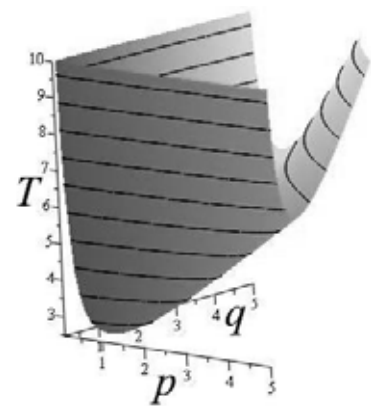


Рис. 3. Графік мінімального сліду матриці жорсткості

Джерело: побудовано автором за формулами (7), (8)

-
6. Zienciewicz, O. C. *Introductory Lectures on the Finite Elements Method*. Wien : Springer-Verlag, 2014. 99 p.
 7. ANSYS FLUENT 12.0 User's Guide – 6.2.2 Mesh Quality. URL: <https://www.afs.enea.it/project/neptunius/docs/fluent/html/ug/node167.htm> (date of access: 25.04.2023).
 8. Skewness in ANSYS Meshing – Illustrated Explanation. URL: <https://mechanicalland.com/skewness-of-mesh-structures-in-ansys-meshing/#gsc.tab=0> (date of access: 25.04.2023).

References:

1. Greiner, G. & Grosso, R. (2000). Hierarchical Tetrahedral-Octahedral Subdivision for Volume Visualization. *The Visual Computer*, (16), 357–369. <https://doi.org/10.1007/PL00007214>
2. de Bruijn, H. (2010). Numerical Method for 3D Ideal Flow. Retrieved from: <https://hdebruijn.soo.dto.tudelft.nl/jaar2010/octaeder.pdf>
3. Motailo, A. P. (2019). *Heometrychne modeliuvannia skaliarnykh ta vektornykh poliv na reshitkakh tetraedralno-oktaedralnoi struktury* [Geometric modeling of scalar and vector fields on the lattices of tetrahedral-octahedral structure] (avtoref. dys. ... kandydata tekhn. nauk). Dniprovskiy natsionalnyi universytet imeni Olesia Honchara. Dnipro, Ukraina.
4. Motailo, A. P., Khomchenko, A. N. & Tuluchenko, H. Ya. (2016). Pobudova bazysu bipiramidy [The constructing of bipyramid's basis]. *Radioelektronika, informatyka, upravlinnia*. (4(39)), 29–36. <https://doi.org/10.15588/1607-3274-2016-4-4>
5. Sekulović, M. (1984). *Metod konačnih elemenata* [The Finite Element Method]. Beograd : Gradevinska knjiga.
6. Zienciewicz, O. C. (2014). *Introductory Lectures on the Finite Element Method*. Wien: Springer-Verlag.
7. ANSYS FLUENT 12.0 User's Guide – 6.2.2 Mesh Quality. Retrieved from <https://www.afs.enea.it/project/neptunius/docs/fluent/html/ug/node167.htm>
8. *Skewness in ANSYS Meshing – Illustrated Explanation*. Retrieved from <https://mechanicalland.com/skewness-of-mesh-structures-in-ansys-meshing/#gsc.tab=0>

Сохацький А. В., доктор технічних наук,
професор, професор кафедри транспортних технологій
та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
провідний науковий співробітник
Інституту транспортних систем та технологій
Національної академії наук України
ORCID: 0000-0002-3593-6517

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АЕРОДИНАМІКИ ТА ДИНАМІКИ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ АПАРАТІВ ТИПУ MAGLEV З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ ДИСКРЕТНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ

Перехід суспільства на якісно новий технічний рівень є, центральною ланкою сьогодення. Високі темпи науково-технічного розвитку і глобалізації економіки в XXI ст. вступає у протиріччя з невисокими темпами розвитку і можливостями модернізації існуючих транспортних систем. Необхідні ефективні якісні технічні рішення з кардинального якісного підвищення швидкостей та пропускну здатності транспортних систем. Необхідною вимогою є зниження енергетичних затрат та підвищення безпеки. Окрім цього формуються жорсткі екологічні вимоги. Економічного зростання України можуть сприяти проривні технологічні рішення в галузі транспортних систем. Впровадження нових технологій на нових фізичних принципах може сприяти якісному стрибку економічного розвитку країни. Розробка та впровадження таких нових технологій, як Maglev та Hyperloop є необхідною умовою науково-технологічного розвитку суспільства. Проте створення такого високошвидкісного транспорту з застосування вказаних технологій вимагає вирішення цілого ряду наукових проблем.

В статті розглянуто зв'язану задачу моделювання аеродинаміки та динаміки руху швидкісних наземних транспортних апаратів. Для ефективного використання аеродинамічних ефектів пропонується обладнати транспортний апарат крилом, завдяки якому будуть розвантажуватися магнітолевітаційні пристрої. Це дозволить більш зменшити енергозатрати на підтримку транспортного апарата над шляховою структурою. Окрім цього наявність несучих поверхонь можна використовувати для сприяння стабілізації руху. Моделювання аеродинамічних процесів проведено шляхом використання сингулярних інтегральних рівнянь. Для цього несучу систему транспортного апарата представлено набором приєднаних та вільних дискретних вихорів. Застосування моделі ідеальної рідини для розрахунку несучої системи магнітолевітуючого транспортного апарата дозволяє сформулювати аеродинамічну задачу як задачу Неймана для рівняння Лапласа. Транспортний засіб має складну геометричну форму, тому при моделюванні його обтікання передбачено кілька поверхонь сходу нестационарного сліду. Для розрахунку параметрів стійкості руху розв'язано систему диференціальних рівнянь динаміку руху транспортного апарата поблизу шляхової структури.

Результати моделювання показали, що використання екранного ефекту, що формується під впливом близькості шляхової структури сприяє розвантаженню магнітолевітаційних пристроїв. Близькість землі створює небезпеку зіткнення транспортного апарата з шляховою структурою при втраті динамічної стійкості. Наявність несучих поверхонь транспортного апарата сприяє покращенню параметрів стійкості.

Ключові слова: аеродинаміка транспортних апаратів, числові методи, метод дискретних вихорів, математичне моделювання, інтегральні сингулярні рівняння, динаміка руху.

Sokhatsky A. V. Mathematical modeling of aerodynamics and dynamics of Maglev-type vehicles using the method of discrete features

The transition of society to a qualitatively new technical level is a central part of today's world. The high pace of scientific and technological development and economic globalization in the 21st century contradicts the slow pace of development and the possibilities of modernizing existing transport systems. Effective, high-quality technical solutions are needed to dramatically improve the speed and capacity of transport systems. Reducing energy costs and improving safety are also essential. In addition, stringent environmental requirements are being formed. Breakthrough technological solutions in the field of transportation systems can contribute to Ukraine's economic growth. The introduction of new technologies based on new physical principles can contribute to a qualitative leap in the country's economic development. The development and implementation of new technologies such as Maglev and Hyperloop is a prerequisite for the scientific and technological development of society. However, the creation of such high-speed transportation using these technologies requires solving a number of scientific problems.

The paper considers the coupled problem of modeling the aerodynamics and motion dynamics of high-speed ground transportation vehicles. For the efficient use of aerodynamic effects, it is proposed to equip the vehicle with a wing, which will unload the magnetolevitation devices. This will reduce the energy consumption for maintaining the vehicle over the road structure. In addition, the presence of bearing surfaces can be used to help stabilize the movement. The aerodynamic processes were modeled using singular integral equations. For this purpose, the vehicle's bearing system is represented by a set of attached and

free discrete vortices. The use of an ideal fluid model to calculate the bearing system of a magnetically levitating vehicle allows us to formulate the aerodynamic problem as a Neumann problem for the Laplace equation. The vehicle has a complex geometric shape, so when modeling its flow, several surfaces of the unsteady wake are provided. To calculate the parameters of motion stability, a system of differential equations is solved for the dynamics of the vehicle motion near the road structure.

The simulation results showed that the use of the screen effect formed under the influence of the proximity of the road structure helps to unload magnetolevitation devices. The proximity of the ground creates a danger of a vehicle collision with the road structure with a loss of dynamic stability. The presence of bearing surfaces of the vehicle helps to improve stability parameters.

Key words: vehicle aerodynamics, numerical methods, discrete vortex method, mathematical modeling, integral singular equations, motion dynamics.

Постановка проблеми. Перехід суспільства на новий технічний рівень є, центральною ланкою сьогодення. Прискорення темпів науково-технічного розвитку і глобалізації економіки в ХХІ ст. вступає у протиріччя з невисокими темпами розвитку і можливостями модернізації існуючих транспортних систем. Необхідні ефективні якісні технічні рішення з кардинального якісного підвищення швидкостей та пропускної здатності транспортних систем. Необхідною вимогою є зниження енергетичних затрат та підвищення безпеки. Окрім цього формуються жорсткі екологічні вимоги. Для економічного зростання України базовим є інноваційно-технологічний розвиток. Цьому можуть сприяти проривні технологічні рішення в галузі транспортних систем.. Впровадження нових технологій на нових фізичних принципах може сприяти якісному стрибку економічного розвитку країни. Розробка та впровадження таких нових технологій, як Maglev та Hyperloop є к необхідною умовою науково-технологічного розвитку суспільства. Проте створення такого високошвидкісного транспорту з застосування вказаних технологій вимагає вирішення цілого ряду наукових проблем.

Актуальність досліджень. Вважається, що підвіс перспективних магнітолевітуючих транспортних засобів буде базуватися на дії електродинамічної левітації з використанням надпровідних магнітів [1–8].

Однією з них є забезпечення оптимальних динамічних характеристик та відповідних партерів стійкості та керованості. Наявність близько розміщеної шляхової структури накладає певні вимоги на параметри стійкості та керованості такого транспортного засобу. Окрім цього збільшення швидкостей руху не повинно знижувати безпеку та шкідливо впливати на навколишнє середовище. Вважається, що підвіс перспективних магнітолевітуючих транспортних засобів буде базуватися на дії електродинамічної левітації з використанням надпровідних магнітів [1; 3].

Традиційно, підвіс магнітолевітуючих транспортних засобів базується на дії електродинамічної левітації, в основу якої покладено принцип електромагнітної інерції Ленца. Високі швидкості руху сприяють формуванню значних аеродинамічних сил та моментів. Їх позитивне використання буде сприяти мінімальним енергетичним витратам. Використання несучих поверхонь для формування підйімальної сили дозволить розвантажувати магнітолевітуючі пристрої. Окрім цього аеродинамічні поверхні можна використовувати для забезпечення необхідної стійкості.

Вирішення наукових проблем, що виникають при створенні сучасних висошвидкісних транспортних засобів вимагає застосування математичного апарату. Чисельне розв'язування диференціальних та інтегро-диференціальних рівнянь дозволяє знайти шляхи оптимізації їх технічних параметрів. Однією з важливих задач є забезпечення оптимальних динамічних характеристик. Вважається, що підвіс перспективних магнітолевітуючих транспортних засобів буде базуватися на дії електродинамічної левітації з використанням надпровідних магнітів [1; 4–8]. Наявність близько розміщеної шляхової структури накладає певні вимоги на параметри стійкості та керованості такого транспортного засобу. Обмежуються величини відхилення параметрів руху, таких як кути тангажу, крену та ковзання, відстань до шляхової структури та інші. Аналіз існуючих публікацій з транспорту, що ґрунтується на технологіях Maglev показує, що при дослідженні його динамічних характеристик в основному враховують навантаження від магнітолевітуючих пристроїв.

Мета статті. Традиційно задачі аеродинаміки та динаміки руху розв'язуються окремо одна від одної. Вирішення ж сумісної задачі аеродинаміки та динаміки руху є надзвичайно важливою проблемою сьогодення. Тому виникає потреба в розробці ефективних методик розв'язування такої сумісної задачі та досконалого дослідження динаміки руху магнітолевітуючих транспортних засобів на надпровідних магнітах

Метод розв'язування сумісної задачі динаміки та аеродинаміки. Система рівнянь для розв'язування зв'язаної задачі аеродинаміки та динаміки руху транспортного апарата матиме вигляд:

$$m \left(\frac{d\vec{V}_c}{dt} + \vec{\omega} \times \vec{V}_c \right) = \vec{F}_c; \quad (1)$$

$$\frac{d\vec{K}_c}{dt} + \vec{\omega} \times \vec{K}_c = \vec{M}_c; \quad (2)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial F_m}{\partial \xi_m} + \frac{\partial F_m^{diff}}{\partial \xi_m} = \vec{S}_q + \vec{S}_{xyz}; \quad (3)$$

$$\frac{d\phi}{dt} = f(\gamma, \vartheta, \psi, \dot{\gamma}, \dot{\vartheta}, \dot{\psi}, t); \quad (4)$$

$$\vec{R}_{mag} = \vec{R}_{mag}(V_c, \gamma, \vartheta, \psi, \dot{\gamma}, \dot{\vartheta}, \dot{\psi}, h); \quad (5)$$

$$\vec{F}_c = \vec{F}(p, k, \rho, V_c, h, \alpha, \beta, \gamma, \vartheta, \psi, \dot{\alpha}, \dot{\beta}, \dot{\gamma}, \dot{\vartheta}, \dot{\psi}, \delta_c, P_{ps}); \quad (6)$$

$$\vec{M}_c = \vec{M}(p, k, \rho, V_c, h, \alpha, \beta, \gamma, \vartheta, \psi, \dot{\alpha}, \dot{\beta}, \dot{\gamma}, \dot{\vartheta}, \dot{\psi}, \delta_c, P_{ps}); \quad (7)$$

$$\phi \leq |\phi_{\max}|; \dot{\phi} \leq |\dot{\phi}_{\max}|; h_{\min} \leq h \leq h_{\max}, \quad (8)$$

де \vec{F}_c, \vec{M}_c – вектор сил та моментів; \vec{K}_c – момент кількості руху; \vec{R}_{mag} – вектор магнітних сил; p – тиск; k – параметр, що характеризує турбулентний стан атмосфери; ρ – густина повітря; V_c – швидкість центра мас транспортного апарата; h – відстань до шляхової структури; F_m, F_m^{diff} – вектор конвективних та дифузійних потоків; \vec{S}_q – джерельний член; \vec{S}_{xyz} – джерельний член, що визначається типом системи координат; $\phi = \{\gamma, \vartheta, \psi\}$; $\dot{\phi} = \{\dot{\gamma}, \dot{\vartheta}, \dot{\psi}\}$; $\alpha, \beta, \gamma, \vartheta, \psi, \dot{\alpha}, \dot{\beta}, \dot{\gamma}, \dot{\vartheta}, \dot{\psi}$ – кути атаки, ковзання, крену, тангажа, рискання та їх похідні за часом; $Q = \{\rho, \rho u, \rho v, \rho w, E_t, \rho \tilde{v}\}$ – вектор густини потоку; P_{ps} – тяга силових установок; δ – дія органів керування транспортного засобу; $\xi_m = \xi_m(t, x_1, x_2, x_3)$, $m = 1, 2, 3$; c – центр мас.

Враховуючи можливості наявної обчислювальної техніки приймемо ряд спрощень до системи рівнянь (1–8). Для моделювання динаміки руху магнітолевітуючого транспортного засобу використано систему диференціальних рівнянь (1, 2).

Замикання системи рівнянь руху транспортного засобу (4) запишемо у вигляді наступних кінематичних співвідношень

$$\begin{aligned} \frac{d\psi}{dt} &= \frac{1}{\cos \vartheta} (\omega_y \cos \gamma - \omega_z \sin \gamma), \\ \frac{d\vartheta}{dt} &= \omega_y \sin \gamma + \omega_z \cos \gamma, \\ \frac{d\gamma}{dt} &= \omega_x - tg \vartheta (\omega_y \cos \gamma - \omega_z \sin \gamma), \end{aligned} \quad (9)$$

Для визначення відстані до шляхової структури необхідно інтегрувати наступне рівняння

$$\frac{dh}{dt} = V_x \sin \vartheta + V_y \cos \vartheta \cos \gamma - V_z \cos \vartheta \sin \gamma. \quad (10)$$

Величину левітаційних електромагнітних сил, що виникають при русі транспортного засобу над суцільним струмопровідним полотном визначимо за виразом [3]

$$F_L = F_1 \left[1 - \left(1 + \frac{V^2}{\omega^2} \right)^{-n_1} \right], \quad (11)$$

де F_1 – фиктивна підйомна сила, що діє на соленоїд; n_1 – коефіцієнт, який визначається геометрією соленоїда;

У відповідності з роботою [3] силу F_1 та параметр ω визначаємо за формулами

$$\begin{aligned} F_1 &= \frac{\mu_0 N^2 i_c^2 (a+b)}{2\pi h} \eta, \\ \omega &= \frac{2}{\mu_0 \sigma \delta}, \end{aligned}$$

де N – число обмоток соленоїда; i_c – струм в соленоїді; a, b – розміри соленоїда уздовж осей ОХ, ОУ; h – відстань між магнітом транспортного засобу та суцільним струмопровідним полотном.

Коефіцієнт η визначається емпіричним шляхом, але в роботі [2] запропонована апроксимаційна формула

$$\eta = \left(1 - K \frac{2h}{a} \right),$$

$$\text{де } K = 0,42 + 0,6 \frac{a}{b} - 0,0775 \left(\frac{a}{b} \right)^2.$$

Чисельне розв'язування системи диференціальних рівнянь (1–2) проведено методом Ейлера.

Для визначення аеродинамічних навантажень необхідно розв'язати зовнішню задачу Неймана для рівняння Лапласа. Для цього представляємо транспортний засіб, що рухається в суцільному середовищі у вигляді несучої поверхні σ_1 з якої сходять нестационарний слід σ_2 по кривій L .

Нехай несуча поверхня σ_1 транспортного засобу знаходиться в нестационарному полі швидкостей

$$U_0(V, t) = \text{grad } u_0(V, t),$$

де $\bar{U}_0(V, t)$ – гармонічна функція по усьому просторі у будь який момент часу. Поверхня σ_2 є поверхнею розриву дотичних швидкостей і на ній повинні виконуватися умова

$$p^+(M, t) - p^-(M, t) = 0, \quad V_n^+(M, t) = V_n^-(M, t), \quad M \in \sigma_2,$$

де p, V – тиск та швидкість з однієї та іншої сторони поверхні σ_2 .

Так як середовище є суцільним то в кожний наступний момент часу τ в будь якій точці $M(s)$ кривої L сходять частинка рідини на які є розриви дотичних швидкостей і яка займає положення $M(s, \tau, t)$. Причому ця частинка рідини рухається зі швидкістю потоку в даній точці $M(s, \tau, t)$. Таким чином нестационарний слід σ_2 в момент часу t представляє собою поверхню точок $M(s, \tau, t)$, що рухається з швидкістю $\bar{V}(M(s, \tau, t))$. З цього слідує, що для знаходження поверхні σ_2 необхідно розв'язати наступну систему диференціальних рівнянь

$$\frac{d\bar{r}}{dt} = \bar{V}(M(s, \tau, t)), \quad s \in [0, l], \quad \tau \in [0, t], \quad t \geq \tau. \quad (12)$$

При цьому повинні виконуватися початкові умови $\bar{r}(s, \tau, t) = \bar{r}_{M(s, \tau, t)}$. Це означає, що в початковий момент часу $\tau = t$ точка $M(s, \tau, t)$ з точкою $M(s)$ кривої L . Поверхня σ_2 має розрив дотичних швидкостей і на ній виконується умова нерозривності нормальної до σ_2 швидкості потоку. В такому випадку поверхню σ_2 можна моделювати потенціалом подвійного шару.

Розв'язок задачі розшукується в вигляді потенціала подвійного шару, що описується інтегро-диференціальним рівнянням

$$f(M_0, t) = \frac{1}{4\pi} \frac{\partial}{\partial \bar{n}_{M_0}} \sum_{i=1}^2 \int_{\sigma_i} \frac{\partial}{\partial \bar{n}_{M_0}} \left(\frac{1}{r_{MM_0}} \right) \left(\frac{1}{r_{MM_0}} \right) q_i(M_0, t) d\sigma_{i, M}, \quad M_0 \in \sigma_1. \quad (13)$$

Така як поле швидкостей $\{\bar{V}(M_0)\}, M_0 \in \sigma_1$ має такі ж властивості як поле швидкостей індуковане вихором шаром $\{\bar{\gamma}(M_0)\}, M_0 \in \sigma_1$ то математичне моделювання аеродинаміки транспортного засобу базується на представленні поверхні транспортного засобу σ_1 вихором шаром. З поверхні σ_1 сходять нестационарний слід-поверхня – σ_2 . Визначення аеродинамічних навантажень побудована на основі методу дискретних вихорів [2; 3], з використанням присднаних та вільних вихорових рамок, що сходять з кромки несучих поверхонь (рис. 1) інтегралом Коші-Лагранжа.

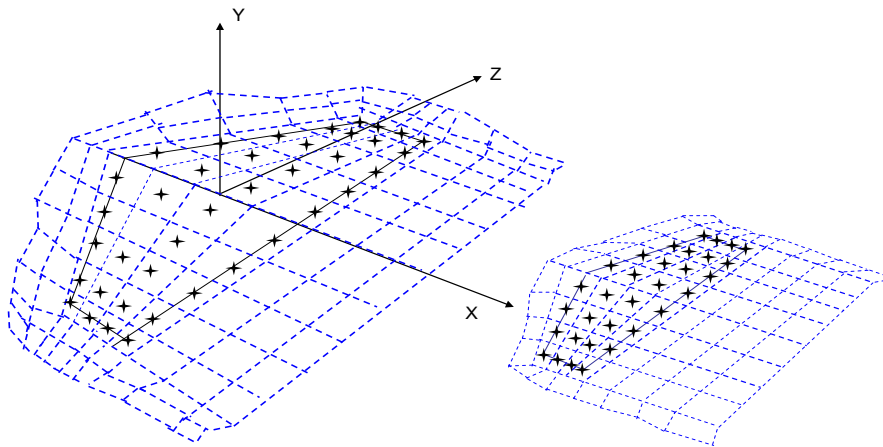


Рис. 1. Вихорова схема транспортного засобу

$$\frac{p}{\rho} = \frac{p_\infty}{\rho} - \frac{\bar{V}^2}{2} - \frac{\partial \Phi}{\partial t}. \quad (14)$$

Система лінійних алгебраїчних рівнянь відносно невідомих циркуляцій приєднаних вихорових рамок записується

$$\sum_{\mu=1}^{2(N+n)} \sum_{\nu=1}^{M+m} \Gamma_{\mu\nu} w_{\mu\nu}^{ik} + \sum_{l=1}^3 \sum_{\mu=1}^{2N} \sum_{r=1}^P \Gamma_{\mu r}^{lkr} w_{\mu r}^{ik} + \sum_{l=1}^3 \sum_{\mu=1}^{2n} \sum_{r=1}^P \Gamma_{\mu r}^{lgo} w_{\mu r}^{ik} + U_0 \sin(\alpha) = 0, \quad (15)$$

де $\Gamma = \Gamma_r / V_0 b_0$ – безрозмірна циркуляція вихорової рамки; $\Gamma_{\mu r}^I, \Gamma_{\mu r}^{II}, \Gamma_{\mu r}^{III}$ – безрозмірні циркуляції вільних вихорових рамок i -ї контрольній точці k -ї панелі, $w_{\mu\nu}^{ik}, w_{\nu r}^{ik}, w_{\mu r}^{ik}$ – швидкості індуковані вихоровою рамкою, що складається з вихорових відрізків одиничної інтенсивності; α – місцевий кут атаки k -го перерізу несучої поверхні; U_0 – швидкість незбуреного потоку.

Для моделювання наявності шляхової структури вводилась дзеркально відображена вихорова система [3].

Розв'язуючи одержану систему рівнянь (15), визначаємо величину циркуляції $\Gamma_{\mu\nu}$ вихорових рамок. Для визначення аеродинамічних навантажень використаємо інтеграл Коші-Лагранжа (14). Потім знаходимо коефіцієнти підйомної сили та моменту тангажу несучих поверхонь транспортного засобу. На транспортний засіб, окрім аеродинамічних та гравітаційних навантажень діють і магнітні сили. Для їх визначення була розроблена методика з використанням залежностей викладених в роботі [3], Апробацію використаної методики проведено в роботі [3].

Числове моделювання та результати розрахунків. Для математичного моделювання динаміки та аеродинаміки транспортного засобу на надпровідних магнітах було обрано його аеродинамічну схему показану на рис. 2.

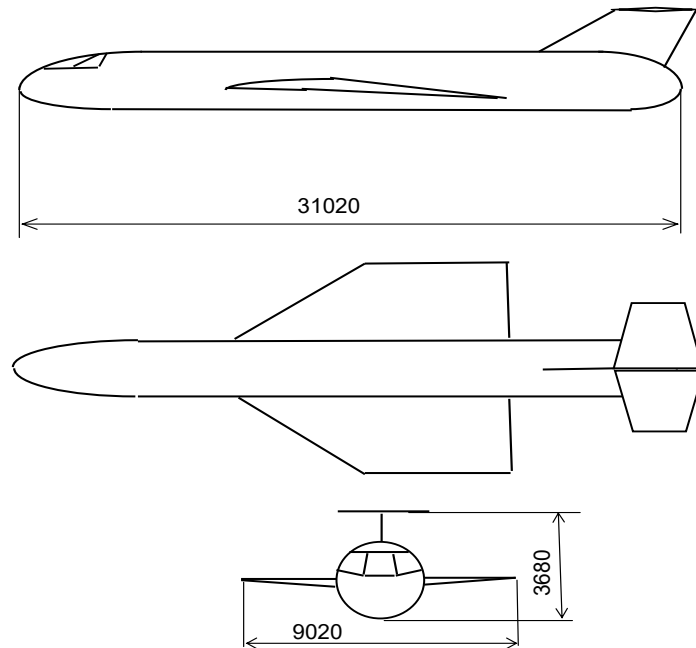


Рис. 2. Аеродинамічна схема крилового транспортного засобу з використанням електромагнітної левітації

Задача розв'язувалась шляхом чисельних розрахунків на ПЕОМ за наступним алгоритмом

1. Задання геометричних, масових параметрів транспортного апарата
2. Задання початкових умов, розрахунок моментів інерції.
3. Розв'язування балансовочного рівняння, визначення та оптимізація необхідних вхідних параметрів.
4. Математичне моделювання аеродинаміки транспортного засобу методом дискретних вихорів.
5. Визначення аеродинамічних та магнітолевітуючих сил та моментів.
6. Чисельне розв'язування диференціальних рівнянь динаміки руху.
7. Визначення положення транспортного засобу в просторі.
8. Оцінка величини прирощення кута тангажу $\Delta\theta$ та відстані до шляхової структури Δh як функції за часом.
9. Якщо $\Delta\theta \rightarrow 0$ та $\Delta h \rightarrow 0$ то розрахунки закінчуються. В противному випадку цикл розрахунків повторюється починаючи з п. 3.

Вважалось що транспортний засіб рухається поблизу шляховою структури з швидкістю $V_x=150$ м/с, що відповідає числу $M=0,416$ на відстані до шляхової структури $h=0,2$ м. Маса апарату складає 30 000 кг, початкова швидкість руху – $V_y=0$ м/с; величина кута атаки апарату – 0 град; густина повітря – $1,24$ кг/м³; площа крила – $65,05$ м²; довжина апарату – $31,02$ м; сумарна маса кріомодулів – 1000 кг.

Проводилося моделювання руху транспортного засобу на надпровідних магнітах в поздовжній площині. Вважалось, що кути ризику та крену залишаються незмінними. Чисельні дослідження динаміки поздовжнього руху та аеродинаміки транспортного засобу на надпровідних магнітах проводилися як без горизонтального оперення так із горизонтальним оперенням. Розрахунки показали, що відсутність горизонтального оперення приводила до зростання амплітуди коливань транспортного засобу, як по куті тангажу так і по висоті над шляховою структурою. Наявність горизонтального оперення стабілізувала положення транспортного засобу в просторі. На рис. 3–4 представлені результати розрахунку зміни відстані до шляхової структури h (м) та кута тангажу $teta$ (градус) транспортного засобу з горизонтальним оперенням.

Проведені числові дослідження показали, що для досягнення оптимальних динамічних характеристик окрім відповідних параметрів статичної стійкості транспортного засобу необхідно забезпечити і достатню динамічну стійкість.

За результатами чисельних досліджень встановлено, що для даної компоновки транспортного засобу коливання по висоті та куті тангажу згасають за час біля 20–25 с. Це досягнуто шляхом введення горизонтального оперення в задній частині транспортного засобу та оптимальним вибором його параметрів. Без горизонтального оперення транспортний засіб є нестійким.

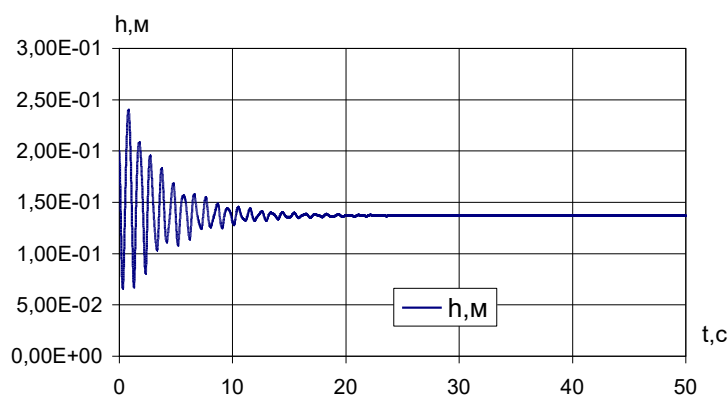


Рис. 3. Зміна величини відстані від транспортного засобу до поверхні шляхової структури після дії збурення

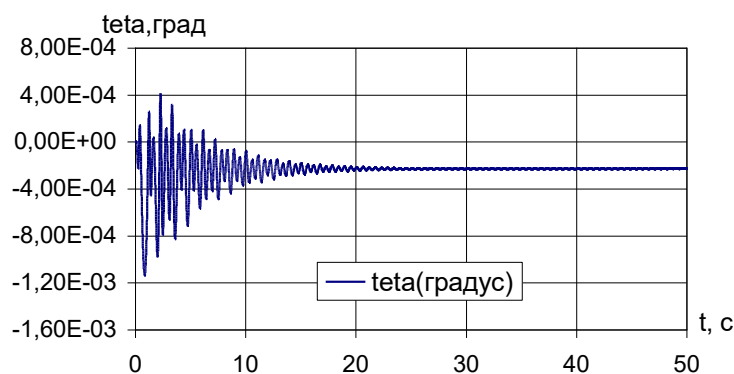


Рис. 4. Зміна кута тангажу транспортного засобу після дії збурення

Висновки. Проведене числове моделювання показало, що досліджуваний магнітолевітуючий транспортний засіб на надпровідних магнітах потребує додаткової системи стабілізації. Для цього в конструкцію апарату було введено хвостовий горизонтальний стабілізатор. Це дозволило забезпечити його динамічну стійкість. В подальшій перспективі необхідно розглянути динаміку руху з урахуванням бокових сил та моментів.

Список використаних джерел:

1. Дзензерский В.А., Омеляненко В.И., Васильев С.В., Сергеев С.А. Развитие экономических та научно-технических основ транспорта пятого поколения. Киев : Институт экономики та прогнозирования НАН Украины. 2020. 254 с.
2. Сохацький А. В. Метод дискретних особливостей як засіб проектування аеродинамічних обрисів транспортних апаратів. *Журнал обчислювальної та прикладної математики*. 2021. № 1 (135). С. 186–192.
3. Сохацький А. В. Теоретичні основи створення аеродинамічних компонок перспективних швидкісних транспортних апаратів : дис. ... доктора технічних наук : 05.07.01. Дніпропетровськ. 2010. 364 с.
4. The 13th International conference on magnetically levitated systems and linear drives” “MAGLEV’93”. Argona National laboratory USA. 1993. 464 p.
5. Prykhodko O., Sokhatsky A. On the aerodynamic calculation of high-speed ground transport vehicles. 17th international conference on magnetically levitated systems and linear drives. Swiss Federal Institute of technology. Lausanne, 2002. N PP05201. P. 11.
6. The 9th International Symposium on Speed-up and Sustainable Technology for Railway and Maglev Systems (STECH2021) in, Chiba, Japan, Nov. 23–25, 2021. URL: https://web.apollon.nta.co.jp/stech2021/symposium_venue
7. The 1st International Conference on Ultra-High-Speed Transportation, March 1-2, 2021 was organized by the Technical University of Munich, Germany. URL: <https://www.maglevboard.net/en/the-conferences/342-2021-brazil-ismb17-conference>
8. The 25th International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives was hosted by Changsha, PR China, October 18–19, 2022. URL: <https://www.maglevboard.net/en/the-conferences/306-2022-pr-china-the-maglev-2022-conference>

References:

1. Dzenzersky V.A., Omelianenko V.Y., Vasylev S.V., Serheev S.A. Rozvytok ekonomichnykh ta naukovotekhnichnykh osnov transportu piatoho pokolinnia [Development of economic and scientific and technical foundations of the fifth generation transport]. Kyiv : Instytut ekonomiky ta prohnozuvannia NAN Ukrainy. 2020. 254 с.
2. Sokhatsky A.V. Metod dyskretnykh osoblyvostei yak zasib proektuvannia aerodynamichnykh obrysyv transportnykh aparativ [The method of discrete features as a means of designing aerodynamic outlines of vehicles]. *Zhurnal obchysliuvalnoi ta prykladnoi matematyky*. 2021. № 1 (135). S. 186–192.
3. Sokhatsky, A. V. (2010). *Teoretychni osnovy stvorennia aerodynamichnykh komponovan perspektyvnykh shvydkisnykh transportnykh aparativ* [Theoretical bases of creation of aerodynamic layouts of perspective high-speed transport vehicles] (dys. doktora tekhnichnykh nauk). Dnipropetrovsk. Ukraina.
4. The 13th International conference on magnetically levitated systems and linear drives” “MAGLEV’93”. Argona National laboratory USA. 1993. 464 p.
5. Prykhodko O., Sokhatsky A. On the aerodynamic calculation of high-speed ground transport vehicles. 17th international conference on magnetically levitated systems and linear drives. Swiss Federal Institute of technology. Lausanne, 2002. N PP05201. P. 11.
6. The 9th International Symposium on Speed-up and Sustainable Technology for Railway and Maglev Systems (STECH2021) in, Chiba, Japan, Nov. 23–25, 2021. URL: https://web.apollon.nta.co.jp/stech2021/symposium_venue
7. The 1st International Conference on Ultra-High-Speed Transportation, March 1-2, 2021 was organized by the Technical University of Munich, Germany. URL: <https://www.maglevboard.net/en/the-conferences/342-2021-brazil-ismb17-conference>
8. The 25th International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives was hosted by Changsha, PR China, October 18–19, 2022. URL: <https://www.maglevboard.net/en/the-conferences/306-2022-pr-china-the-maglev-2022-conference>

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

УДК 004.75

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.3>

Кошова О. П., кандидат педагогічних наук,
доцент, доцент кафедри комп'ютерних наук
та інформаційних технологій
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID: 0000-0003-0794-6774

Черненко О. О., кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID: 0000-0002-9084-0999

Чілікіна Т. В., кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID: 0000-0002-0585-3307

Комар І. І., бакалавр за спеціальністю «Комп'ютерні науки»
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID: 0009-0009-3140-268X

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ WEB-ЗАСТОСУНКІВ ДЛЯ СИСТЕМИ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ З ДОПОМОГОЮ БІБЛІОТЕКИ REACT

В роботі розглядаються особливості розробки системи дистанційного навчання для студентів закладів вищої освіти з використанням мови програмування TypeScript та бібліотеки React. В статті показано, що однією із найбільш ефективних технологій навчання в сучасних умовах виступають інтерактивні технології навчання та різноманітні системи дистанційного навчання. Проаналізовано найбільш відомі існуючі системи дистанційного навчання, а саме: Moodle Blackboard Google Classroom Canvas. Виокремлено їхні функціональні можливості та можливості для роботи викладачів і студентів. Виокремлено недоліки та переваги кожної із систем. Для оволодіння студентами спеціальності «Комп'ютерні науки» необхідними навичками і компетентностями для майбутньої професійної діяльності виокремлено педагогічні умови їх навчання із використанням системи дистанційного навчання, а саме: необхідність поєднання традиційного стилю викладання дисциплін із інформаційними та інноваційними технологіями навчання, що забезпечить системність та функціональність отриманих знань, умінь і навичок; введення лабораторних форм практичних занять та інформаційних технологій на основі прикладних програм. Показано, що розробка системи дистанційного навчання є одним із практико-орієнтованих завдань. За результатами аналізу систем аналогічного призначення, проведеного в нашому дослідженні, було обрано для розробки елементів системи дистанційного навчання: сервіс для розробки інтерфейсів та прототипування Figma; мову програмування TypeScript; Css-препроцесор Sass; бібліотеки: React, Redux, Redux-Saga, Zod; система контролю версіями Git.

Проект реалізований на мові програмування TypeScript з використанням бібліотеки React. Побудовано UML діаграму прецедентів розробленої системи дистанційного навчання, що містить прецеденти для екторів: авторизований користувач неавторизований користувач, користувач, викладач та адміністратор. Прецеденти наступні: авторизація, перегляд власних курсів, перегляд журналу з оцінками, перегляд власних файлів, перегляд налаштування профілю, перегляд переліку курсів, які викладає, перегляд курсу, перегляд тем, перегляд матеріалів, перегляд налаштування курсу, перегляд користувачів.

Проаналізовано переваги та особливості використання бібліотеки React для створення системи дистанційного навчання. Із допомогою використання бібліотеки React було розроблено систему дистанційного навчання, відповідно до діаграми прецедентів, а саме: Сторінки викладача та Сторінка студента із відповідними функціями та можливостями.

Ключові слова: система дистанційного навчання, web-застосунок, jsx, React, об'єктна модель документа (DOM).

© О. П. Кошова, О. О. Черненко, Т. В. Чілікіна, І. І. Комар, 2023

Koshova O. P., Chernenko O. O., Chilikina T. V., Komar I. I. Peculiarities of web applications developing for the distance learning system using the React library

The paper considers the features of the development of a distance learning system for students of higher education establishment using the TypeScript programming language and the React library. It has been proved that the remote form of education best corresponds to the peculiarities of the training of students majoring in "Computer Science". The most famous existing distance learning systems were analyzed, namely: Moodle Blackboard Google Classroom Canvas. Their functionality and opportunities for the work of teachers and students are highlighted. Disadvantages and advantages of each system are considered. In order for students of the "Computer Science" specialty to acquire the necessary skills and competences for future professional activities, the pedagogical conditions for their training using the distance learning system are singled out, namely: the need to combine the traditional style of teaching disciplines with information and innovative learning technologies, which will ensure systematicity and functionality acquired knowledge, skills and abilities; introduction of laboratory forms of practical classes and information technologies based on applied programs. It is shown that the development of a distance learning system is one of the practice-oriented tasks. According to the results of the analysis of systems of a similar purpose, carried out in our research, we chose for the development of elements of the distance learning system: service for the development of interfaces and prototyping Figma; TypeScript programming language; CSS preprocessor Sass; libraries: React, Redux, Redux-Saga, Zod; Git version control system.

The project is implemented in the TypeScript programming language using the React library. A UML diagram of precedents of the developed distance learning system was built, containing precedents for actors: authorized user, unauthorized user, user, teacher and administrator. Precedents are as follows: login, view own courses, view gradebook, view own files, view profile settings, view list of courses taught, view course, view topics, view materials, view course settings, view users.

The advantages and features of using the React library to create a distance learning system are analyzed. Using the React library, a distance learning system was developed, according to the precedent diagram, namely: Teacher Pages and Student Pages with corresponding functions and capabilities.

Key words: distance learning system, web application, jsx, React, document object model (DOM).

Постановка проблеми. Однією із найбільш ефективних технологій навчання в сучасних умовах виступають інтерактивні технології навчання та різноманітні системи дистанційного навчання. При цьому, незаперечним є і той факт, що в сучасних умовах дистанційна форма навчання найбільш відповідає особливостям підготовки студентів спеціальності «Комп'ютерні науки». Адже більшість випускників, а часто і студентів цієї спеціальності обирають в сучасних умовах віддалений формат роботи. Крім того, студенти даної спеціальності мають широкі можливості для вибору роботи в міжнародних компаніях та у різних країнах. При цьому система дистанційного навчання є більш самостійною та індивідуалізованою, що, в свою чергу, привчає студентів уже з перших років навчання в закладах вищої освіти до постійного розвитку, і, як наслідок, до розширення кар'єрних можливостей у майбутньому [1].

Не менш важливим є і те, що дистанційне навчання вимагає від студентів докладати більше зусиль для власного навчання, але, в той же час значно ефективніше та комфортніше з огляду на витрати часу, коштів і зручностей, ніж інші форми та технології навчання. Адже дистанційне навчання доступне усім споживачам освітніх послуг в зручний час, що є важливою складовою віртуальної соціалізації особистості.

Водночас всі системи дистанційного навчання мають відповідати певним вимогам, щоб задовольнити всі потреби споживачів освітніх послуг. Саме тому, було взято за мету розробити сучасну систему дистанційного навчання із можливою наступною імплементацією у Полтавському університеті економіки і торгівлі (ПУЕТ). На відміну від класичних форм отримання освіти дистанційне навчання здійснюється з використанням всіх новітньої технічних досягнень в сфері телекомунікаційних технологій і мережі Інтернет. Слід зазначити, що в ПУЕТ запроваджено систему дистанційного навчання більше 13 років тому і маємо у доступі для студентів усіх спеціальностей більше ніж 2000 дистанційних курсів. Разом з тим, сьогоднішній світ все більше переходить до цифрового формату, тому важливо розробляти ефективні та прості web-застосунки. Крім того, сучасна система дистанційного навчання повинна надавати більш широкі можливості викладачам та студентам для роботи в інтерактивному онлайн середовищі.

Проаналізувавши існуючі програмні продукти, не було знайдено таких, що повністю задовольняють поставлені вимоги. Тому актуальною є розробка програмного забезпечення з використанням web-застосунку. Це дозволяє використовувати продукт як незалежно, так і в інтеграції з іншими програмним забезпеченням чи системами дистанційного навчання. Для реалізації системи дистанційного навчання було обрано мову програмування TypeScript та найпопулярнішу бібліотеку для розробки web-додатків React.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що на сьогодні існує достатня кількість систем дистанційного навчання, й далі ми розглянемо про деякі з них.

1. Moodle – це модульне об'єктно-орієнтоване динамічне навчальне середовище, яке називають також системою управління навчанням (LMS), системою управління курсами (CMS), віртуальним навчальним середовищем (VLE) або просто платформою для навчання, яка надає викладачам, учням та адміністраторам розвинутий набір інструментів для комп'ютеризованого навчання, в тому числі дистанційного.

Типова функціональність Moodle включає: задача завдань; дискусійні форуми; завантаження файлів; оцінювання; обмін повідомленнями; календар подій; новини та анонси подій; онлайн тестування.

Основні можливості системи Moodle.

Для студентів: доступ до навчальних матеріалів (тексти лекцій, завдання до практичних/лабораторних та самостійних робіт; додаткові матеріали (книги, довідники, посібники, методичні розробки) та засобів для спілкування і тестування «24 на 7»); засоби для групової роботи (Вікі, форум, чат, семінар, вебінар); можливість перегляду результатів проходження дистанційного курсу студентом; можливість перегляд результатів проходження тесту; можливість спілкування з викладачем через особисті повідомлення, форум, чат; можливість завантаження файлів з виконаними завданнями; можливість використання нагадувань про події у курсі.

Для викладачів: використання інструментів для розробки авторських дистанційних курсів; розміщення навчальних матеріалів (текстів лекцій, завдань до практичних/лабораторних та самостійних робіт, додаткових матеріалів (книг, довідників, посібників, методичних розробок) у форматах .doc, .odt, .html, .pdf, а також відео, аудіо і презентаційних матеріалів у різних форматах та через додаткові плагіни; додавання різноманітних елементів курсу; проведення швидкої модифікації навчальних матеріалів; автоматичного формування тестів; автоматизації процесу перевірки знань, звітів щодо проходження студентами курсу та звітів щодо проходження студентами тестів; додавання різноманітних плагінів до курсу дозволяє викладачу використовувати різноманітні сторонні програмні засоби для дистанційного навчання [2].

2. Blackboard – платформа електронного навчання, призначена для управління віртуальним навчальним середовищем і надання платформи для курсів дистанційного навчання.

Система Blackboard дозволяє автоматизувати наступні основні області діяльності вузу в освітньому процесі: підготовка освітніх матеріалів; дистанційне навчання; спільна науково-дослідна діяльність; облік і контроль персональних критеріїв освітнього процесу; ведення нормативно-довідкової інформації; спільна робота віддалених членів освітніх проектів.

До переваг системи можна віднести: можливість роботи в єдиній системі на різних мовах; можливість масштабування системи; цілодобова технічна та методична підтримка користувачів; наявність гарантій якості рішень; наявність впроваджень системи в проектах з більш ніж 100000 користувачів; швидка автоматизована підготовка звітів; використання єдиної централізованої бази даних; інтеграція з єдиним каталогом користувачів [3].

3. Google Classroom – безкоштовний веб-сервіс, створений Google для навчальних закладів з метою спрощення створення, поширення і класифікації завдань безпаперовим шляхом. Основна мета сервісу – прискорити процес поширення файлів між педагогами та здобувачами освіти. Може використовуватися вчителями та учнями у школах, або у закладах вищої освіти викладачами та студентами.

На платформі можна: створити свій клас/курс; організувати запис учнів на курс; ділитися з учнями необхідним навчальним матеріалом; запропонувати завдання для учнів; оцінювати завдання учнів і стежити за їхнім прогресом; організувати спілкування учнів.

Особливості системи: використовуються тільки інструменти Google (Google Диск, Google Документи, Google Форми і т.д.); в учасників освітнього процесу на Google Диск створюється загальна папка «Клас»; папка «Клас» доступна як для окремого учня (студента), так і для класу (групи) в цілому.

Переваги системи: можливість публікувати теоретичний матеріал, завдання, виставляти оцінки в журналі, календар та ін.; організація спільної роботи; безкоштовність; підтримка української мови; сервісом можна користуватися як на персональному комп'ютері, так і на смартфоні та планшеті за допомогою мобільного додатку [4].

4. Canvas – це безкоштовна платформа для створення повнофункціональних масових відкритих онлайн-курсів. Курси легко інтегрувати у змішане навчання або використовувати як самостійний освітній продукт. Ця платформа надає вільний хостинг та зручні інструменти для розробки уроків та курсів, вона безкоштовна як для вчителів, так і для студентів.

На платформі Canvas можна: створювати сторінки з текстом та зображеннями; складати тести з різними налаштуваннями: давати завдання із встановленням deadline; додавати документи та файли; виставляти оцінки викладачу та можливість робити взаємооцінювання учнями; дивитися аналітику за курсом та за окремими студентами; проводити конференції та працювати спільно із студентами над різноманітними проектами [5].

Мета статті – проєктування та розробка web-застосунку для системи дистанційного навчання із використанням бібліотеки React.

За результатами аналізу систем аналогічного призначення було обрано для розробки елементів системи дистанційного навчання сервіс для розробки інтерфейсів та прототипування Figma [6]; мову програмування TypeScript; Css-препроцесор Sass; бібліотеки: React, Redux, Redux-Saga, Zod; система контролю версіями Git.

В даній статті розглянуто особливості розробки web-застосунку із використанням бібліотеки React [7–9].

Виклад основного матеріалу. Для опису роботи системи дистанційного навчання було побудовано діаграму Прецедентів (рис. 1). Розглянемо основні її прецеденти. Прецедент – це все те, що може робити система, або що можна робити з нею.

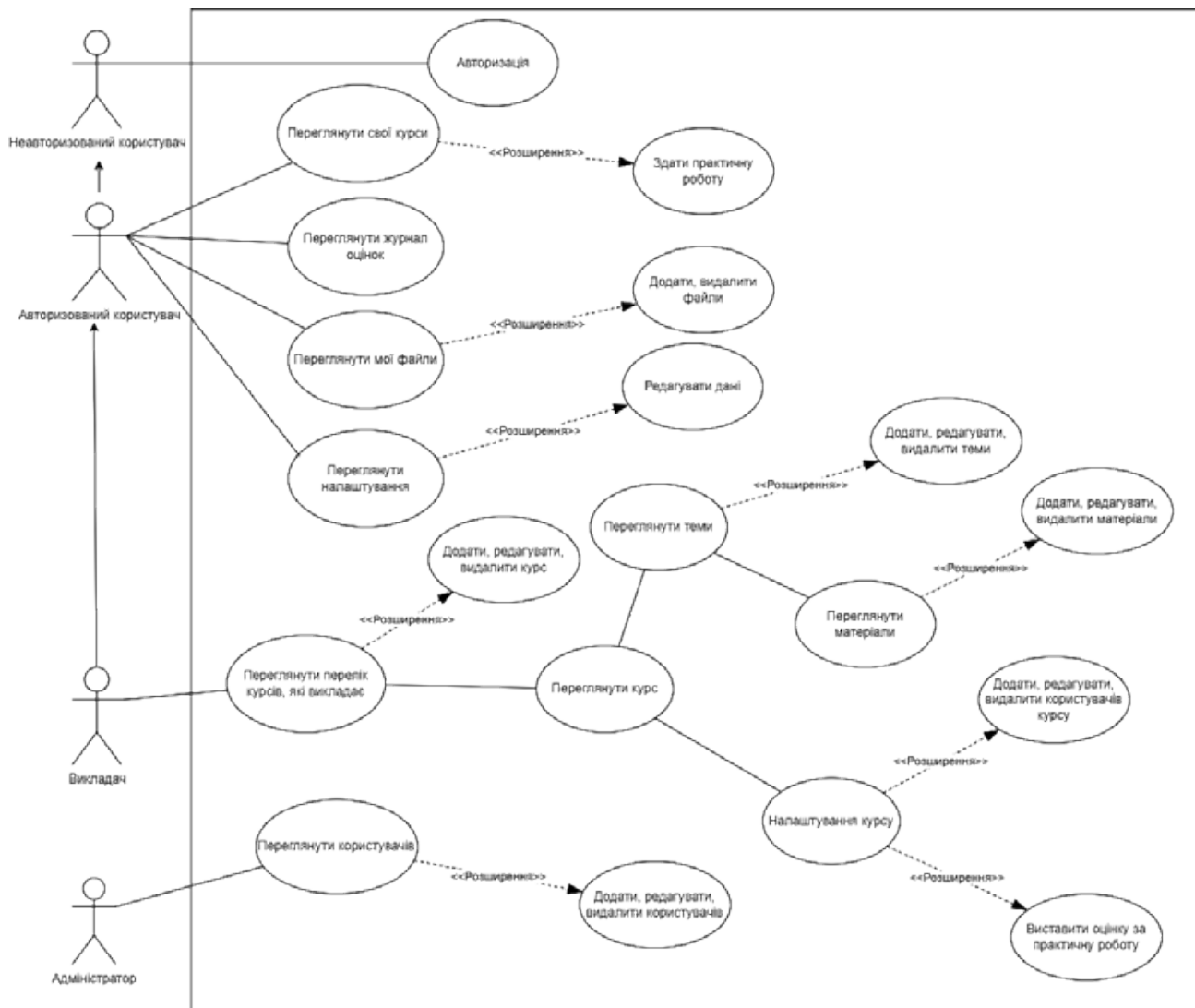


Рис. 1. Діаграма прецедентів

ПРЕЦЕДЕНТ: АВТОРИЗАЦІЯ.

Ектор: Неавторизований користувач.

Передумова: Користувач не авторизований в системі.

Післяумова: Користувач авторизований в системі.

Сценарій:

1. Користувач вводить свій email та пароль.
2. Користувач натискає кнопку «Увійти».
3. Користувач авторизований.

ПРЕЦЕДЕНТ: ПЕРЕГЛЯД ВЛАСНИХ КУРСІВ.

Ектор: Авторизований користувач.

Передумова: Користувач авторизований у системі.

Післяумова: Користувач переглянув курси.

Сценарій:

1. Користувач переходить до вкладки «Курси».
2. На екрані з'являється список курсів.
3. Користувач переглянув курс.

Розширення: Здати практичну роботу.

ПРЕЦЕДЕНТ: ПЕРЕГЛЯД ЖУРНАЛУ З ОЦІНКАМИ.

Ектор: Авторизований користувач.

Передумова: Користувач авторизований у системі.

Післяумова: Користувач переглянув свої оцінки з відповідного курсу.

Сценарій:

1. Користувач переходить до вкладки «Журнал оцінок».
2. Вибирає курс.
3. Отримує оцінки за результатом вибору курсу.

ПРЕЦЕДЕНТ: ПЕРЕГЛЯД ВЛАСНИХ ФАЙЛІВ.

Ектор: Авторизований користувач.

Передумова: Користувач авторизований у системі.

Післяумова: Користувач переглянув власні завантажені файли.

Сценарій:

1. Користувач переходить до вкладки «Мої файли».
2. На екрані з'являється список з завантаженими файлами.
3. Користувач переглянув власні файли.

Розширення: Додати, видалити файл.

ПРЕЦЕДЕНТ: ПЕРЕГЛЯД НАЛАШТУВАННЯ ПРОФІЛЮ.

Ектор: Користувач.

Передумова: Користувач авторизований у системі.

Післяумова: Користувач переглянув налаштування профілю.

Сценарій:

1. Користувач переходить до вкладки «Налаштування».
2. Користувач переглянув налаштування профілю.

Розширення: Редагувати дані.

ПРЕЦЕДЕНТ: ПЕРЕГЛЯД ПЕРЕЛІКУ КУРСІВ, ЯКІ ВИКЛАДАЄ.

Ектор: Викладач.

Передумова: Викладач авторизований в системі.

Післяумова: Викладач переглянув перелік курсів, які викладає.

Сценарій:

1. Викладач переходить до вкладки «Курси».
2. На екрані з'являється список курсів.
3. Викладач переглянув курси.

Розширення: Додати, редагувати, видалити курс.

ПРЕЦЕДЕНТ: ПЕРЕГЛЯД КУРСУ.

Ектор: Викладач.

Передумова: Викладач авторизований в системі.

Післяумова: Викладач переглянув інформацію про курс.

Сценарій:

1. Викладач переходить на сторінку «Курс».
2. На екрані з'являється інформація про курс.
3. Викладач переглянув курс.

ПРЕЦЕДЕНТ: ПЕРЕГЛЯД ТЕМ.

Ектор: Викладач.

Передумова: Викладач авторизований в системі.

Післяумова: Викладач переглянув теми курсу.

Сценарій:

1. Викладач переходить на сторінку «Курс».
2. На екрані з'являються теми курсу.
3. Викладач переглянув теми курсу.

Розширення: Додати, редагувати, видалити тему.

ПРЕЦЕДЕНТ: ПЕРЕГЛЯД МАТЕРІАЛІВ.

Ектор: Викладач.

Передумова: Викладач авторизований в системі.

Післяумова: Викладач переглянув матеріали курсу.

Сценарій:

1. Викладач переходить на сторінку «Курс».
2. Викладач вибирає тему.
3. На екрані з'являються матеріали курсу.
4. Викладач переглянув матеріали.

Розширення: Додати, редагувати, видалити матеріал.

ПРЕЦЕДЕНТ: ПЕРЕГЛЯД НАЛАШТУВАННЯ КУРСУ.

Ектор: Викладач

Передумова: Викладач авторизований в системі.

Післяумова: Викладач переглянув налаштування курсу.

Сценарій:

1. Викладач переходить на сторінку «Курс».
2. На екрані з'являються користувачі курсу та перелік зданих робіт.
3. Викладач переглянув налаштування курсу.

Розширення: Додати, редагувати, видалити користувачів курсу. Виставити оцінку за практичну роботу.

ПРЕЦЕДЕНТ: ПЕРЕГЛЯД КОРИСТУВАЧІВ.

Ектор: Адміністратор.

Передумова: Адміністратор авторизований в системі.

Післяумова: Адміністратор переглянув список користувачів.

Сценарій:

1. Адміністратор переходить до вкладки «Користувачі».
2. Адміністратор переглянув список користувачів.

Розширення: Додати, редагувати, видалити користувачів.

Зважаючи на все вище викладене, розглянемо саме особливості розробки системи дистанційного навчання із використанням бібліотеки React.

React – це декларативна, ефективна і гнучка JavaScript-бібліотека, призначена для створення інтерфейсів користувача, яка дозволяє розробляти web-застосунки з високою продуктивністю та масштабованістю.

Сьогодні React є найпопулярнішою у світі бібліотекою JavaScript, і популярність цього інструменту постійно зростає. Ця технологія дозволяє користувачам взаємодіяти з інтерфейсом без перезавантаження сторінки.

Кожна web-сторінка є «дерево» з гілками HTML і CSS – це називається об'єктною моделлю документа (DOM). Ця технологія дозволяє накладати на об'єктну модель документа лише окремі елементи, з якими працює користувач, а решта елементів залишаються незмінними. Будь-який із цих елементів можна оновити, не перезавантажуючи всю сторінку.

Один із способів використання React є створення односторінкових програм на основі технології SPA (Single Page Application). Ідентичні елементи залишаються на місці, і лише окремі React JS компоненти підтягуються під час виконання дій користувача. Це значно підвищує продуктивність програми та робить інтерфейс більш чутливим [10; 11].

Основні особливості розробки web-додатків за допомогою бібліотеки React включають наступне:

1) Розбиття web-додатку на компоненти, що спрощує розробку та підтримку коду. Кожен компонент може мати власний стан та логіку, що дозволяє розробникам працювати з окремими частинами додатку без впливу на інші.

2) Використання віртуального DOM для ефективного оновлення сторінки. Кожен раз, коли стан компонента змінюється, React створює новий віртуальний DOM, порівнює його з попереднім станом та оновлює тільки необхідні елементи на сторінці, що дозволяє зменшити кількість операцій з DOM та збільшити продуктивність додатку.

3) JSX – розширення JavaScript, що дозволяє розробникам описувати інтерфейс користувача у вигляді HTML-подібного коду без необхідності використання методів DOM API.

4) Програма легко масштабується. Можна починати побудову з малого, а потім додавати та відбудовувати елементи, не зачіпаючи інші частини програми. React дає змогу створювати архітектуру будь-якої складності.

5) Широке коло розробників, що дозволяє швидко вирішувати проблеми та отримувати підтримку. Крім того, React має докладну документацію та підтримку з боку Facebook, що сприяє швидкому вивченню та використанню бібліотеки [13–16].

За допомогою бібліотеки React було розроблено систему дистанційного навчання, відповідно до діаграми прецедентів, а саме:

I. Сторінки викладача.

1) На головній сторінці є можливість переглянути статистику (днів на сайті, кількість курсів, кількість перевірених робіт, кількість зданих робіт), розклад на сьогодні, зустрічі та поточні курси (рис. 2).

2) На сторінці з курсами є можливість переглянути таблицю з курсами (назва, група, спеціальність, дата створення, дата оновлення), та кнопка «Додати курс» (рис. 3).

3) На сторінці з курсом є можливість перегляду шапки курсу (назва, викладач, кількість лекцій, практичних, опис курсу, кнопка «Розпочати зустріч» та «Налаштування»), меню курсу (лекції, практичні) (рис. 4).

4) В налаштуваннях курсу є можливість: створення, редагування, видалення тем та матеріалів; додавання та видалення студентів; редагування курсу (рис. 5–7).

5) На сторінці з курсом є можливість перегляду зданих робіт студентів (П.І.Б. студента, дата здачі, оцінка, статус роботи) (рис. 8).

II. Сторінки студента.

1) На головній сторінці є можливість переглянути статистику (днів на сайті, кількість курсів, завершених практичних, завершених курсів), розклад на сьогодні, активні зустрічі та поточні курси (рис. 9).

2) На сторінці з курсом при виборі практичної роботи, можна переглянути інформацію про статус оцінювання роботи та оцінку, також є можливість здати практичну роботу, натиснувши кнопку «Здати роботу» (рис. 10).

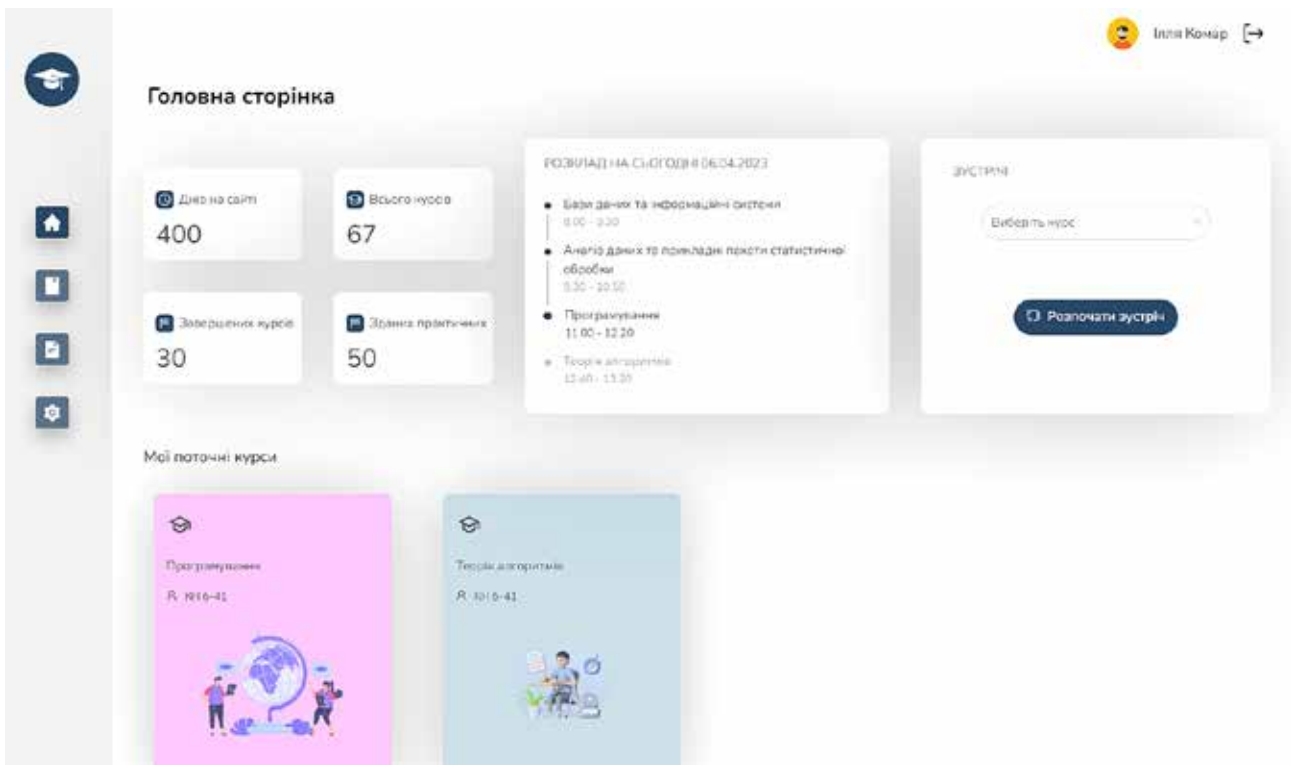


Рис. 2. Головна сторінка

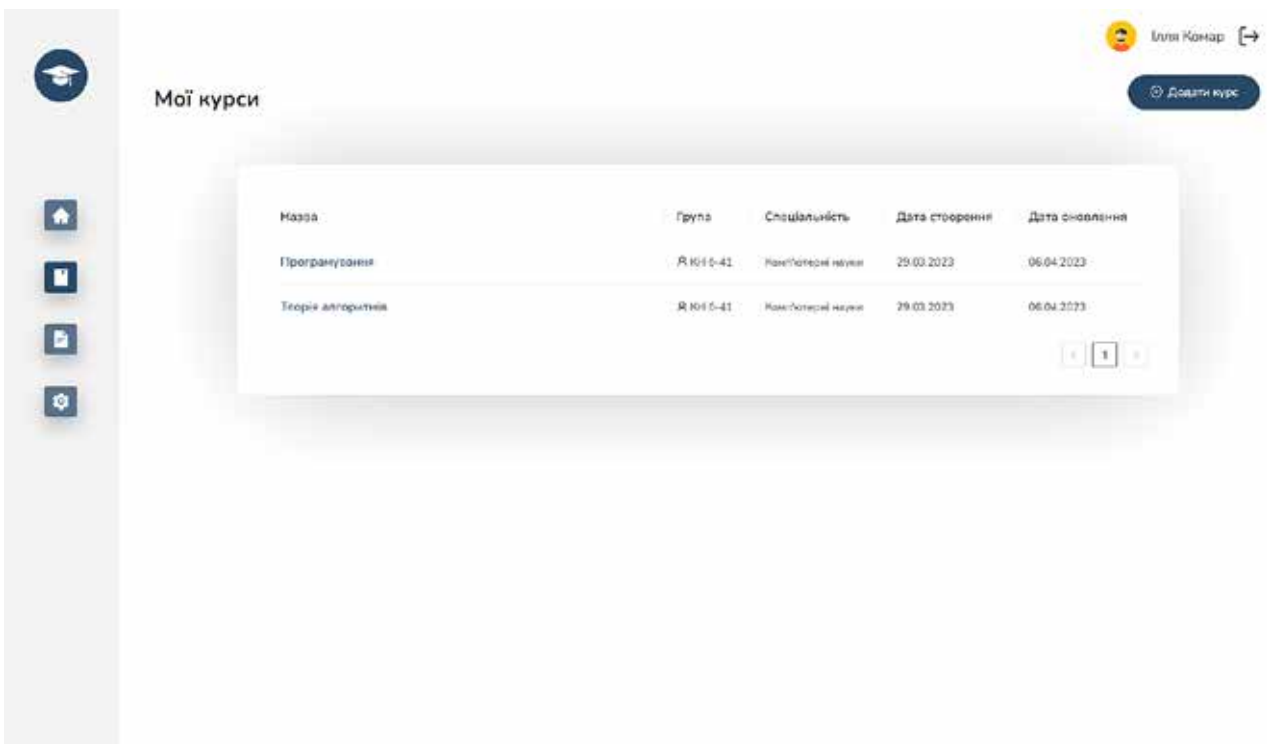


Рис. 3. Сторінка з курсами

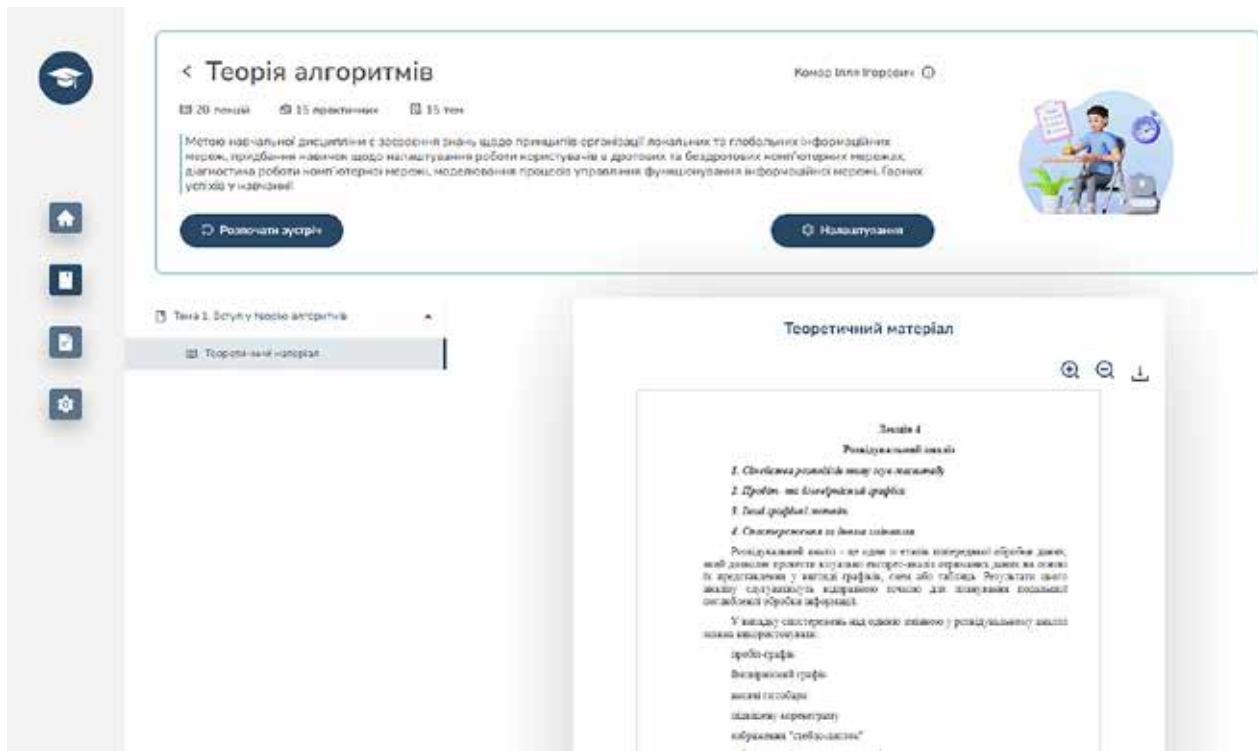


Рис. 4. Сторінка з курсом

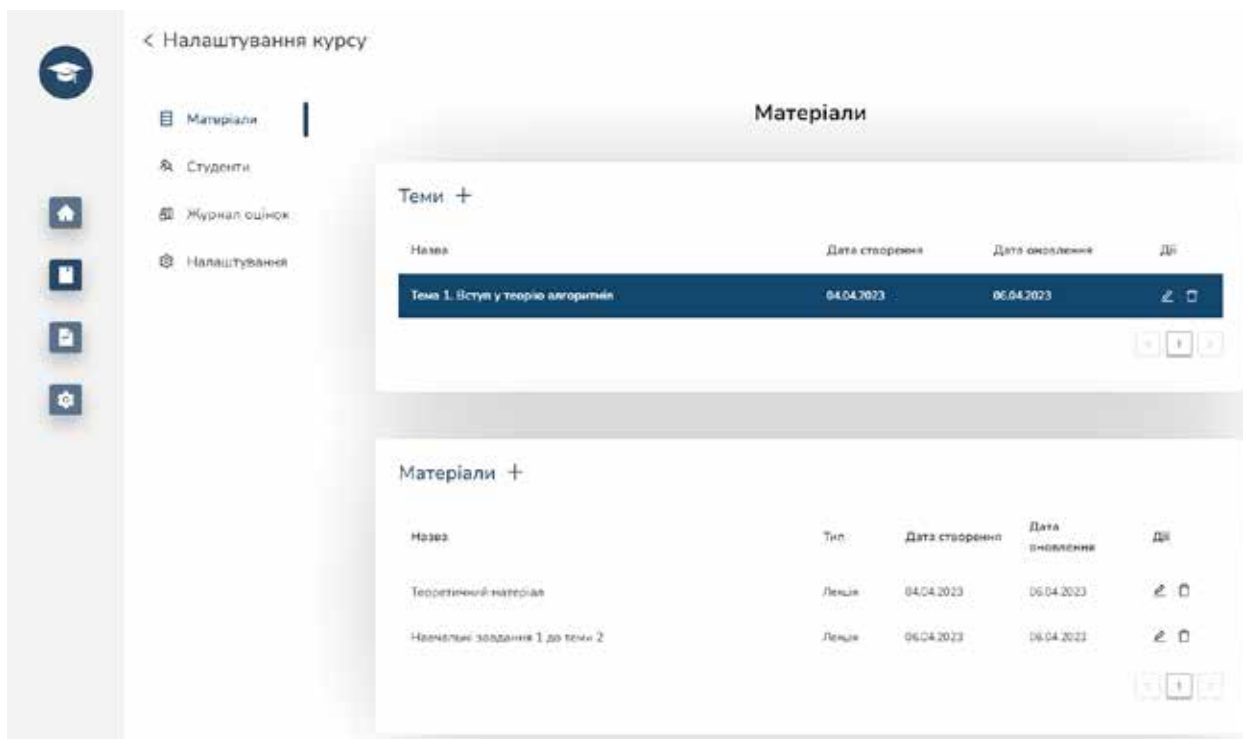


Рис. 5. Налаштування курсу «Матеріали»

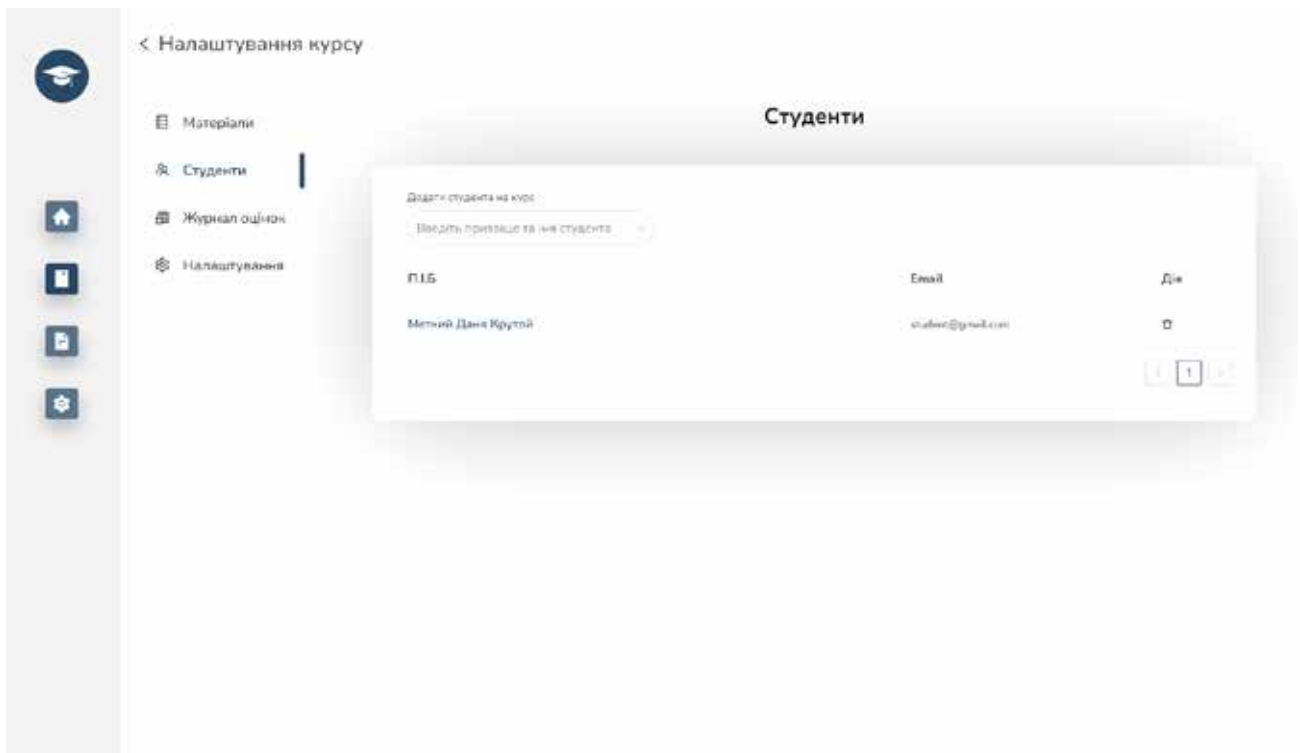


Рис. 6. Налаштування курсу «Студенти»

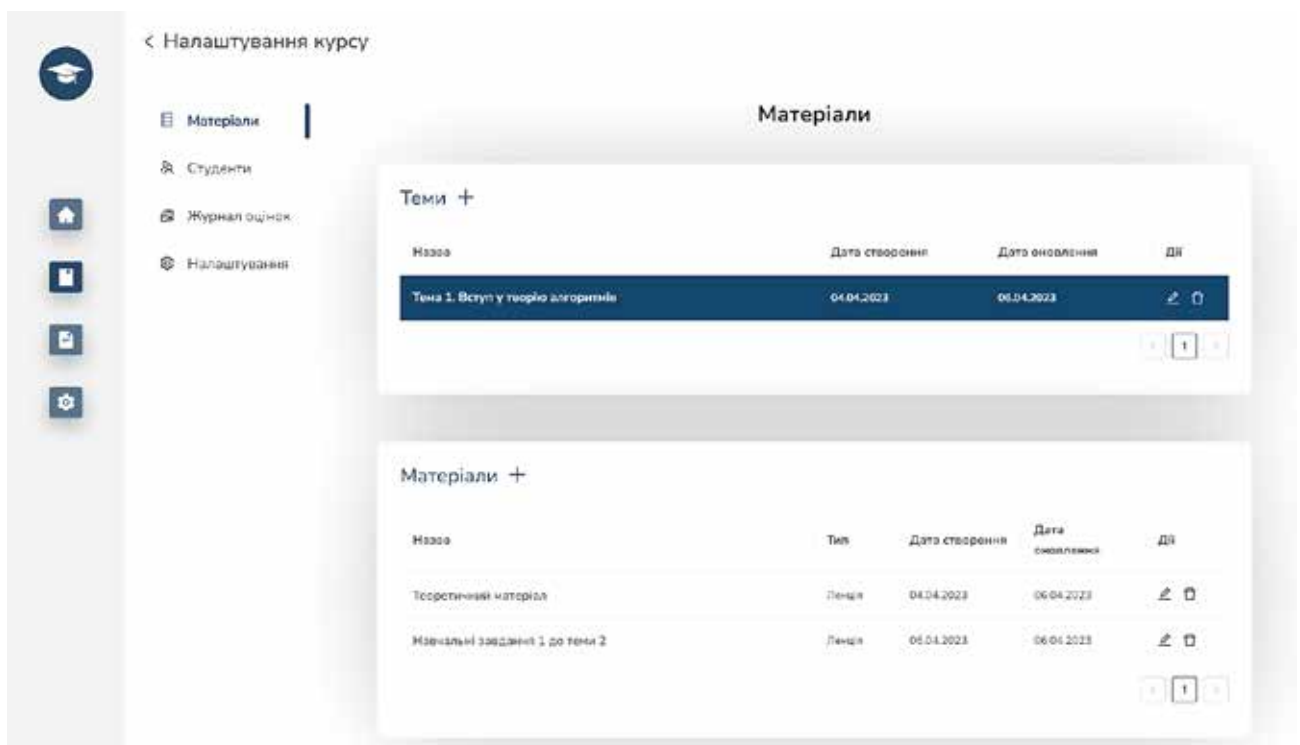


Рис. 7. Налаштування курсу «Налаштування»

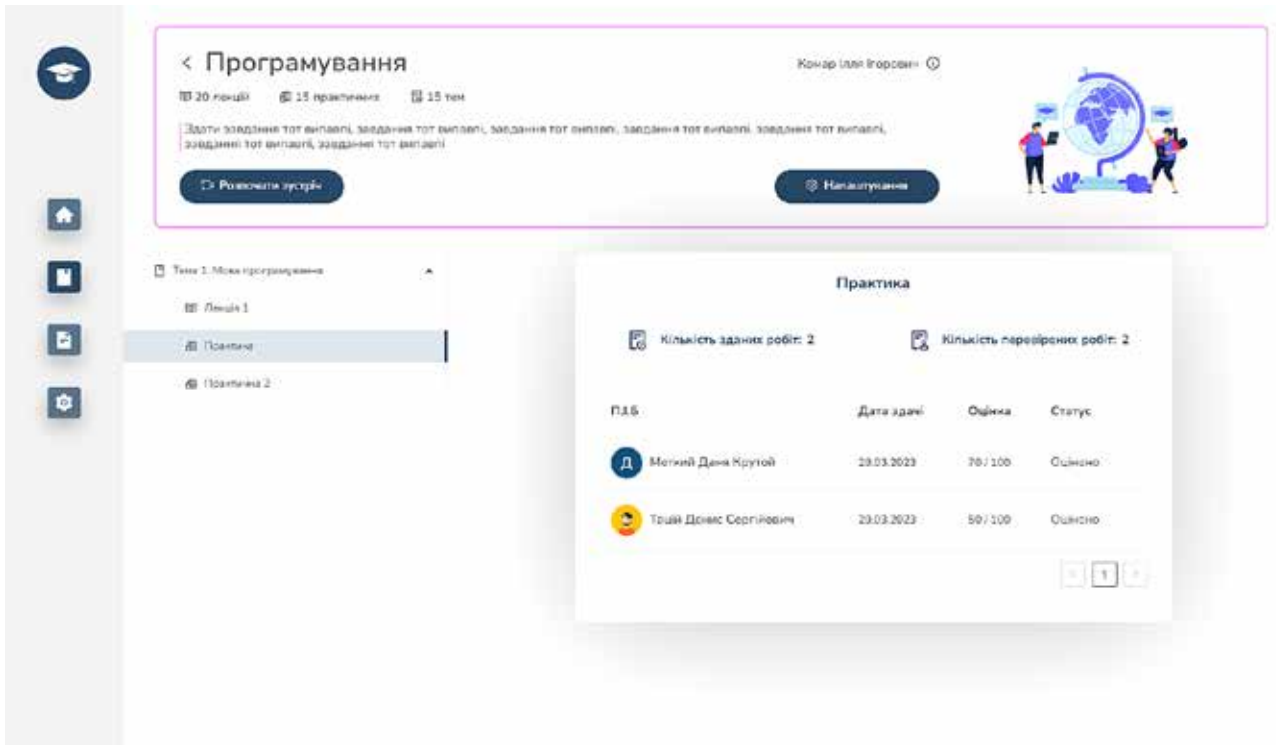


Рис. 8. Перегляд зданих робіт

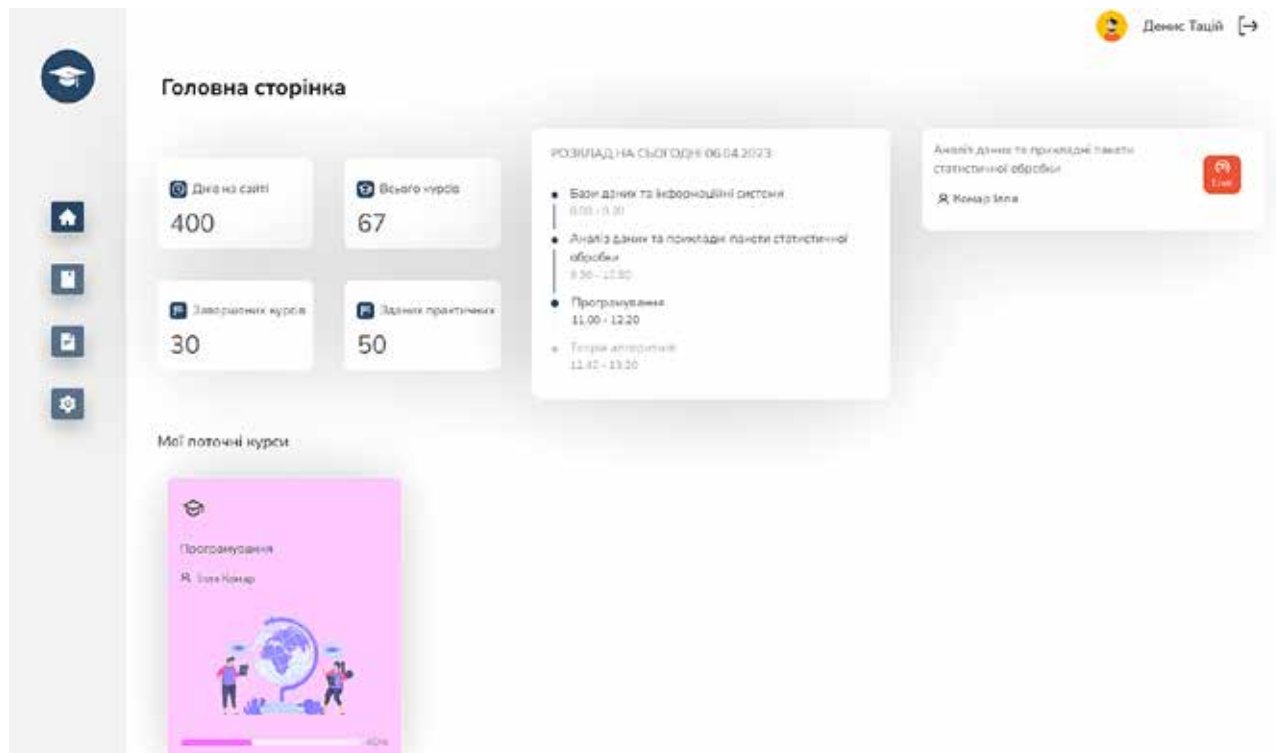


Рис. 9. Головна сторінка

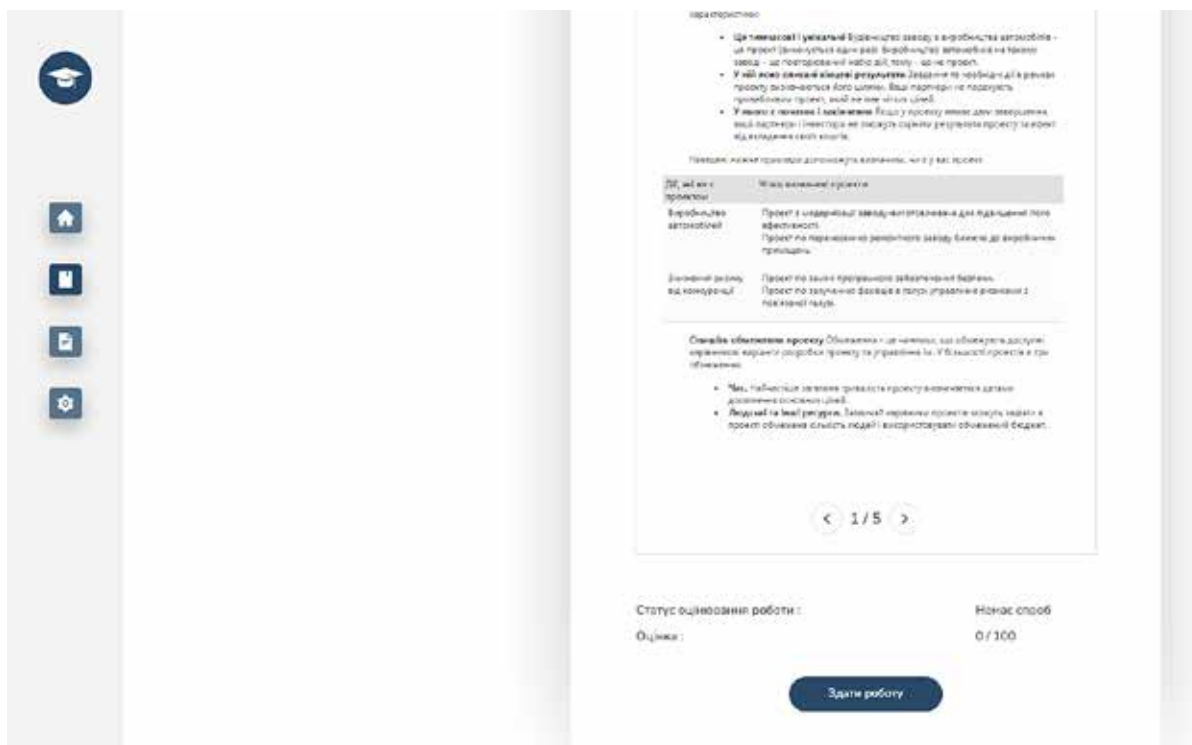


Рис. 10. Перегляд практичної роботи

Отже, розглянувши особливості розробки web-застосунків, за допомогою JavaScript-бібліотеки React, можна стверджувати, що з допомогою даної бібліотеки розробка web-застосунку є високопродуктивною та масштабованою.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. В роботі розглянуто проектування та реалізацію web-застосунку для системи дистанційного навчання за допомогою бібліотеки React. На даний час web-застосунок перебуває на завершальному етапі тестування. В перспективі планується опис результатів впровадження розробленої системи дистанційного навчання, реалізація серверної частини і використання сервісу для розробки інтерфейсів та прототипування Figma.

Список використаних джерел:

1. Кошова О. Особливості формування інформаційно-аналітичної компетентності студентів закладів вищої освіти при вивченні природничо-наукових дисциплін. Суми : СумДУ імені А.С. Макаренка, 2019. № 2 (14). С. 132–140. Index Copernicus Value (ICV) for 2018 ICV 2018=64.79
2. Moodle. URL: <https://moodle.org/?lang=uk>
3. Blackboard Learning System. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Blackboard_Learning_System.
4. Використання сервісу Google Classroom у навчальному процесі. URL: shorturl.at/gvWXZ.
5. Наливайко О., Вакуленко А. Навчальна платформа CANVAS: можливості та особливості. *Освітлологічний дискурс*. № 35 (4). 2021. С. 154–172. DOI: <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2021.410>
6. Що таке Figma: функції, інструменти та переваги. URL: <https://wezom.academy/ua/chto-takoe-figma-funktsii-instrumenty-ipreimuschestva/>.
7. TypeScript. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/TypeScript>.
8. React. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/React>.
9. Redux. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Redux>.
10. Redux-Saga. URL: <https://redux-saga.js.org/>.
11. Розробка додатків на REACT. URL: <https://kitapp.pro/uk/rozrobka-dodatkov-na-react/>
12. Kopecký Jacek, Paul Fremantle, Rich Boakes. A history and future of Web APIs. *IT-Information Technology*. № 3. 2014. P. 90–97.
13. Bülthoff Frederik, Maria Maleshkova. RESTful or RESTless—current state of today’s top web APIs. In *The Semantic Web: ESWC 2014 Satellite Events: ESWC 2014 Satellite Events, Anissaras, Crete, Greece*. May 25–29. 2014. Revised Selected Papers 11. P. 64–74.

-
14. Fielding Roy Thomas. Architectural styles and the design of network-based software architectures. University of California, Irvine, 2000.
 15. Neumann Andy, Nuno Laranjeiro, Jorge Bernardino. An analysis of public REST web service APIs. *IEEE Transactions on Services Computing* 14. № 4, 2018, P. 957–970.
 16. Chen Yixiong, Yang Yang, Zhanyao Lei, Mingyuan Xia, Zhengwei Qi. Bootstrapping automated testing for RESTful web services. *Fundamental Approaches to Software Engineering: 24th International Conference, FASE 2021, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2021, Luxembourg City, Luxembourg, March 27 – April 1, 2021*, Proceedings 24. pp. 46–66. Springer International Publishing, 2021.

References:

1. Koshova, O., O. (2019). Osoblyvosti formuvannia informatsiino-analitychnoi kompetentnosti studentiv zakladiv vyshchoi osvity pry vyvchenni pryrodnycho-naukovykh dystsyplin [Peculiarities of the formation of informational and analytical competence of students of higher education institutions when studying natural and scientific disciplines]. *Sumy: Sumy State University named after A.S. Makarenko*. 2 (14), pp. 132–140. Index Copernicus Value (ICV) for 2018 ICV 2018 = 64.79. [in Ukrainian].
2. Moodle. URL: <https://moodle.org/?lang=uk>. [in English].
3. Blackboard Learning System. sait. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Blackboard_Learning_System [in Ukrainian].
4. Vykorystannia servisu Google Classroom u navchalnomu protsesi [Using the Google Classroom service in the educational process]. URL: shorturl.at/gvWXZ. [in Ukrainian].
5. Nalyvaiko, O., Vakulenko, A. (2021). Navchalna platforma CANVAS: mozhlyvosti ta osoblyvosti [CANVAS training platform: features and features]. *Osvitohichnyi dyskurs* [Educational discourse], 35(4), 154–172. <https://doi.org/10.28925/2312-5829.2021.410>
6. Shcho take Figma: funktsii, instrumenty ta perevahy [What is Figma: Features, Tools and Benefits]. URL: <https://wezom.academy/ua/chto-takoe-figma-funktsii-instrumenty-ipreimuschestva/> [in Ukrainian].
7. TypeScript. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/TypeScript> [in Ukrainian].
8. React. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/React> [in Ukrainian].
9. Redux. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Redux> [in Ukrainian].
10. Redux-Saga. URL: <https://redux-saga.js.org/> [in Ukrainian].
11. Rozrobka dodatkov na REACT [Development of applications on REACT]. URL: <https://kitapp.pro/uk/rozrobka-dodatkov-na-react/> [in Ukrainian].
12. Kopecký, Jacek, Paul Fremantle, and Rich Boakes (2014). A history and future of Web APIs. *IT-Information Technology*. No. 3. P. 90–97 [in English].
13. Bülthoff, Frederik, and Maria Maleshkova (2014). RESTful or RESTless—current state of today’s top web APIs. In *The Semantic Web: ESWC 2014 Satellite Events: ESWC 2014 Satellite Events, Anissaras, Crete, Greece, May 25-29*, Revised Selected Papers 11, P. 64–74 [in English].
14. Fielding, Roy Thomas (2000). Architectural styles and the design of network-based software architectures. University of California, Irvine [in English].
15. Neumann, Andy, Nuno Laranjeiro, and Jorge Bernardino (2018). An analysis of public REST web service APIs. *IEEE Transactions on Services Computing* 14, No. 4, P. 957–970 [in English].
16. Chen, Yixiong, Yang Yang, Zhanyao Lei, Mingyuan Xia, and Zhengwei Qi (2021). Bootstrapping automated testing for RESTful web services. *Fundamental Approaches to Software Engineering: 24th International Conference, FASE 2021, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2021, Luxembourg City, Luxembourg, March 27 – April 1*, Proceedings 24, pp. 46–66. Springer International Publishing [in English].

УДК 681.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.4>

Кулінченко Г. В., кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління
Сумського державного університету
ORCID: 0000-0002-8501-5636

Панич А. О., асистент
кафедри комп'ютеризованих систем управління
Сумського державного університету
ORCID: 0000-0003-2511-5763

Журба В. О., кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління
Сумського державного університету
ORCID: 0000-0003-4475-9898

Соколов С. В., кандидат фізико-математичних наук,
доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління
Сумського державного університету
ORCID: 0000-0001-8707-4616

SCADA-СИСТЕМА УТИЛІЗАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ НАДЛИШКОВОГО ТИСКУ ГАЗУ

По мірі зростання потужностей установок утилізації надлишкового тиску, які будуються на базі детандер-генераторного агрегату (ДГА), підвищується увага до збільшення ефективності цих установок. Зміна параметрів потоку, що надходить до установки утилізації, обумовлює необхідність стабілізації параметрів електроенергії, що генерується у мережу споживання. У значній мірі збурення режимів обертання турбіни, що входить до складу ДГА, пов'язані із зміною у часі параметрів електричного навантаження.

Оскільки кроки по удосконаленню систем керування установками малої енергетики при сучасних темпах розвитку мікропроцесорної техніки становляться все більш популярними, то розробка інструментарію налаштувань багатоконтурних регуляторів повинна відповідати вимогам ринку.

Розглянута структура дворівневої SCADA-системи, що забезпечує стабілізацію параметрів функціонування ДГА в умовах зміни навантажень та збурень потоку газу. Операторська станція забезпечує моніторинг процесу, а блок регулювання – зв'язок з польовим рівнем та генерацію керуючих впливів для драйвера крокового двигуна. Відповідно до керуючих сигналів кроковий двигун відпрацьовує положення засувки трубопроводу газу, яке визначає тиск та витрати потоку.

НМІ-інтерфейс дає змогу відображати стан працюючого обладнання установки, а SCADA-система – фіксувати дані для наступної обробки та налаштувань контурів керування. Використання технології OPC сервера при побудові SCADA-системи дає змогу налагодити взаємодію результатів моделювання об'єкта керування у середовищі MATLAB та середовища програмування PLC S7-300 фірми SIMATIC.

Практична значимість досліджень полягає у розширенні можливостей налаштувань локальних регуляторів, що взаємодіють в системі керування установкою утилізації надлишкового тиску.

Перспектива використання SCADA-системи полягає у побудові мережі утилізаційних установок, що підвищить ефективність використання енергії надлишкового тиску.

Ключові слова: енергозбереження, НМІ-людина машинний інтерфейс, схема автоматизації, турбіна, локальний регулятор.

Kulinchenko H. V., Panych A. O., Zhurba V. O., Sokolov S. V. Scada system of disposal plantgas excess pressure

As the capacity of excess pressure utilization units, which are built on the basis of the expander-generator unit (EGA), increases, attention is being paid to increasing the efficiency of these units. A change in the parameters of the flow coming to the recycling plant necessitates the stabilization of the parameters of the electricity generated in the consumption network. To a large extent, disturbances in the rotation modes of the turbine, which is part of the EGA, are associated with the change in time of the electrical load parameters.

Since the steps to improve the control systems of low-energy installations at the current pace of development of microprocessor technology are becoming more and more popular, the development of tools for setting multi-loop regulators must meet market requirements.

© Г. В. Кулінченко, А. О. Панич, В. О. Журба, С. В. Соколов, 2023

The structure of the two-level SCADA system, which ensures the stabilization of the parameters of the DGA operation under the conditions of load changes and gas flow disturbances, is considered.

The operator station provides process monitoring, and the control unit provides communication with the field level and generation of control influences for the stepper motor driver. According to the control signals, the stepper motor works out the position of the valve of the gas pipeline, which determines the pressure and flow rates.

The HMI interface allows you to display the state of the plant's operating equipment, and the SCADA system captures data for subsequent processing and control circuit adjustments. The use of OPC server technology in the construction of a SCADA system makes it possible to establish the interaction of the results of modeling the control object in the MATLAB environment and the PLC S7-300 programming environment of the SIMATIC company.

The practical significance of the research lies in the expansion of the possibilities of setting local regulators that interact in the control system of the excess pressure disposal plant.

The prospect of using the SCADA system is to build a network of utilization facilities that will increase the efficiency of using overpressure energy

Key words: energy saving, HMI – human-machine interface, automation scheme, turbine, local regulator.

Вступ. Використання детандер-генераторних агрегатів (ДГА) на компресорних станціях сформувалося у перспективний напрямок збільшення економічної ефективності процесів, в яких утилізується надлишковий тиск. В результаті використання енергії цього тиску, електричний генератор, що задіяний у схемі ДГА, перетворює механічну енергію в електричну. По мірі зростання потужностей установок підвищується увага до ефективності установок утилізації та параметрів якості згенерованої електроенергії [1]. Навіть у випадках, коли згенерована енергія не видається в мережу, а використовується на власні потреби газорозподільчих станцій (ГРС), стабільність електричних параметрів є актуальною. Необхідність стабілізації електричних параметрів пов'язана з тим, що параметри потоку, що надходить до ДГА, змінюються у часі. З іншого боку, електричне навантаження мережі споживання теж не є сталим.

Оскільки впровадження енергозберігаючих технологій становиться стійкою тенденцією розвитку енергетики, то запит на вдосконалення засобів керування енергетичними процесами теж не втрачає своєї актуальності.

Аналізуючи фактори, які визначають можливості практичного впровадження засобів автоматизації керування ДГА, можна констатувати, що успішність реалізації розроблених методів керування у значній мірі залежить від інструментарію налаштувань. Необхідність відслідковування взаємопов'язаних параметрів процесу утилізації, зокрема стану обладнання експериментальної установки утилізації [2], обумовлює створення SCADA-системи цієї установки. Доцільність запровадження такої системи ґрунтується на перспективах використання SCADA-систем у промислових масштабах, особливо при дистанційному керуванні мережею ГРС.

Подальші дослідження представляються у розробці методик налаштувань регуляторів процесів установок малої енергетики на базі SCADA-систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При розгляді варіантів побудови SCADA-системи на перший план виходить задача конфігурації її структури, яка залежить від об'єму завдань, що вирішуються системою керування. Якщо ці завдання сформовані на рівні локальних контурів керування, то структура має класичний вигляд. При цьому для вирішення завдань первинного збору та обробки даних, а також вироблення керуючих впливів на технологічне обладнання, достатньо уніфікованих програмно-технічних засобів.

Проте, при необхідності підвищення ефективності роботи установки утилізації тиску газу пропонується комплексний підхід до організації роботи установки [3], в якій об'єднуються функції регулювання тиску джерела енергії та витрат газу. Іншим фактором підвищення ефективності установки утилізації є процес підігріву газу, що надходить до детандера [4] ДГА. Необхідність його підігріву пов'язана із суттєвим зниженням температури на виході детандера, яка впливає на умови подальшого використання або транспортування газу.

Втім, головний контур керування ДГА будується з огляду на завдання забезпечення якості генерованої електроенергії. Тому для реалізації загальної системи керування установкою необхідно враховувати не тільки взаємозв'язок підсистем [3,4], але й динамічну реакцію об'єкту керування (ОК) на керуючі впливи програмно-технічних засобів [5].

Таким чином комплексний підхід до автоматизації ДГА призводить до ускладнення структури системи керування, побудувати яку на базі одного ПЛК проблематично. Додатковим фактором ускладнення системи керування ДГА є необхідність моніторингу та візуалізації параметрів установки.

Специфічність ОК, яким є ДГА, обумовлює складнощі при його дослідженнях в умовах реальної експлуатації. Тому на перших етапах досліджень створюваної системи вважається доцільним створення експериментальної установки утилізації надлишкового тиску [2]. Використання цієї експериментальної установки дає змогу імітувати зміну режимів навантаження з різними типами регуляторів. Оптимізація налаштувань параметрів системи керування здійснюється в результаті аналізу трендів, що отримуються під системою візуалізації експериментів.

Пошук компромісів налаштувань локальних регуляторів здійснюється на базі результатів моделювання [6]. Тим не менш, питання взаємодії програмно-технічних засобів системи керування та результатів моделювання на даному етапі досліджень залишаються відкритими. Тому, поряд із завданням розробки SCADA-системи установки на базі формальних процедур, ставиться завдання впровадження результатів моделювання у технічні засоби діючої установки.

Узагальнюючи завдання для створення SCADA-систем відновлюваної енергетики, в роботі [7] запропоновано інструмент моделювання, який легко підключається до реальної SCADA. Перевагою запропонованого симулятора є можливість навчання операторів електростанцій, оскільки керування симулятором подібно діям на реальної установці.

Дослідження по реалізації SCADA-системи для керування потужністю системи наповнення [8] спрямовані на реалізацію апаратних компонентів системи та інтерфейс зв'язку між головною станцією та блоками керування даними. Основним завданням запропонованої SCADA-системи є забезпеченню сумісності підсистем баз даних.

Найбільшу зацікавленість викликає SCADA-система, що використовується для керування енергетичними вітровими установками [9]. Ця зацікавленість пов'язана з подібністю процесів, що відбуваються у ДГА та вітрогенераторі. Проте, як стверджують автори, серед проблем, які необхідно подолати, є різниця даних від турбіни до турбіни, а також зміна даних від умов експлуатації. Заходи, що пропонуються по розвитку SCADA-систем вітрової енергетики, є використання технологій штучного інтелекту. Ці технології (NN, Fuzzy, ANFIS, GA) сприяють вирішенню завдань оптимальних налаштувань, прогнозування потужності, оцінки ефективності, прогнозування несправності турбіни. Використання методів консолідації даних дозволяє SCADA-системі здійснювати моніторинг стану вітрової установки.

Розуміючи, що на виборі програмного продукту розробка SCADA-системи ще не закінчується, проєктні та дослідницькі процедури створення системи спрямовуються на мінімізацію зусиль кінцевих користувачів. Втім, на даному етапі досліджень ставиться завдання побудови SCADA-системи, що забезпечує автоматизацію робіт по збору та обробці експериментальних даних, які необхідні для загальної структури регуляторів процесів у ДГА.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності керування роботою ДГА за рахунок використання методів розбудови SCADA-систем. Такий підхід обумовлений різною динамікою процесів, що відбуваються в установках утилізації надлишкового тиску потоку газу, що надходить до пристроїв його розподілу.

Зазначена мета передбачає вирішення наступних завдань:

- формалізувати завдання відображення параметрів процесів, що забезпечують утилізацію надлишкового тиску;
- виконати структурно-параметричний синтез SCADA-системи керування установкою утилізації надлишкового тиску потоку газу;
- оцінити доцільність вибору різних варіантів реалізації програмно-технічних засобів SCADA-системи;
- реалізувати SCADA-систему експериментальної установки утилізації надлишкового тиску потоку газу.

Матеріали досліджень. Вирішення завдань керування режимами генерації електричної енергії установки утилізації залежить від досягнення балансів між параметрами потоку, та параметрів споживання згенерованої енергії. Необхідність моніторингу параметрів балансування процесу генерації обумовлено наявністю збурень, які мають випадковий характер. Оскільки загальна модель системи на даний час ще не розроблена, то SCADA-система установки утилізації тиску представляється сукупністю окремих пов'язаних каналів керування.

Головним завданням SCADA-системи, що розглядається, є забезпечення завдань автоматизації експерименту, зокрема оцінка можливостей реалізації регулятора процесу та налаштування його параметрів.

На рис. 1 зображена функціональна схема автоматизації експериментальної установки утилізації тиску.

Регулювання обертів турбіни детандера здійснюється в результаті зміни тиску потоку шляхом зміни положення засувки. Алгоритми керування тиском, що реалізовані на програмно-технічних засобах ПЛК, дозволяють мінімізувати вплив зміни параметрів потоку, що надходить до детандера [2]. В той же час стабілізація параметрів генерованої електричної енергії здійснюється по зовнішньому контуру регулювання системи. Саме для дослідження цього контуру використовується інструментарій SCADA-системи установки утилізації тиску.

Реалізація функціональних завдань керування установкою ґрунтується на технічних засобах автоматизації та програмному забезпеченні SCADA. Дворівнева архітектура системи підтримується інтерфейсом між операторським місцем та блоком керування даними. Іншою особливістю структури, що розглядається, є зв'язок з «нульовим» рівнем, тобто генерація ШІМ сигналів для керування кроковим двигуном (КД), що змінює положення засувки.

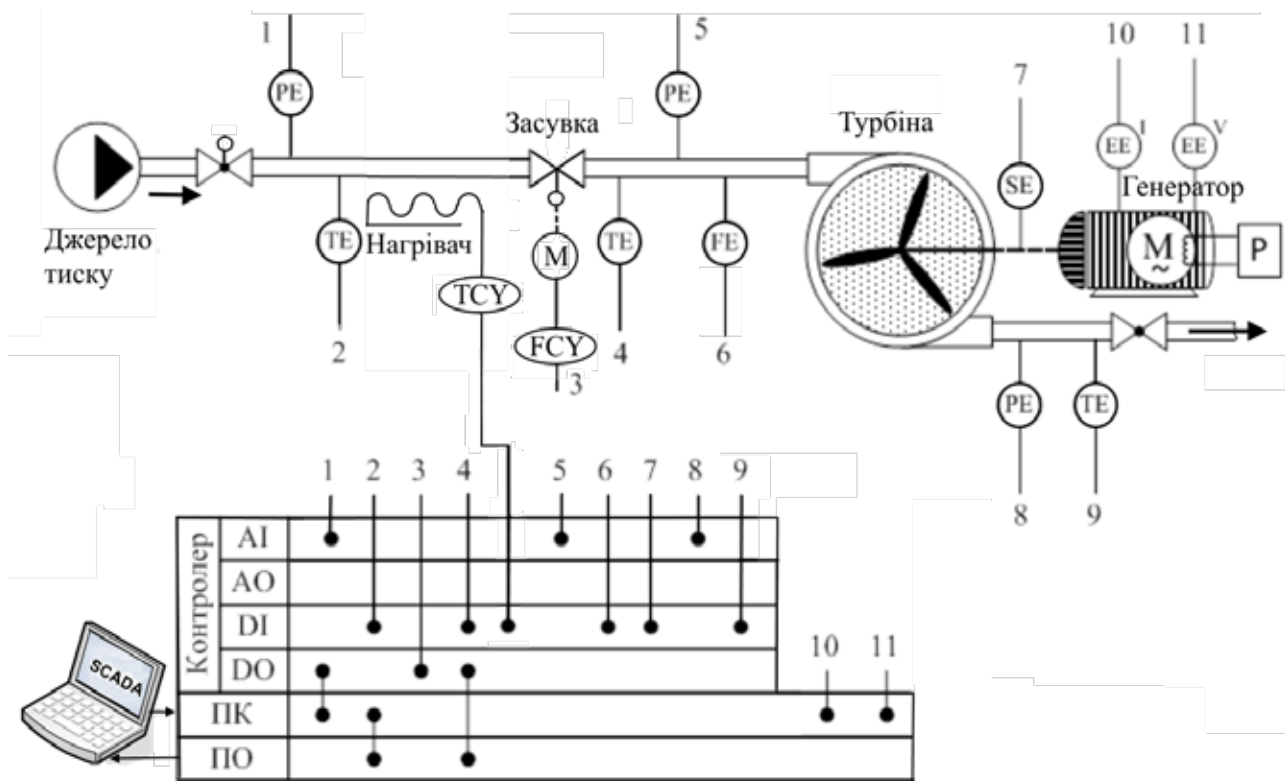


Рис. 1. Функціональна схема автоматизації установки утилізації надлишкового тиску

Середовище розробки ПЛК фірми Siemens формується програмним забезпеченням SIMATIC STEP 7. Відповідно до розроблених керуючих програм для ПЛК S7-300, здійснюється моніторинг режимів установки та регулюється швидкість обертання турбіни в режимі реального часу.

На рис. 2 показана конфігурація частина SCADA-системи, що забезпечує регулювання швидкості обертання турбіни.

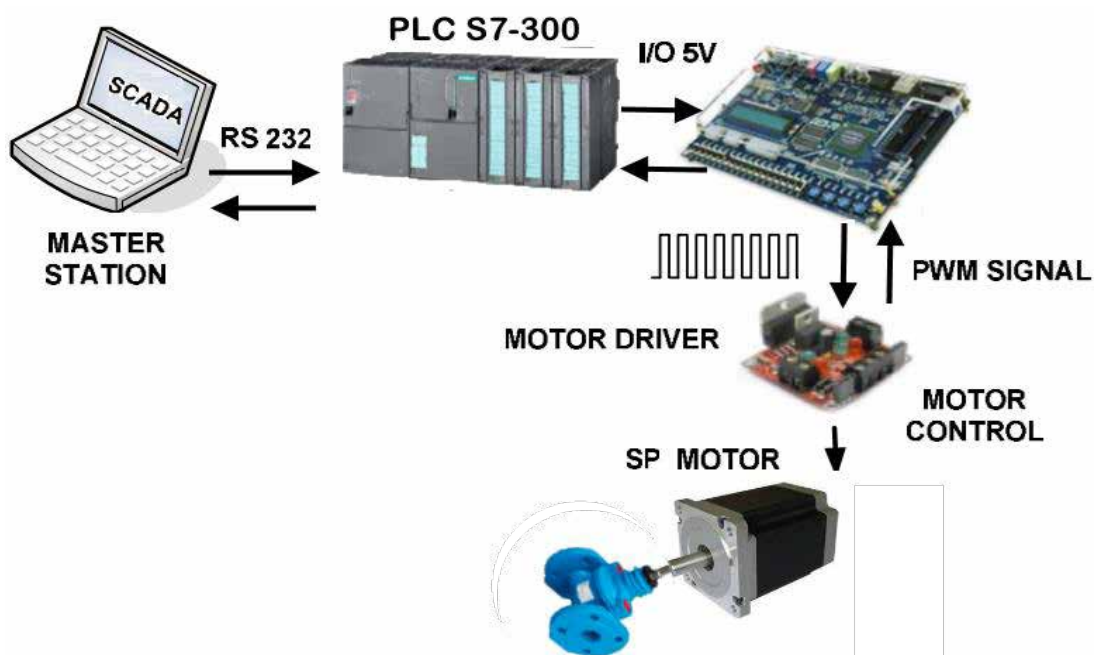


Рис. 2. Конфігурація SCADA-системи установки утилізації

Із конфігурації SCADA-системи видно, вона складається з трьох блоків: операторська станція (Master station), ПЛК та блок керування тиском через положення засувки. Операторська станція зв'язана з ПЛК через кабель RS-232. PLC S7-300 використовується як блок керування та зв'язку із SCADA. Через канал зв'язку дані від блоку регулятора надходять у драйвер крокового двигуна (SP Motor), змінюючи положення засувки.

Конфігурування систем зв'язку між різними технологічними модулями здійснюється з використанням додатку Windows *SIMATIC iMAP*. Це програмне забезпечення є інструментом графічного проектування систем зв'язку в системах автоматизації. SIMATIC iMAP може багаторазово використовувати свої інтерфейси для кожного технологічного модуля.

Під'єднання драйверів вводу-виводу до системи здійснюється відповідно до стандарту обміну даними OLE, що формує технологія OPC-сервера. Завдяки тому, що OPC-сервери мають однаковий, визначений стандартом OPC набір програмних інтерфейсів, з ними можуть працювати будь-які програмні клієнти, які також підтримують цей інтерфейс.

В результаті отримання такого універсального драйвера фізичного обладнання, OPC-сервер стає джерелом даних для OPC-клієнтів у внутрішньому форматі даних системи. Тоді обмін даними визначається інтерфейсом між OPC-клієнтом та OPC-серверами.

Відповідно, використання програмного пакету OPC Toolbox (MATLAB/ Simulink) дає змогу імплементувати результати досліджень моделі регулятора, що розроблена у пакеті MATLAB/ Simulink [2], з технічними засобами автоматизації ОК.

Із першочергового завдання щодо побудови мнемосхеми ОК випливає, що поряд із організацією зв'язку між блоками системи, необхідно здійснити наступні кроки:

- сформувати статичні зображення диспетчерського керування;
- отримати динамічні об'єкти для кожного вікна на основі набору бібліотечних елементів;
- запрограмувати алгоритми відображення, керування та документування в модулях проектування екранних форм.

Виконання цих кроків дає змогу отримати людино-машинний інтерфейс (HMI) утилізаційної установки на базі ДГА, який показано на рис. 3.

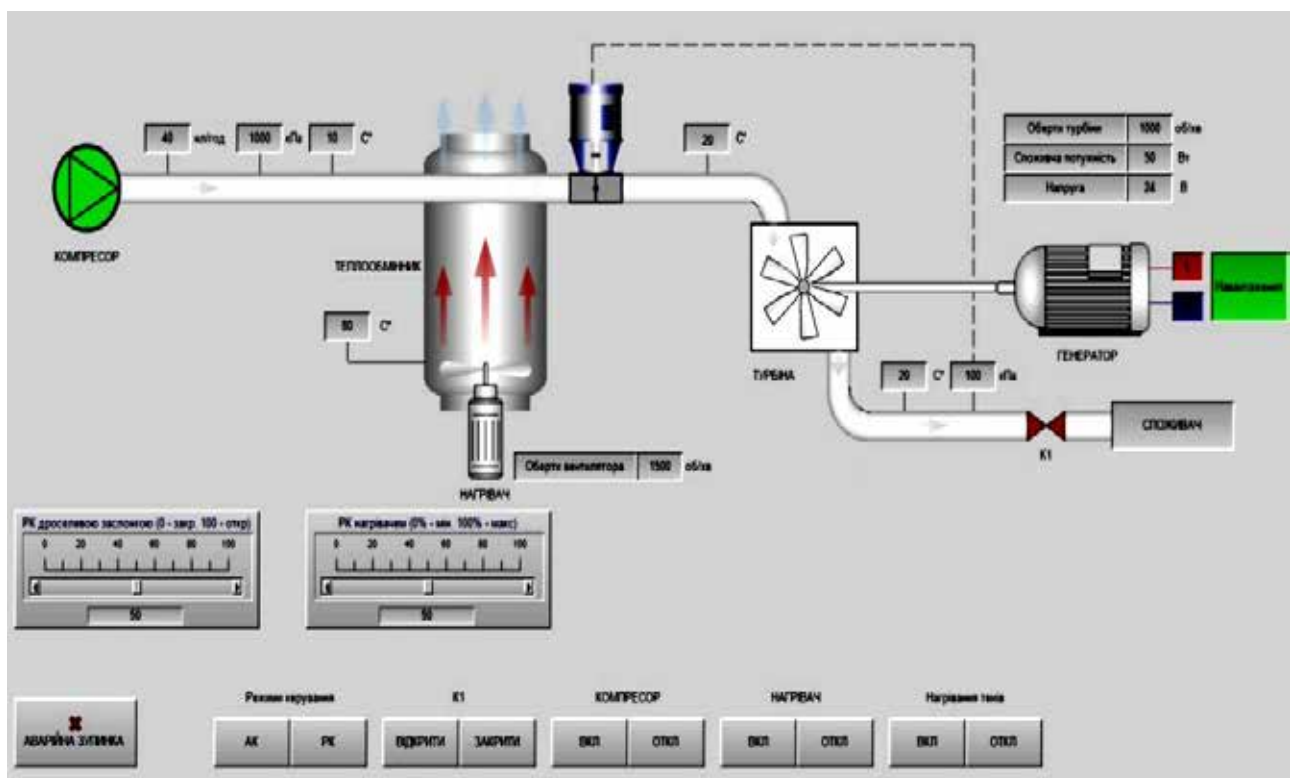


Рис. 3. HMI SCADA-системи

Крім класичних функцій по моніторингу та реєстрації стану ОК, запропонована SCADA-система здійснює запис значень параметрів, що надходять від датчиків, для наступної обробки отриманих результатів

вимірювань. Ця обробка проводиться з використанням спеціального програмного забезпечення, в тому числі і середовища MATLAB.

Використовуючи масиви значень параметрів, отриманих з допомогою описаної SCADA-системи, візуалізовано перехідні характеристики «переріз засувки/швидкість обертання», які зображені на рис. 4.

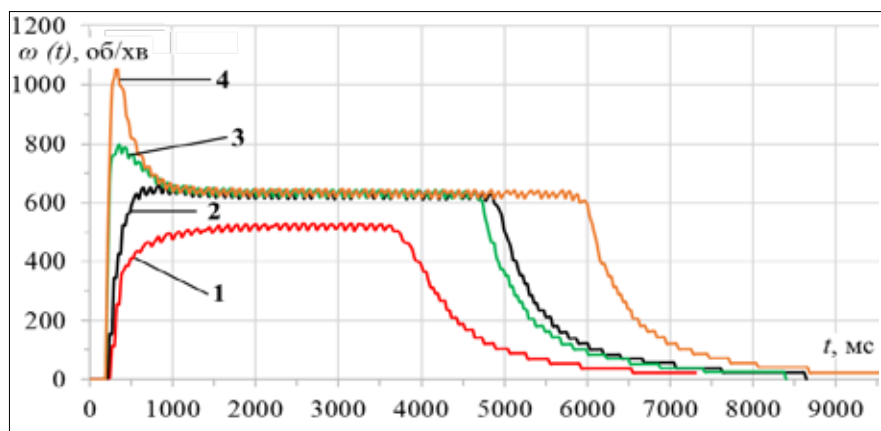


Рис. 4. Перехідні характеристики «переріз засувки/швидкість обертання»
1 – 25%, 2 – 50%, 3 – 75%, 4 – 100% рівня відкриття засувки

Зміна характеру перехідних характеристик експериментальної установки ДГА (рис. 4) відповідає результатам математичного моделювання ОК [6], що підтверджує адекватність раніше розробленої моделі.

Інший приклад використання SCADA-системи експериментальної установки ілюструється використанням результатів випробування регулятора системи керування обертами ДГА. Після вибору структури регулятора установки ДГА з допомогою SCADA-системи здійснюються налаштування параметрів цього регулятора відповідно до критерія мінімальних перерегулювань [2]. Результат регулювання швидкості ілюструється осцилограмами (рис. 5), які отримані на моніторі процесу при зміні навантажень.

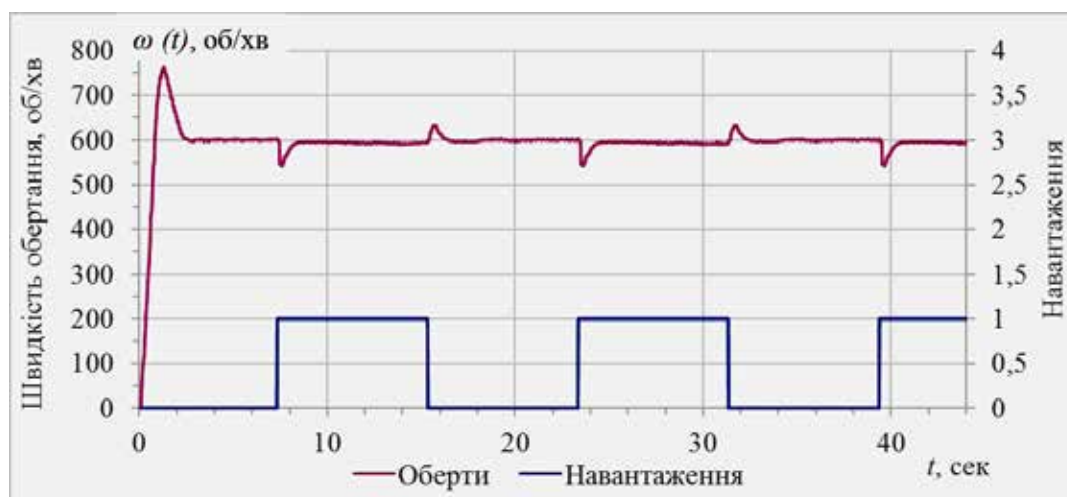


Рис. 5. Зміни швидкості обертання турбіни при зміні навантажень турбіни

Наведені результати підтверджують доцільність використання запропонованої SCADA-системи для керування експериментальною установкою ДГА.

Висновки. Відповідно до поставленої мети, яка передбачає підвищення ефективності керування роботою ДГА, запропонована реалізація SCADA-системи утилізаційної установки на базі ДГА.

Актуальність досліджень зумовлена перспективою впровадження дистанційного керування установками утилізації надлишкового тиску на ГРС та ГРП, де задіяні технологічні операції дроселювання потоків газу.

Отже, можна констатувати, що запропонований інструментарій до синтезу регуляторів має перспективу застосування в реальних установках малої енергетики, які мають декілька контурів керування.

При формуванні мережі енергетичних установок необхідно застосувати відповідні технології штучного інтелекту, що дозволило б подальше підвищення ефективності енергетичних установок.

Список використаних джерел:

1. Kuczyński Sz., Łaciak M., Olijnyk A., Szurlej A., Włodek T. Techno-Economic Assessment of Turboexpander Application at Natural Gas Regulation Stations. *Energies*. 2019. № 12 (4). 755. DOI: 10.3390/en12040755.
2. Kulinchenko H., Zhurba V., Panych A., Leontiev P. Development of the method of constructing the expander turbine rotation speed regulator. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. № 2. P. 44–52. DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276587.
3. Ярошенко В.М. Енергетичний аналіз процесів енергозбереження в газотранспортній системі. *Холодильна техніка та технологія*. 2022. 58 (1). С. 40–49. DOI: 10.15673/ret.v58i1.2314.
4. Danieli P., Masi M., Lazzaretto A., Carraro G. Volpato G. A smart energy recovery system to avoid preheating in gas grid pressure reduction stations. *Energies*. 2022. 15 (1). 371. DOI: 10.3390/en15010371.
5. Ping Lin, Xian Du, Yan Shi, Xi-Ming Sun. Modeling and controller design of a micro gas turbine for power generation. *ISA Transactions*. 2022. Vol. 124. P. 411–426. DOI: 10.1016/j.isatra.2020.05.050.
6. Kulinchenko H., Panych A., Leontiev P., Zhurba V. Simulation of the expander of the excess gas pressure utilization plant. *ScienceRise*. 2022. No. 3 (80). P. 3–13. DOI: 10.21303/2313-8416.2022.002545.
7. Larios D.F., Personal E., Parejo A., García S., García A., Leon C. Operational simulation environment for SCADA integration of renewable resources. *Energies*. 2020. 13. 1333. DOI: 10.3390/en13061333.
8. Talwar L., Khajuria H.K. Design and selection of SCADA system using PLC for power control. *International journal of innovative research in science, engineering and technology*. 2015. Vol. 4. Issue 10. P. 1111–1116. DOI: 10.15680/IJIRSET.2015.0410001.
9. Sayed K., Abo-Khalil A.G., Eltamaly A.M. Wind power plants control systems based on SCADA system. *Control and operation of grid-connected wind energy systems. Green energy and technology / A. M. Eltamaly, A. Y. Abdelaziz, A. G. Abo-Khalil, (eds). Springer, Cham. 2021. P. 109-151. DOI: 10.1007/978-3-030-64336-2_6.*

References:

1. Kuczyński Sz., Łaciak M., Olijnyk A., Szurlej A., Włodek T. (2019). Techno-Economic Assessment of Turboexpander Application at Natural Gas Regulation Stations. *Energies*, 12 (4), 755. DOI: 10.3390/en12040755.
2. Kulinchenko, H., Zhurba, V., Panych, A., Leontiev, P. (2023). Development of the method of constructing the expander turbine rotation speed regulator. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2, 44–52. DOI: 10.15587/1729-4061.2023.276587.
3. Yaroshenko, V.M. (2022). Enerhetychnyi analiz protsesiv enerhozberezhennia v hazotransportnii systemi [Exegetic analysis of energy saving processes in the gas transportation system]. *Kholodylna tekhnika ta tekhnolohiia – Refrigeration Engineering and Technology*, 58 (1), 40–49 [in Ukrainian]. DOI: 10.15673/ret.v58i1.2314.
4. Danieli, P., Masi, M., Lazzaretto, A., Carraro, G. Volpato, G. (2022). A smart energy recovery system to avoid preheating in gas grid pressure reduction stations. *Energies*, 15 (1), 371. DOI: 10.3390/en15010371.
5. Ping, Lin, Xian, Du, Yan, Shi, Xi-Ming, Sun. (2022). Modeling and controller design of a micro gas turbine for power generation. *ISA Transactions*, 124, 411–426. DOI: 10.1016/j.isatra.2020.05.050.
6. Kulinchenko, H., Panych, A., Leontiev, P., Zhurba, V. (2022). Simulation of the expander of the excess gas pressure utilization plant. *ScienceRise*, 3 (80), 3–13. DOI: 10.21303/2313-8416.2022.002545.
7. Larios, D.F., Personal, E., Parejo, A., García, S., García, A., Leon, C. (2020). Operational simulation environment for SCADA integration of renewable resources. *Energies*, 13, 1333. DOI: 10.3390/en13061333.
8. Talwar, L., Khajuria, H.K. (2015). Design and selection of SCADA system using PLC for power control. *International journal of innovative research in science, engineering and technology*, 4 (10), 1111–1116. DOI: 10.15680/IJIRSET.2015.0410001.
9. Sayed, K., Abo-Khalil, A.G., Eltamaly, A.M. (2021). Wind power plants control systems based on SCADA system. *Control and operation of grid-connected wind energy systems. Green energy and technology*, (pp. 109–151). Springer, Cham. DOI: 10.1007/978-3-030-64336-2_6.

УДК 004.75

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.5>

Олексійчук Ю. Ф., кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID: 0000-0002-0585-3307

Ольховська О. В., кандидат фізико-математичних наук,
завідувач кафедри комп'ютерних наук
та інформаційних технологій
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID: 0000-0001-5366-5995

Ольховський Д. М., кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID: 0000-0003-0313-6977

Орлова Д. І., магістр за спеціальністю «Комп'ютерні науки»
Полтавського університету економіки і торгівлі
ORCID: 0009-0004-4764-9859

ПРОЄКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА WEB-СЕРВІСУ ДЛЯ ГЕНЕРУВАННЯ ТА РОЗСИЛКИ PDF-ДОКУМЕНТІВ

В роботі розглядається проектування та розробка web-сервісу для автоматичної генерації, розсилки на email та перевірки PDF-сертифікатів або інших PDF-документів, який може працювати незалежно або в інтеграції з іншими програмними продуктами. Задача генерації PDF-документу реалізується з допомогою бібліотеки iText, що дозволяє створювати файли різними способами. В цьому проєкті PDF-файли генеруються на основі HTML-шаблонів, що дозволяє просто створювати документи різної розмітки та різного оформлення. Для розсилки електронних листів використовується SMTP-сервер від Gmail. Створення листів здійснюється з допомогою бібліотеки JavaMailSender. Для перевірки PDF-сертифікату на справжність є дві можливості. Можна перейти по посиланню, яке розміщене на сертифікаті. У випадку, якщо інформація про такий документ є в базі даних, буде виводитися назва заходу та ім'я учасника. Якщо інформації в базі даних немає, то буде виведена інформація про це. Інший спосіб – введення коду з документу в спеціальне поле на web-сторінці. Програмний продукт розроблений у вигляді web-сервісу, що реалізує підхід REST. Проєкт реалізований на мові програмування Java з використанням сімейства фреймворків Spring: Spring Boot, Spring Data JPA, Spring Web, Spring Security. Проєкт реалізує патерн проектування Controller-Service-Repository і складається із відповідних рівнів. На рівні entity описані сутності з бази даних у вигляді об'єктів. Тобто для кожної із таблиць в базі даних створений клас, поля якого відповідають атрибутам таблиці. На рівні репозиторію описуються запити до бази даних з використанням інтерфейсу JpaRepository. Логіка роботи web-сервісу реалізована на рівні сервісів. Для виконання кожної із задач написаний окремий клас-сервіс або кілька класів, якщо задача велика і її доцільно розбити на підзадачі. REST-контролери відповідають за зовнішній інтерфейс. Для кожної із дій, які може здійснити користувач або інший застосунок, буде створена окрема адреса доступу (endpoint). Основні дії: створення заходу, отримання списку заходів, видалення заходів, додавання інформації про учасника заходу, отримання списку учасників, генерація сертифікатів, розсилка сертифікатів, автентифікація користувачів, перевірка наявності сертифіката по унікальному коду. Web-сервіс має простий інтерфейс користувача у вигляді web-сторінки, на якій можна перевірити сертифікат на справжність. Для роботи адміністраторів створений кабінет за допомогою бібліотеки Swagger.

Ключові слова: *генерація pdf, web-сервіс, java, smtp, spring.*

Oleksiiuchuk Yu. F., Olkhovska O. V., Olkhovsky D. M., Orlova D. I. Design and development of a web service for generating and sending PDF documents

The design and development of a web service for automatic generation, email distribution and verification of PDF certificates or other PDF documents are considered in the work. This web service can work independently or in integration with other software products. The task of generating a PDF document is implemented using the iText library, which allows you to create files in various ways. In this project, PDF files are generated based on HTML templates, which allows you to easily create documents with different markup and different design. Gmail's SMTP server is used to send e-mails. Letters are created using

© Ю. Ф. Олексійчук, О. В. Ольховська, Д. М. Ольховський, Д. І. Орлова, 2023

the JavaMailSender library. There are two ways to verify the authenticity of a PDF certificate. You can follow the link on the certificate. If information about such a document is available in the database, the name of the event and the name of the participant will be displayed. If there is no information in the database, information about this will be displayed. Another way is to enter the code from the document into a special field on the web page. The software product is developed in the form of a web service that implements the REST approach. The project is implemented in the Java programming language using the Spring family of frameworks: Spring Boot, Spring Data JPA, Spring Web, Spring Security. The project implements the Controller-Service-Repository design pattern and consists of the corresponding levels. At the entity level, entities from the database are described in the form of objects. That is, a class is created for each of the tables in the database, the fields of which correspond to the attributes of the table. At the repository level, requests to the database using the JpaRepository interface are described. The logic of the web service is implemented at the service level. A separate service class or several classes are written to perform each of the tasks, if the task is large and it is advisable to divide it into subtasks. REST controllers are responsible for the external interface. A separate access address (endpoint) will be created for each of the actions that the user or other application can perform. Main actions: creating an event, receiving a list of events, deleting events, adding information about an event participant, receiving a list of participants, generating certificates, sending certificates, authenticating users, checking the presence of a certificate by a unique code. The web service has a simple user interface in the form of a web page where you can check the certificate for authenticity. For the work of administrators, a cabinet was created using the Swagger library.

Key words: pdf generation, web service, java, smpt, spring.

Постановка проблеми. Автоматизація різноманітних процесів, зокрема, в освіті, дозволяє суттєво підвищити продуктивність праці, позбавити необхідність виконувати рутинну роботу. В Полтавському університеті економіки і торгівлі створене та інтегроване в систему різноманітне програмне забезпечення, що вирішує ряд задач, що стосуються дистанційного навчання, складання розкладу, розподілу та обліку навантаження викладачів, планування навчального процесу тощо. Водночас залишаються задачі, які також можна автоматизувати. Наприклад, зараз постійно проводиться багато різних заходів: конференцій, тренінгів, семінарів, курсів, за результатами яких учасникам можуть видаватися сертифікати (або інші документи) в PDF-форматі. Якщо учасників заходу досить багато, то ручне генерування сертифікатів для кожного може зайняти багато часу. Наступною задачею є розсилка цих сертифікатів по email, автоматизація якої буде економіти час організаторам. Також важливою є проблема захисту PDF-документів від підробок. Враховуючи сучасні можливості графічних редакторів та редакторів PDF-документів, зробити копію та відредагувати файл не займає багато часу. Тому необхідно забезпечити можливість перевірки створених PDF-документів.

Проаналізувавши програмні продукти, що існують, не було знайдено таких, щоб повністю задовольняли всі вимоги. Тому актуальною є розробка програмного забезпечення, для розв'язання описаних задач.

Для більшої універсальності для реалізації програмного забезпечення вибраний підхід створення web-сервісу. Це дозволяє використовувати продукт як незалежно, так і в інтеграції з іншим програмним забезпеченням, використовуючи прикладний програмний інтерфейс (API).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Тенденція останнього десятиліття в розробці програмних продуктів з API полягає у поступовому переході від технологій SOAP (Simple Object Access Protocol) та RPC (Remote Procedure Call) до технології REST (Representational State Transfer) [1–3].

REST-підхід до архітектури мережеских протоколів, які надають доступ до інформаційних ресурсів, що був описаний Роєм Філдіном в дисертації в 2000 році [4]. Реалізація Web-сервісів REST відповідає чотирьом базовим принципам проектування:

- явне використання HTTP-методів;
- незбереження стану;
- надання URI, аналогічних структурі каталогів;
- передача даних в XML, JavaScript Object Notation (JSON) або в обох форматах [4–5].

Розробники можуть створювати API з використанням кількох архітектур. API-інтерфейси, які відповідають архітектурному стилю REST, називаються REST API. Веб-служби, що реалізують архітектуру REST, називаються веб-службами RESTful. Як правило, термін RESTful API відноситься до мережеских RESTful API. Однак REST API та RESTful API є взаємозамінними термінами.

REST web-сервіси є популярною технологією розробки різноманітних програмних продуктів [5–6]. Основна перевага такого підходу – можливість легкої інтеграції в інші застосунки.

Web-сервіси активно використовуються в розподілених системах, що базуються на мікросервісній архітектурі, що є дуже популярними зараз [7].

Задача створення PDF-документів актуальна і для інших університетів. Так в [8] розглядається розробка мікросервісу для створення PDF-документів. Для роботи мікросервісу використано наступний алгоритм: спочатку отримується запит та вибирається відповідні дані з бази даних. Потім обробляються отримані дані та використовується шаблон для створення HTML-документу. Далі відкривається отриманий документ у вікні браузера та з використанням функціоналу браузера здійснюється його конвертація в PDF. Цей мікросервіс є невід'ємною частиною системи управління бізнес-процесами університету. Він доповнює наявні мікросервіси, такі як відділ кадрів, розклад навчальних занять та електронна залікова книжка, відповідно до вимог системи.

Мета. Мета полягає у проектуванні та розробці web-сервісу на мові програмування Java за допомогою фреймворку Spring. Основні функції web-сервісу перелічені нижче.

1. Генерація PDF-документів. Сервіс має працювати з використанням технології REST API. Тобто до нього можна буде звертатися з іншого програмного забезпечення або використовувати як окремий застосунок.

2. Автоматична розсилка електронних листів із вкладеними згенерованими сертифікатами. Для цього використовуватиметься сторонній SMTP-сервіс. Робота з відкритим програмним інтерфейсом (API) буде здійснюватися з допомогою бібліотеки JavaMailSender.

3. Перевірка сертифікату: на сертифікаті буде унікальний код, який потрібно ввести на сайті, та гіперпосилання. Якщо сертифікат справжній, то буде виводитися інформація про учасника заходу. Якщо код неправильний, то інформація, що такого коду немає. Це дозволить уникати підрбок сертифікатів.

Виклад основного матеріалу. Для розробки Web-сервісу для роботи з PDF-документами вибрана мова програмування Java. Для більш ефективної розробки використовується сімейство фреймворків Spring, а саме Spring Boot, Spring Data JPA, Spring Web, Spring Security. Використання цих технологій дозволяє суттєво скоротити час розробки та підвищити надійність створеного програмного продукту.

Для генерації pdf-файлів існує ряд бібліотек.

а) бібліотека Adobe PDF. Ця бібліотека надає API такими мовами програмування, як C++, .NET та Java. Можна редагувати, переглядати, роздруковувати та витягувати текст із PDF-файлів;

б) процесор форматування об'єктів – Форматер друку з відкритим вихідним кодом, керований об'єктами форматування XSL та незалежним форматом виводу;

в) PDF Box – Apache PDFBox. Це бібліотека Java з відкритим вихідним кодом, підтримує розробку та перетворення документів PDF. Використовуючи цю бібліотеку можна розробляти Java-програми, які створюють, конвертують та обробляють документи PDF;

г) звіти Jasper. Це інструмент звітів Java, який генерує звіти у форматі PDF, включаючи Microsoft Excel, RTF, ODT, значення через кому та файли XML;

д) iText – це бібліотека Java, за допомогою якої можна розробляти програми, які створюють, конвертують і обробляють документи PDF [9–10].

Після аналізу всіх переваг та недоліків бібліотек, вибрана iText. Головними перевагами цієї бібліотеки є детальна документація, велика кількість прикладів, різні варіанти генерації PDF-документів, можливість генерації на основі HTML-шаблонів.

Web-сервіс використовує базу даних MySQL для надійного збереження необхідних даних. Самі PDF-документи не будуть зберігатися в базі даних, але вся необхідна для їх генерації інформація буде збережена. Це дозволить суттєво скоротити кількість пам'яті, що використовується. При потребі новий документ може буди повторно згенерований і відправлений на електронну пошту. Основні таблиці бази даних (рис. 1) описані далі.

1. Event – тут буде зберігатися інформація про заходи, учасникам яких будуть генеруватися та розсилатися PDF-сертифікати. В атрибутах таблиці зберігається інформація про назву та дату заходу, а також дані, що будуть використані при генерації сертифікату: заголовок, кількість годин, та довільний текст, який забажає організатор заходу. Для тексту передбачено 2 поля, тому інформація може міститися в двох різних місцях документу, але не обов'язково використовувати всі поля, частину із них можна залишити порожніми. Також в цій таблиці міститься інформація про шаблон, на основі якого буде генеруватися PDF-документ.

2. Certificate – в цій таблиці буде зберігатися інформація про учасників заходів. Основні атрибути:

- full_name – повне ім'я;
- email – електронна адреса;
- personal_info – інша інформація про учасника, наприклад, місце роботи, посада тощо;
- date – дата останньої успішної генерації та надсилання PDF-документу. Використовується для уникнення помилкових повторних розсилок;

• has_link – інформація про те, чи потрібно, на документі показувати посилання та код для перевірки на справжність. Якщо значення true, то унікальний код буде згенерований і посилання буде відображатися на документі, якщо false, то ні;

• link – посилання для перевірки справжності PDF-документа, використовується для захисту від підрбок у тому випадку, коли значення атрибуту has_link дорівнює true.

3. Users – в цій таблиці буде зберігатися інформація про користувачів сервісу, яка необхідна для автентифікації. Основні атрибути:

• email – адреса електронної пошти користувача, яка також буде використовуватися як логін при автентифікації;

• password – пароль користувача, який зберігається є вигляді геш-коду отриманого з допомогою функції BCrypt [11];

• status – статус користувача, що може бути активним або неактивним. Неактивний користувач не може здійснювати жодних дій в системі;

- role – роль користувача в системі. На даний час можливі 3 ролі: супер-адміністратор, адміністратор та звичайний користувач, в майбутньому за потреби кількість ролей може бути розширена. Роль визначає можливості та обмеження користувача в системі.

4. Code – тут будуть зберігатися унікальні ідентифікатори для сертифікатів. Основним атрибутом тут є uid – унікальний текстовий ідентифікатор, що використовується для перевірки PDF-документу на справжність. Ця таблиця логічно не зв'язана з іншими і використовується лише для зберігання цих ідентифікаторів.

5. Таблиця user_to_event є допоміжною таблицею для реалізації зв'язку «багато до багатьох» між таблицями users та event.

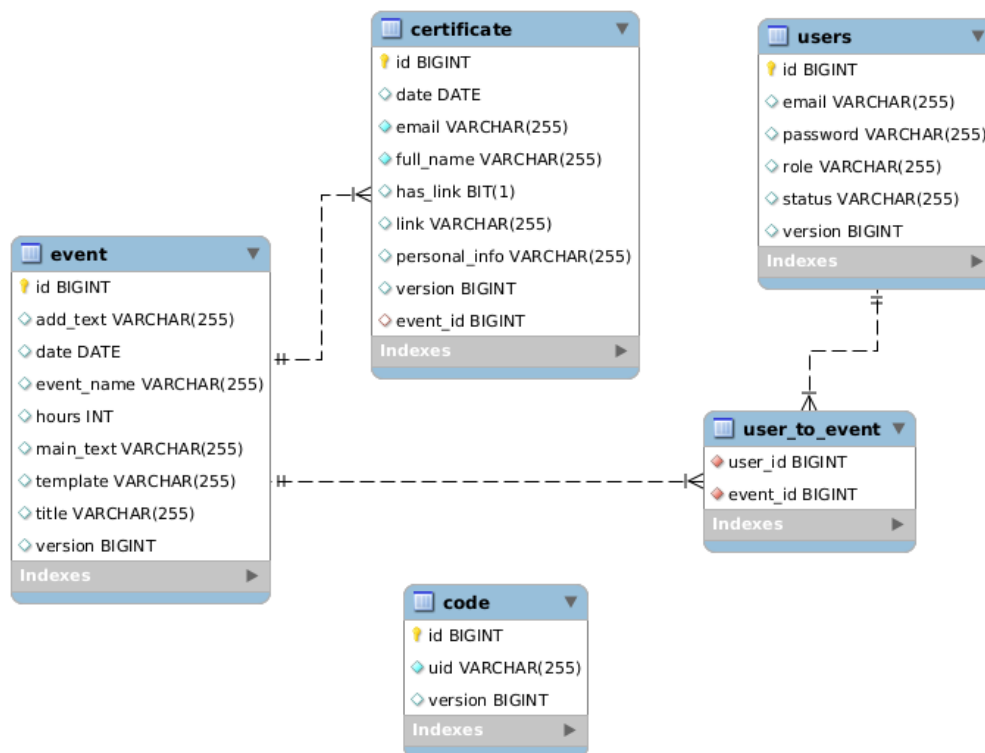


Рис. 1. ER-діаграма бази даних

Структурно код web-сервісу має багатшарову організацію, кожен рівень (layer) якої відповідає за певний функціонал. Застосунок реалізує патерн проєктування Controller-Service-Repository [12-13].

На рівні entity (model) описуються сутності з бази даних у вигляді об'єктів. Тобто для кожної із таблиць бази даних, окрім user_to_event, буде створений клас, поля якого відповідають атрибутам таблиці. Це потрібно для об'єктно-реляційного відображення даних. Наприклад, код класу User, що відповідає таблиці users:

```

@Entity
@Table(name = "users")
@Getter
@NoArgsConstructor
@EqualsAndHashCode(of = "id")
@FieldDefaults(level = PRIVATE)
public class User {
    @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO, generator = "native")
    @GenericGenerator(name = "native", strategy = "native")
    @Column(updatable = false)
    Long id;
    @Version
    @Column(updatable = true)
    Long version;
}
    
```

```

String email;
String password;
@Enumerated(EnumType.STRING)
UserStatus status;
@Enumerated(EnumType.STRING)
UserRole role;
@ManyToMany
@JoinTable(
    name = "user_to_event",
    joinColumns = @JoinColumn(name = "user_id"),
    inverseJoinColumns = @JoinColumn(name = "event_id"))
List<Event> events;
public User(String email, String password) {
    this.email = email;
    this.password = password;
}
}
}

```

Для зменшення кількості коду використовуються анотації бібліотеки lombok (@Getter, @NoArgsConstructor, @EqualsAndHashCode, @FieldDefaults). Ці анотації створюють гетери для всіх полів, конструктор без параметрів, перевизначають методи equals() та hashCode() та роблять всі поля приватними відповідно. Призначення інших анотацій:

- анотації @Entity та @Table зв'язують клас із відповідною таблицею в базі даних;
- анотації @Id, @GeneratedValue та @GenericGenerator призначені для створення первинного ключа в таблиці, автоматичної генерації його значення та прив'язуванні до відповідного поля класу;
- анотація @Column дозволяє встановити властивості для атрибуту в базі даних;
- анотації @ManyToMany та @JoinTable створюють зв'язок типу «багато до багатьох» з іншою таблицею бази даних.

На рівні репозиторію реалізуються запити до бази даних. Оскільки в проєкті використовується фреймворк Spring Data JPA, то базовий функціонал для роботи з базами даних (збереження, отримання всіх записів із таблиці, отримання запису по id тощо) реалізований автоматично. Для цього для кожної сутності створюється інтерфейс, що успадковує узагальнений інтерфейс JpaRepository. Для інших запитів потрібно створювати абстрактні методи, реальні запити будуть генеруватися автоматично фреймворком Spring Data JPA, використовуючи назву методу.

Приклад репозиторію:

```

public interface CertificateRepository extends JpaRepository<Certificate, Long> {
    List<Certificate> findAllByEvent(Event event);
}

```

В даному випадку метод буде повертати всі записи в базі даних, пов'язані із конкретним заходом.

Логіка роботи web-сервісу реалізована на рівні сервісів (services). Для виконання кожної із задач написаний окремий сервіс або кілька сервісів, якщо доцільно розбити задачу на підзадачі. Основні задачі: генерація PDF-документу, надсилання email, робота з таблицями бази даних, автентифікація користувачів тощо.

Контролери відповідають за зовнішній інтерфейс. Для кожної із дій, які може здійснити користувач або інший застосунок, створена окрема адреса доступу (endpoint). Основні дії: створення події, отримання списку подій, видалення події, додавання інформації про учасника заходу, отримання списку учасників, генерація сертифікатів, розсилка сертифікатів, автентифікація користувачів, перевірка наявності сертифіката по унікальному коду.

Web-сервіс має простий інтерфейс користувача у вигляді web-сторінки. Для роботи адміністраторів створений кабінет за допомогою бібліотеки Swagger [13]. Ця бібліотека вибрана тому, що для створення простого кабінету достатньо лише підключити її до проєкту та написати кілька рядків коду. Незважаючи на простоту інтерфейсу, Swagger дозволяє виконувати адміністратору всі необхідні дії.

Для доступу до Swagger користувач має пройти автентифікацію. Електронна адреса використовується як логін.

Система не передбачає самостійну реєстрацію користувача. Лише користувач з правами адміністратора може зареєструвати нового користувача. Для цього він має ввести email нового користувача. Новому користувачу на цей email прийде інформація про успішну реєстрацію та пароль. Після цього користувач може пройти автентифікацію та змінити пароль на новий.

Звичайний користувач може створювати заходи, додавати учасників цих заходів, переглядати інформацію про учасників та заходи, розсилати сертифікати. Користувач має доступ лише до заходів, що він створив, та до тих, права роботи з якими надав адміністратор.

Адміністратор, крім прав звичайного користувача, може реєструвати користувачів, блокувати їх та надавати користувачам доступ до заходів. Адміністратор має доступ до всіх заходів.

Супер-адміністратор, на додачу до прав адміністратора, може змінювати роль учасників: звичайного користувача зробити адміністратором і навпаки.

Для генерації та розсилки PDF-документів користувач повинен зробити наступні дії.

1. Створити новий захід.
2. Додати інформацію про учасників цього заходу. Передбачена можливість імпорту даних із файлів.
3. Відправити лист з PDF-документом. Можна відправляти як одному конкретному учаснику так і всім учасникам деякого заходу.

Також додатково є можливість завантажити PDF-документ через Swagger.

Для розгортання сервісу необхідний будь-який Linux-сервер зі встановленими програмами JDK17 та Maven. Spring Boot включає в себе вбудований контейнер сервлетів Tomcat. Окремо необхідно мати доступ до MySQL бази даних.

Можливо також створити Docker-образ та запускати web-сервіс в як контейнер в Docker [15].

Також проєкт може бути дещо модифікований і використовуватися як один із мікросервісів у системі.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. В роботі розглянуто проєктування та програмна реалізацію web-сервісу для генерації PDF-сертифікатів. Web-сервіс дозволяє автоматично генерувати, розсилати та перевіряти сертифікати. Діапазон застосування може бути досить широким, наприклад, обслуговування конференцій, семінарів, дистанційних курсів, інших заходів. На даний час web-сервіс перебуває на завершальному етапі тестування та розробки. В подальшому можливості web-сервісу можуть бути покращені за рахунок створення кабінету користувача з використанням можливостей сучасних JavaScript-бібліотек та фреймворків, який буде більш зручним ніж Swagger.

Основні переваги Web-сервісу:

1. Можливість роботи як окремого web-застосунку.
2. Можливість інтеграції з іншими програмними продуктами, використовуючи REST API.
3. Простота у розгортанні та використанні.

Список використаних джерел:

1. Kopecký, Jacek, Paul Fremantle, and Rich Boakes. A history and future of Web APIs. *IT-Information Technology*. No. 3, 2014. P. 90–97.
2. Bülthoff, Frederik, and Maria Maleshkova. RESTful or RESTless—current state of today’s top web APIs. In *The Semantic Web: ESWC 2014 Satellite Events: ESWC 2014 Satellite Events, Anissaras, Crete, Greece, May 25-29, 2014, Revised Selected Papers 11*, P. 64–74.
3. Зінченко А. Ю. Проєктування розподілених інформаційних систем на основі використання технології слабоз’язаних компонентів. *Системи та технології*, 1(63), 2022. С. 5–14. <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2022.1-63.1>
4. Fielding, Roy Thomas. *Architectural styles and the design of network-based software architectures*. University of California, Irvine, 2000.
5. Neumann, Andy, Nuno Laranjeiro, and Jorge Bernardino. An analysis of public REST web service APIs. *IEEE Transactions on Services Computing* 14, No. 4, 2018, P. 957–970.
6. Chen, Yixiong, Yang Yang, Zhanyao Lei, Mingyuan Xia, and Zhengwei Qi. Bootstrapping automated testing for RESTful web services. *Fundamental Approaches to Software Engineering: 24th International Conference, FASE 2021, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2021, Luxembourg City, Luxembourg, March 27 – April 1, 2021, Proceedings 24*, pp. 46–66. Springer International Publishing, 2021.
7. Massaga, Aristide, and Georges Edouard Kouamou. Towards a Framework for Evaluating Technologies for Implementing Microservices Architectures. *Journal of Software Engineering and Applications* 14, No. 8, 2021, P. 442–453.
8. Коломієць О. Е. Проєктування та розроблення сервісної архітектури управління бізнес-процесами університету. Генерація PDF документів засобами системи : кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «магістр». Херсонський держ. ун-т. Херсон : ХДУ, 2021. 54 с.
9. Lowagie, Bruno. *IText in Action*. Simon and Schuster, 2010.
10. Bluck, Alan S. PDF Document Creation Using Java. In *IBM Software Systems Integration: With IBM MQ Series for JMS, IBM FileNet Case Manager, and IBM Business Automation Workflow*, p. 991-1269. Berkeley, CA: Apress, 2023. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-8861-0_6
11. Provos, Niels, and David Mazieres. Bcrypt algorithm. *USENIX*. 1999.
12. Fowler, Martin. *Patterns of Enterprise Application Architecture: Pattern Enterpr Applica Arch*. Addison-Wesley, 2012.
13. Walls, Craig. *Spring in action*. Simon and Schuster, 2022.
14. Dos Santos, Jéssica Soares, Leonardo Guerreiro Azevedo, Elton FS Soares, Raphael Melo Thiago, and Viviane Torres da Silva. Analysis of Tools for REST Contract Specification in Swagger/OpenAPI. *ICEIS (2)*, 2020. P. 201–208.
15. Miell, Ian, and Aidan Sayers. *Docker in practice*. Simon and Schuster, 2019.

References:

1. Kopecký, Jacek, Paul Fremantle, and Rich Boakes (2014). A history and future of Web APIs. *IT-Information Technology*. No. 3. P. 90–97.
2. Bülthoff, Frederik, and Maria Maleshkova (2014). RESTful or RESTless—current state of today’s top web APIs. In *The Semantic Web: ESWC 2014 Satellite Events: ESWC 2014 Satellite Events, Anissaras, Crete, Greece, May 25-29, Revised Selected Papers 11*, P. 64–74.
3. Zinchenko A. Yu. (2022) Proektuvannia rozpodilenykh informatsiinykh system na osnovi vykorystannia tekhnolohii slabozviazanykh komponentiv [Design of distributed information systems based on the use of the technology of loosely coupled components]. *Systemy ta tekhnolohii – Systems and Technologies*, 1(63). P. 5–14. <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2022.1-63.1> [in Ukrainian].
4. Fielding, Roy Thomas (2000). Architectural styles and the design of network-based software architectures. University of California, Irvine.
5. Neumann, Andy, Nuno Laranjeiro, and Jorge Bernardino (2018). An analysis of public REST web service APIs. *IEEE Transactions on Services Computing* 14, No. 4, P. 957–970.
6. Chen, Yixiong, Yang Yang, Zhanyao Lei, Mingyuan Xia, and Zhengwei Qi (2021). Bootstrapping automated testing for RESTful web services. *Fundamental Approaches to Software Engineering: 24th International Conference, FASE 2021, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2021, Luxembourg City, Luxembourg, March 27 – April 1, Proceedings 24*, pp. 46–66. Springer International Publishing.
7. Massaga, Aristide, and Georges Edouard Kouamou (2021). Towards a Framework for Evaluating Technologies for Implementing Microservices Architectures. *Journal of Software Engineering and Applications* 14, No. 8, P. 442–453.
8. Kolomiets O. E. (2021). Proiektuvannia ta rozroblennia servisnoi arkhitektury upravlinnia biznes-protsesamy universytetu. Heneratsiia PDF dokumentiv zasobamy systemy: kvalifikatsiina robota na zdobuttia stupenia vyshchoi osvity «mahistr» [Design and development of the university’s business process management service architecture. Generation of PDF documents by means of the system: qualifying work for obtaining the degree of higher education “master”]. Khersonskiy derzh. un-t. Kherson : KhDU, 54 p.
9. Lowagie, Bruno (2010). *IText in Action*. Simon and Schuster [in English].
10. Bluck, Alan S (2023). PDF Document Creation Using Java. In *IBM Software Systems Integration: With IBM MQ Series for JMS, IBM FileNet Case Manager, and IBM Business Automation Workflow*, p. 991–1269. Berkeley, CA: Apress. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-8861-0_6
11. Provos, Niels, and David Mazieres (1999). Bcrypt algorithm. *USENIX*. [in English].
12. Fowler, Martin (2012). *Patterns of Enterprise Application Architecture: Pattern Enterpr Applica Arch*. Addison–Wesley.
13. Walls, Craig (2022). *Spring in action*. Simon and Schuster.
14. Dos Santos, Jéssica Soares, Leonardo Guerreiro Azevedo, Elton FS Soares, Raphael Melo Thiago, and Viviane Torres da Silva (2020). Analysis of Tools for REST Contract Specification in Swagger/OpenAPI. *ICEIS (2)*. P. 201–208.
15. Miell, Ian, and Aidan Sayers (2019). *Docker in practice*. Simon and Schuster.

КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

УДК 004.62,659.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.6>

Лаврик В. Р., студент кафедри комп'ютерних систем та мереж
Національного університету «Запорізька політехніка»
ORCID: 0009-0005-1386-3379

Тягунова М. Ю., кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж
Національного університету «Запорізька політехніка»
ORCID: 0000-0002-9166-5897

АНАЛІЗ СТРАТЕГІЙ ЕФЕКТИВНОГО ПРОСУВАННЯ INSTAGRAM-МАГАЗИНУ ДЛЯ УСПІШНОГО БІЗНЕСУ

Розвиток соціальних медіа та електронної комерції привів до нової ери у підході компаній до маркетингу і продажів, а також використанню новітніх комп'ютерних технологій для досягнення фінансового прибутку. Instagram, як одна з найпопулярніших платформ соціальних медіа, також став ефективним інструментом для бізнесу для охоплення потенційних клієнтів і просування своїх продуктів або послуг. Робота спрямована на дослідження використання Instagram-магазину як ефективного інструмента для успішного ведення бізнесу. У статті розглянуто вплив реклами в Instagram-магазині на використання соціальних медіа та електронної комерції. Підтверджено, що аналіз даних з Instagram-магазину важливий для вдосконалення стратегій маркетингу та продажів. У дослідженні описано різні види ефективних використання Instagram-сторінки для бізнесу, таких як збільшення продажів, формування бренду, залучення нових клієнтів, підвищення лояльності існуючих та використання інсайтів з Instagram-магазину для покращення стратегій маркетингу та продажів. У статті також наголошується на важливості аналізу даних Instagram-магазинів для покращення стратегій маркетингу та продажів. Дослідження демонструє, що для успіху в соціальних медіа, бізнес-власникам необхідно ретельно аналізувати та вдосконалювати свої рекламні кампанії, а також використовувати наявні інструменти, такі як Facebook Ads Manager, для досягнення максимального результату. Співбесіди з керівництвом магазину показали, що використання Instagram сторінки було ефективним для залучення нових клієнтів і покращення впізнаваності бренду магазину. Аналіз наявних досліджень і публікацій підтвердив потенціал Instagram для бізнесу, а також важливість використання інформації для вдосконалення стратегій маркетингу та продажів. Зроблено висновок, що Instagram-магазин є важливим засобом для збільшення продажів в електронній комерції, напрям дослідження є актуальним для бізнесу, а використання і розвинення саме Instagram-магазину є потенціалом для збільшення продажів, залучення нових клієнтів та покращення впізнаваності бренду.

Ключові слова: Instagram-магазин, електронна комерція, маркетинг, реклама, соціальні медіа.

Lavryk V. R., Tiahunova M. Yu. Analysis of effective promotion strategies for an Instagram store for successful business

The development of social media and e-commerce has ushered in a new era in companies' approach to marketing and sales, as well as their utilization of cutting-edge computer technologies for achieving financial gain. Instagram, as one of the most popular social media platforms, has also become an effective tool for businesses to reach potential customers and promote their products or services. This study focuses on the use of the Instagram shop as an effective tool for successful business management. The article discusses the impact of advertising in the Instagram shop on the use of social media and e-commerce. It is confirmed that analyzing data from the Instagram shop is important for improving marketing and sales strategies. The study describes various effective ways to use an Instagram page for business, such as increasing sales, building a brand, attracting new customers, increasing loyalty of existing ones, and using insights from the Instagram shop to improve marketing and sales strategies. The article also emphasizes the importance of analyzing Instagram shop data to improve marketing and sales strategies. The research demonstrates that for success in social media, business owners need to carefully analyze and improve their advertising campaigns and use available tools such as Facebook Ads Manager to achieve the maximum result. Interviews with the store management revealed that using an Instagram page was effective in attracting new customers and improving brand awareness for the store. Analysis of existing research and publications confirmed the potential of Instagram for businesses, as well as the importance of using information to refine marketing and sales strategies. It is concluded that the Instagram shop is an important tool for increasing sales in e-commerce, and the direction of research is relevant for business, and the use and development of the Instagram shop is a potential for increasing sales, attracting new customers, and improving brand recognition.

Key words: Instagram shop, e-commerce, marketing, advertising, social media.

© В. Р. Лаврик, М. Ю. Тягунова, 2023

Постановка проблеми. Розвиток соціальних медіа та електронної комерції перетворив підхід компанії до маркетингу та продажів на новий рівень. Однією з найбільш популярних платформ соціальних медіа є Instagram, який став ефективним інструментом для бізнесу у залученні потенційних клієнтів та просуванні своїх продуктів або послуг [1]. З появою Instagram-сторінки компаніям стало ще легше демонструвати свої продукти та продавати їх безпосередньо споживачам [2]. Тому дуже суттєвим стало дослідження, чи дійсно відбувається збільшення прибутків з використанням Instagram-сторінки, чи задіяні витрати часу та грошей на розвинення ще одного електронного ресурса є марними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз публікацій [3-8] проведений за останні роки довів, що попит на залучення Instagram-сторінок до сфери продажу товарів значно виріс у порівнянні з попередніми роками. Це пов'язано як з збільшенням кількості користувачів соціальних медіа, так і з розвитком комп'ютерних технологій, таких як машинне навчання і штучний інтелект, спрямованих на підвищення ефективності реклами та залучення потенційних покупців. Нові функції, такі як Instagram-магазин, роблять можливими покупки безпосередньо з платформи соціальних медіа, що сприяє підвищенню конверсії та збільшенню продажів для бізнесу. Однак, залучення клієнтів через Instagram-сторінки вимагає від бізнесу вдосконалення своїх стратегій маркетингу та продажів, а також ретельного аналізу даних, що важливо для досягнення успіху в електронній комерції.

Мета статті. Метою даного дослідження було дослідити сфери ефективного використання Instagram-магазину як інструменту успішного ведення бізнесу на базі розробленого кондитерського магазину та проаналізувати потенціал Instagram-сторінки для збільшення продажів, формування бренду, залучення нових клієнтів, а також покращення стратегій маркетингу та продажів.

Виклад основного матеріалу. У дослідженні використовувався підхід змішаних методів, поєднуючи кількісні та якісні дані. Кількісні дані включали аналіз даних продажів кондитерського магазину до та після впровадження Instagram-сторінки, а також проведення опитувань клієнтів магазину. Якісні дані включали аналіз інформації з Instagram-сторінки, проведення інтерв'ю з керівництвом магазину та аналіз існуючої літератури на цю тему.

Для дослідження було обрано 2 стратегії:

- розвитку Instagram-магазину без реклами;
- розвитку Instagram-магазину з використанням різного типу реклами.

При старті рекламної кампанії у Facebook та в Instagram необхідно визначити мету, яку вона має досягти. Залежно від поставленої мети, можна розглядати можливість просування публікацій для досягнення одних цілей, тоді як для досягнення інших цілей необхідно створити рекламу.

Існує кілька видів реклами в Instagram, зокрема, пряма реклама за допомогою кнопки «Просувати» під будь-яким постом та реклама через особистий рекламний кабінет у Facebook Ads Manager [9].

Кнопка «Просувати» в Instagram дозволяє користувачам створювати прості рекламні кампанії без необхідності використання окремих інструментів реклами. Вона дозволяє обрати пост, який потрібно просунути, вказати бюджет, аудиторію та тривалість кампанії.

У той же час, рекламні кампанії через Facebook Ads Manager дозволяють більш точно налаштувати параметри реклами, такі як поведінкові ознаки аудиторії, демографічні характеристики, інтереси, додаткові маркери та метрики конверсії. Крім того, можна створювати більш складні кампанії, які включають різні формати реклами, в тому числі каруселі, кінцеві сторінки, відео та інші.

Дослідження проводилося впродовж 3 місяців. Спочатку було проведено дослідження розвитку Instagram-магазину без реклами та за допомогою використання реклами через сторінку Facebook, а саме особистого кабінету Ads Manager, де можна спостерігати всі зміни налаштувань постів.

За результатами проведеного аналізу даних з Facebook Ads Manager з рекламою та без, було отримано дані, представлені у таблицях 1 та 2, які демонструють попит сторінки та товарів магазину без використання реклами та з використанням відповідно.

Таблиця 1

Статистика магазину без використання реклами

Місяці	Жовтень	Листопад	Грудень
Покази	1207	1576	1932
Дії	189	205	354
Покупки	101	108	150

Таблиця 2

Статистика магазину з використання реклами у Facebook Ads Manager

Місяці	Жовтень	Листопад	Грудень
Покази	2578	2805	3521
Дії	360	470	905
Покупки	375	429	536

У результаті опрацювання даних дослідження, була створена лінійна діаграма на рисунках 1 та 2, де продемонстровано залежність кількості відвідувань сторінки користувачами від наявності або відсутності використання реклами за період 3 місяці.

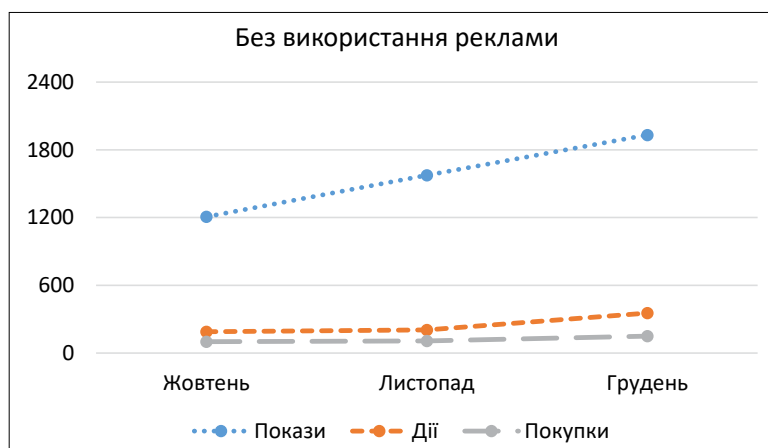


Рис. 1. Результат періоду без використання реклами

На графіку (рисунок 1) відображено, що за період трьох місяців кількість показів (лінійка крапками) зросла з 1207 до 1932, що є позитивним результатом. Проте, слід зазначити, що кількість дій (лінійка штрихом) користувачів з профілем (лайки, коментарі, підписки) є у декілька разів меншою в порівнянні з кількістю переглядів. Окрім того, на графіку зазначається, що кількість покупок (лінійка довгий штрих), здійснених через профіль магазину, також є незначною – середня кількість покупок за місяць дослідження становить 100. Однак, можна відзначити зростання кількості покупок у грудні, що пов'язане зі збільшенням попиту на оригінальні подарунки у зв'язку зі святковим періодом.

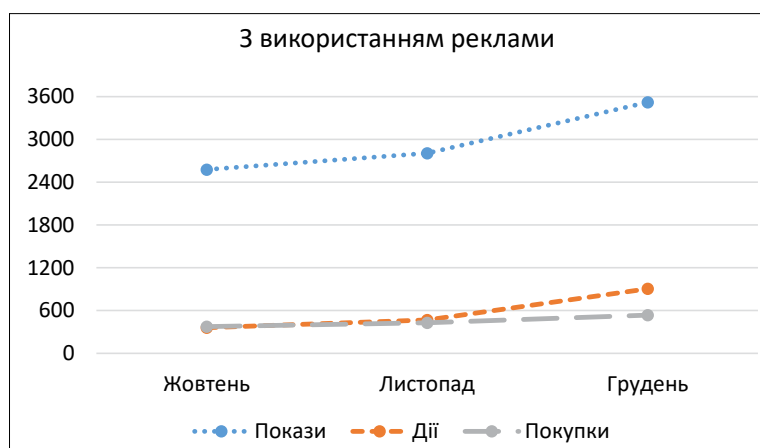


Рис. 2. Результат періоду з використанням реклами

Графік на рисунку 2 показує, що після використання реклами кількість показів (лінійка крапками) зросла з 2578 до 3521, що свідчить про більшу зацікавленість користувачів до продукту. Крім того, графік також показує зростання кількості дій користувачів на профілі, що може бути пов'язано з ефективністю використання реклами. Важливим критерієм успіху є кількість покупок (лінійка довгий штрих), яка також зросла з 375 до 536 у грудні, що також може бути пов'язано зі збільшенням попиту на продукт у зв'язку зі святковим періодом.

Отже, можна зробити висновок, що хоча кількість переглядів в профілі магазину зростає, слід приділяти увагу залученню користувачів до активності на сторінці та збільшенню кількості покупок, що може збільшити ефективність використання профілю магазину в соціальній мережі, а використання реклами на профілі продукту може позитивно вплинути на зацікавленість користувачів та кількість покупок.

Далі було проведено дослідження на основі двох рекламних кампаній, які були запущені на сторінці кондитерського магазину в Instagram через кнопку «Просунути» та через Facebook Ads Manager. Для забезпечення об'єктивності дослідження було взято два пости з однаковим наповненням (фото та текст до посту) та однаковими хештегами. Для рекламної кампанії в Instagram було використано наступні параметри:

- Локація: місто Запоріжжя.
- Аудиторія: чоловіки, жінки.
- Бюджет: 6\$.

Тривалість: 3 дні.

Охоплення аудиторії: ~ 16 000–17 000.

Для рекламної кампанії у Facebook Ads Manager необхідно проаналізувати цільову аудиторію, яка створює основний попит на послуги та виявити їх основні характеристики. Таким чином, було виділено чотири портрети цільової аудиторії. Параметри були взяті такі ж самі, як і в Instagram але більш уточнюючі.

Перший портрет – молоді дівчата:

- вік від 18 до 25 років;
- незаміжні, дітей немає;
- живуть та навчаються в Запоріжжі;
- підробляють або повноцінно працюють;
- інтереси: кулінарія, солодкі десерти, святкування різнобічних свят;
- цілі: хоче здивувати оригінальністю, хоче запам'ятатися подарунком, хоче приємно вразити подругу/

матір/бабусю/сестру.

Другий портрет – хлопці:

- вік від 23 до 30 лет;
- у стосунках, але неодружені;
- дітей немає;
- живуть в Запоріжжі;
- працюють;
- інтереси: кохання, подарунки;

– цілі: хоче здивувати свою другу половинку, хоче подарувати щось солодке, зважаючи на вподобання дівчини, не хоче втрачати багато часу на пошук подарунку.

Третій портрет – жінки:

- вік від 25 до 35 років;
- заміжні, мають дітей;
- живуть в Запоріжжі;
- домогосподарка на забезпеченні чоловіка/молода матуся;
- інтереси : діти, проведення дитячих днів народження;
- цілі: хоче зекономити час на приготуванні десерту, хоче придбати щось солодке але водночас корисне

для дітей.

Четвертий портрет – дорослі чоловіки:

- вік від 30 до 45 років;
- одружені, мають дітей;
- живуть в Запоріжжі;
- працюють;
- інтереси: виховання дітей, допомога по господарству дружині;
- цілі: хоче зробити дружині оригінальний подарунок, хоче здивувати доньку/сестру/матір.

Отримані дані з кабінету Instagram та з кабінету Facebook наочно відображені у таблиці 3 та таблиці 4 відповідно.

Таблиця 3

Дані з кабінету Instagram

Instagram	1 день	2 день	3 день	Всього
Ніяк не відреагували	5209	5456	5444	16109
Реакція на пост	36	31	42	109
Підписка на сторінку	2	1	1	4
Покупка	0	0	1	1
Всього				16223

Таблиця 4

Дані з кабінету Facebook

Facebook	1 день	2 день	3 день	Всього
Ніяк не відреагували	5103	5317	5398	15818
Реакція на пост	187	200	173	560
Підписка на сторінку	22	14	6	42
Покупка	2	1	2	5
Всього				16425

На рис. 3–6 відображено результати порівняння реакції користувальницької аудиторії з використанням реклами в Instagram та з використанням Facebook Ads Manager за перші 3 дні, які є більш інформативними.

За результатами аналізу першого графіка (рисунок 3), встановлено, що кількість переглядів реклами в Instagram та Facebook є значною. Аналіз відсоткової частки користувачів, які ніяк не відреагували на обидва оголошення, показує загальну кількість 16 109 для Instagram та 15 818 для Facebook. Отже, можна зробити висновок про те, що спрямована на цільову аудиторію реклама привертає більше уваги, ніж загальна реклама, представлена через Facebook.

За результатами аналізу другого графіка (рисунок 4) встановлено, що більший інтерес користувачів взаємодіяти з профілем магазину, а саме залишення коментарів під публікацією, вподобайки, повідомлення

в дірект, проявляється через оголошення на Facebook. Відношення реакцій на пост складає: 109 користувачів в Instagram проти 560 в Facebook.

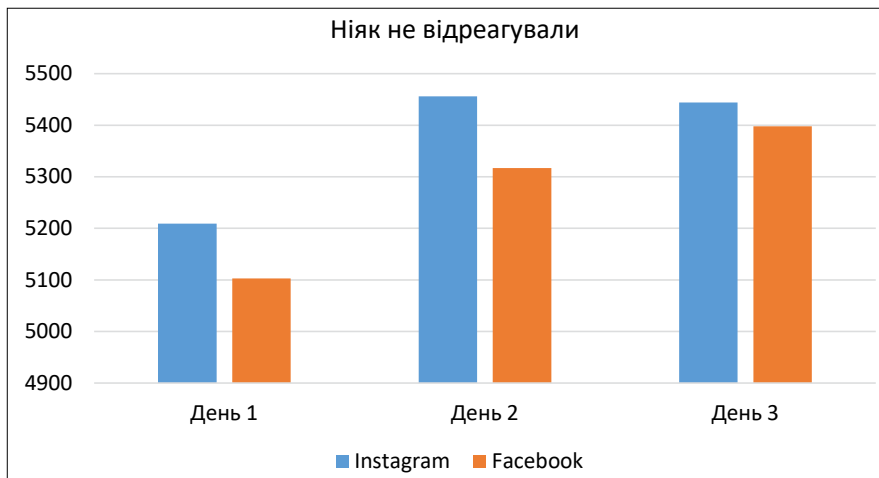


Рис. 3. Діаграма порівняння відсутності реагування користувачів на рекламне оголошення

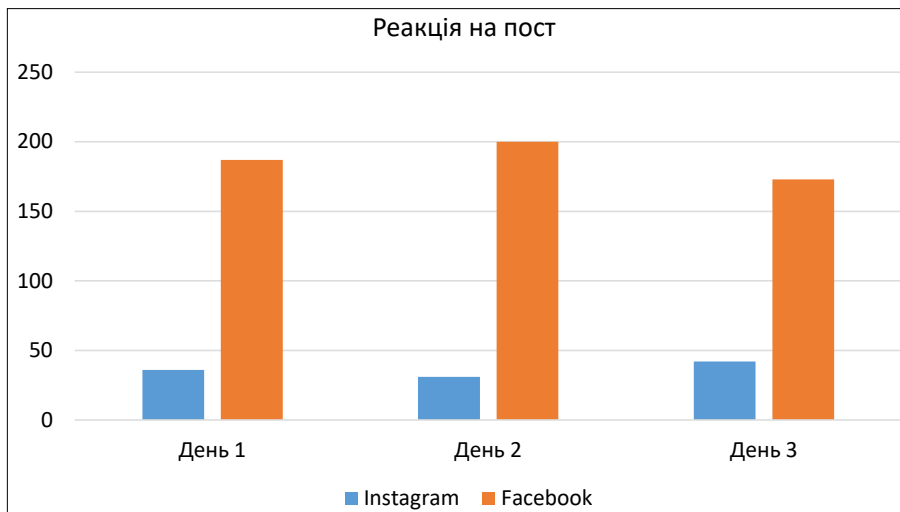


Рис. 4. Діаграма порівняння реакції користувачів на рекламне оголошення

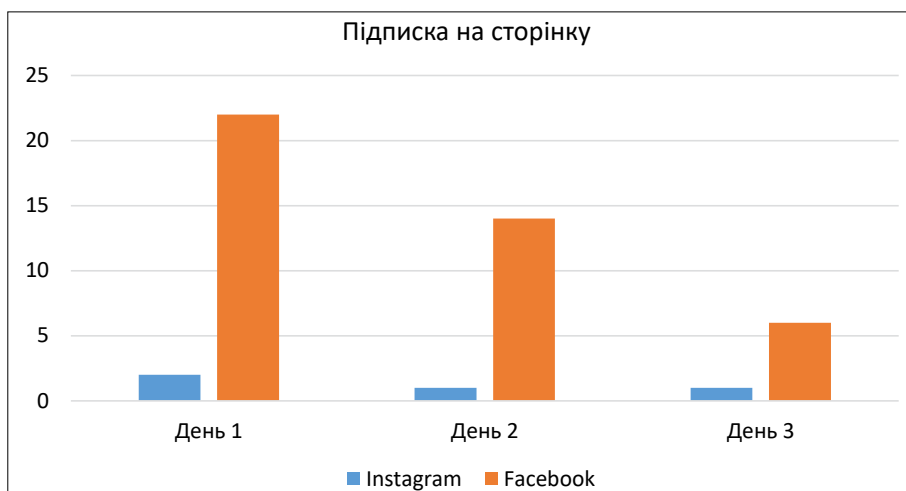


Рис. 5. Діаграма порівняння кількості підписників на сторінку

На основі аналізу третього графіка (рисунок 5) було встановлено, що кількість підписників, які проявили зацікавленість у сторінці магазину та хочуть слідкувати за оновленнями асортименту, значно вища у рекламному оголошенні на Facebook – 42 підписники, порівняно з лише 4 підписниками в Instagram.

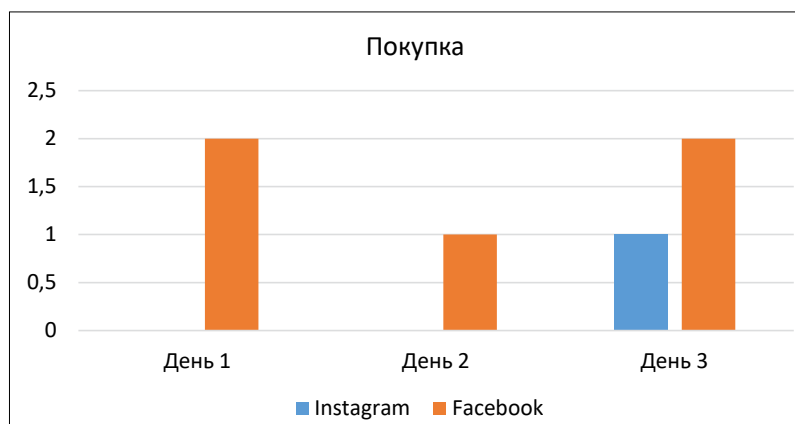


Рис. 6. Діаграма порівняння кількості зроблених замовлень у магазині впродовж рекламної кампанії

На підставі аналізу четвертого графіка (рисунок 6) було встановлено, що кількість покупок під час даної рекламної кампанії була невеликою, проте були отримані деякі результати. За результатами аналізу виявлено, що продажі у Facebook, які були здійснені за допомогою рекламної кампанії, більші, ніж в Instagram – Facebook: 5, Instagram: 1. Це підтверджує доцільність використання більш глибокого налаштування реклами.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. Таким чином, дослідження довело ефективність використання Instagram-магазинів як інструмента для досягнення успіху в бізнесі. Дослідження підтверджує, що магазини Instagram є ефективним способом збільшення продажів в електронній комерції, підвищення впізнаваності бренду та залучення нових клієнтів. Крім того, дослідження аналізує роль реклами в магазинах Instagram, майбутні перспективи та можливі покращення магазинів Instagram для бізнесу. З проведеного дослідження чітко видно, що магазини в Instagram можуть надати значні переваги компаніям, які прагнуть розширити свою присутність в Інтернеті та збільшити потенціал продажів.

Реклама є необхідною складовою успішного бізнесу, і це підтверджується результатами дослідження впливу реклами на магазин Instagram. Якщо говоримо про невеликий магазин, то він має потребу у рекламі для збільшення впізнаваності свого бренду та збільшення прибутку шляхом збільшення продажів.

Одним з ключових факторів є професійне налаштування рекламної кампанії через особистий кабінет Facebook Ads Manager, який дозволяє налаштувати таргетовану рекламу для певної аудиторії з врахуванням їх інтересів та цілей. Таким чином, можна забезпечити більш ефективну рекламну кампанію, що максимізує шанси на досягнення бажаного результату.

Аналіз потенційної аудиторії також є важливим кроком перед запуском рекламної кампанії. Важливо зрозуміти, яка аудиторія має інтереси та цілі, що відповідають можливостям та особливостям магазину, щоб залучити їх до процесу покупки. Навіть, якщо деякі рекламні кампанії не принесли бажаного результату, важливо аналізувати їх, щоб знайти причини, що не допомогли досягти мети. Це дозволить вдосконалити майбутні рекламні кампанії та як розвивати магазин в цілому.

Будь-який бізнес, що прагне досягти успіху в соціальних медіа, повинен дбайливо аналізувати результати своїх рекламних кампаній та вдосконалюватись на основі отриманих даних. Дослідження показало, що рекламна кампанія у Facebook була більш ефективною для нашого магазину, ніж та, що була розміщена в Instagram. Проте, це не означає, що реклама в Instagram не принесе жодних результатів, адже кожна соціальна мережа має свою власну аудиторію з різними інтересами та поведінкою.

Таким чином, важливо пам'ятати, що кожна рекламна кампанія повинна бути налаштована індивідуально з урахуванням особливостей аудиторії та мети кампанії. Для цього рекомендується використовувати особистий кабінет Facebook Ads Manager, який дозволяє налаштувати таргетовану рекламу та проводити аналіз результатів кампанії. Аналіз результатів допоможе виявити слабкі місця рекламної кампанії та вдосконалити її для досягнення максимальної ефективності.

Отже, дослідження демонструє, що для успіху в соціальних медіа, бізнес-власникам необхідно ретельно аналізувати та вдосконалювати свої рекламні кампанії, а також використовувати наявні інструменти, такі як Facebook Ads Manager, для досягнення максимального результату.

Результати опитування показали, що клієнти вважають сторінку магазину в Instagram простим у використанні та навігації, а також високо оцінили візуальне представлення продуктів. Статистика з Instagram сторінки надала цінну інформацію про вподобання та поведінку клієнтів, яка була використана для покращення стратегії маркетингу та продажів магазину. Під час співбесід з керівництвом магазину виявилось, що використання сторінки Instagram було успішним для приваблення нових клієнтів і підвищення впізнаваності бренду магазину. Дослідження останніх досліджень і публікацій підтвердило потенціал Instagram для бізнесу і підкреслило важливість використання отриманої інформації для розробки стратегій маркетингу та продажів.

Список використаних джерел:

1. Putri E., Education E. An impact of the use Instagram application towards students vocabulary. *Pustakailmu*. 2022. Issue 2 (2). P. 1–10.
2. Agung N. F. A., Darma G. S. Opportunities and challenges of Instagram algorithm in improving competitive advantage. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*. 2019. Issue 4 (1). P. 743–747.
3. Haenlein M., Anadol E., Farnsworth T., Hugo H., Hunichen J., Welte D. Navigating the New Era of Influencer Marketing: How to be Successful on Instagram, TikTok, & Co. *California management review*. 2020. Is. 63 (1). P. 5–25.
4. Vraga E. K., Kim S. C., Cook J., Bode L. Testing the effectiveness of correction placement and type on Instagram. *The International Journal of Press/Politics*. 2020. Is. 25 (4). P. 632–652.
5. Van Driel L., Dumitrica D. Selling brands while staying “Authentic”: The professionalization of Instagram influencers. *Convergence*. 2021. Is. 27 (1). P. 66–84.
6. Ellington M., Connelly J., Clayton P., Lorenzo C. Y., Collazo-Velazquez C., Trak-Fellermeier M. A., Palacios C. Use of Facebook, Instagram, and Twitter for recruiting healthy participants in nutrition-, physical activity-, or obesity-related studies: a systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2022. Is. 115 (2). P. 514–533.
7. Cotter K. Playing the visibility game: How digital influencers and algorithms negotiate influence on Instagram. *New media & society*. 2019. Is. 21 (4). P. 895–913.
8. Садило Н. М. Instagram як феномен сучасного бізнесу. *Соціально-гуманітарний вісник*. 2019. Випуск № 25. С. 187–193.
9. Кудіна А. В. Дієві інструменти просування fashion-брендів через соціальну мережу Instagram. *Маркетинг і цифрові технології*. 2020. Випуск № 4 (2). С. 61–71.

References:

1. Putri, E., & Education, E. (2022). An impact of the use Instagram application towards students vocabulary. *Pustakailmu. id*, 2 (2), 1–10.
2. Agung, N. F. A., & Darma, G. S. (2019). Opportunities and challenges of Instagram algorithm in improving competitive advantage. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 4 (1), 743–747.
3. Haenlein, M., Anadol, E., Farnsworth, T., Hugo, H., Hunichen, J., & Welte, D. (2020). Navigating the New Era of Influencer Marketing: How to be Successful on Instagram, TikTok, & Co. *California management review*, 63 (1), 5–25.
4. Vraga, E. K., Kim, S. C., Cook, J., & Bode, L. (2020). Testing the effectiveness of correction placement and type on Instagram. *The International Journal of Press/Politics*, 25 (4), 632–652.
5. Van Driel, L., & Dumitrica, D. (2021). Selling brands while staying “Authentic”: The professionalization of Instagram influencers. *Convergence*, 27 (1), 66–84.
6. Ellington, M., Connelly, J., Clayton, P., Lorenzo, C. Y., Collazo-Velazquez, C., Trak-Fellermeier, M. A., & Palacios, C. (2022). Use of Facebook, Instagram, and Twitter for recruiting healthy participants in nutrition-, physical activity- or obesity-related studies: a systematic review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 115 (2), 514–533.
7. Cotter, K. (2019). Playing the visibility game: How digital influencers and algorithms negotiate influence on Instagram. *New media & society*, 21 (4), 895–913.
8. Sadilo, N. M. (2019). Instagram yak fenomen suchasnogo biznesa. *Sotsial'no-gumanitarnyy vestnik*, (25), 187–193.
9. Kudina, A. V. (2020). Diievi instrumenty prosuvannia fashion-brendiv cherez sotsialnu merezhu Instagram [Effective tools for the promotion of fashion brands through the social network Instagram]. *Marketynh i tsyfrovi tekhnolohii*, 4 (2), 61–71.

Павлов В. Г., кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри обчислювальної техніки
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ORCID: 0000-0002-4299-0319

ЛЕКСИЧНА ЗГОРТКА ПРИ АНАЛІЗІ СХОЖОСТІ ТЕКСТІВ ПРОГРАМ

Стаття присвячена вирішенню проблеми захисту авторського права на тексти комп'ютерних програм. Хоча на законодавчому рівні вихідні та об'єктні коди комп'ютерних програм визнані такими, що підлягають захисту та на які розповсюджується авторське право, практична реалізація цього не є досконалою. Причина, полягає у тому, що історично спочатку постала проблема захисту авторства на літературні тексти, а потім цей підхід поширився й на тексти комп'ютерних програм. При цьому програмні коди розглядаються лише як різновид літературних текстів, тому для аналізу їх схожості пропонуються ті ж методики, які застосовуються до літературних текстів. Вони не враховують особливості текстів комп'ютерних програм, насамперед граматичні правила побудови програмних кодів. На відміну від граматики літературних текстів, синтаксис мов програмування побудований на більш жорстких правилах, які мають формалізований вигляд та описуються за допомогою метамов. Тому будь який оператор чи інструкція має у своєму складі стали вирази, які при компіляції комп'ютерної програми розглядаються як стандартні токени певної мови програмування. Їх назви та розташування не можуть бути довільними, а тому вони визначають як би лексичний каркас програми. Але під час створення програмного коду його автор має можливість вільно використовувати власні назви для певних складових комп'ютерної програми – назв змінних, міток, розроблених функцій тощо. Ці назви відносяться до користувацьких токенів та при компіляції не розглядаються як стали складові команд. Вони можуть бути легко замінені у вихідному коді без будь яких змін у послідовності стандартних токенів. Таке «клонування» програмного коду з боку недобросовісних користувачів часто залишається непомітним, бо програмні засоби для знаходження схожості текстів дають значно занижений результат, оскільки не розрізняють стандартні та користувацькі токени у текстах, які порівнюються. Той же невірний підхід до текстів комп'ютерних програм може також надати завищену оцінку при порівнянні через ті ж недоліки. Це доводиться на прикладах, які наведені у статті.

У статті запропонований підхід при якому у текстах комп'ютерних програм стандартні токени відокремлюються від користувацьких, внаслідок чого останні мають значно менший вплив на результат перевірки схожості текстів. Це перетворення, яке назване лексичною згортою, продемонстровано на прикладі основних конструкцій мови програмування C та фрагменту програмного коду. Цей підхід може бути поширений на інші мови програмування.

Ключові слова: авторське право, схожість програмного коду, лексична згортка, токен.

Pavlov V. G. Lexical convolution in analyzing the similarity of program texts

The article is devoted to solving the problem of copyright protection on texts of computer programs. Although at the legislative level, the source and object codes of computer programs are recognized as subject to protection and to copyright, the practical implementation of this is not perfect. The reason is that, historically, the problem of protecting authorship of literary texts arose first, and then this approach spread to the texts of computer programs. In this case, program codes are considered only as a kind of literary texts, therefore, for the analysis of their similarity, the same techniques are proposed that apply to literary texts. They do not take into account the peculiarities of the texts of computer programs, especially the grammatical rules for constructing program codes. Unlike the grammar of literary texts, the syntax of programming languages is built on stricter rules, which have a formalized form and are described using metalanguages. Therefore, any operator or instruction has in its composition the constant expressions, which, when compiling a computer program, are considered as standard tokens of a particular programming language. Their names and locations cannot be arbitrary, and therefore they define, as it were, the lexical skeleton of the program. But when creating program code, its author has the opportunity to freely use proper names for certain components of a computer program – variable names, labels, developed functions, etc. These names refer to user tokens and are not considered as permanent command components when compiled. They can be easily exchanged in the source code without any change in the sequence of standard tokens. Such “cloning” of program code by dishonest users often remains invisible, because software tools for finding the similarity of texts give a significantly underestimated result, since they do not distinguish between standard and user tokens in the texts being compared. The same wrong approach to the texts of computer programs can also provide an overestimation when compared due to the same disadvantages. This is proved by the examples given in the article.

The article proposes an approach in which standard tokens are separated from user tokens in the texts of computer programs. As a result, the latter have much less influence on the result of checking the similarity of texts. This transformation, which is called lexical convolution, is demonstrated on the instance of the basic constructions of the C programming language and a fragment of the software code. At the same time, it is possible to expand on the other program languages.

Key words: copyright, similarity of program code, lexical convolution, token.

Постановка проблеми. Впровадження інформаційних технологій майже у всі сфери людської діяльності потребує розробки величезної кількості комп'ютерних програм. У більшості країн світу розробка та використання комп'ютерних програм законодавче регулюється авторським правом, порушення якого відноситься до найбільш тяжких злочинів та суворо карається. Світова практика такого підходу втілюється у законодавстві України, де визначається, що охорона авторського права «поширюється на комп'ютерні програми, виражені у вихідному або об'єктному кодах, якщо вони є оригінальними» [1, стаття 20]. З цього випливає, що об'єктами захисту авторського права є як сирцеві програми, написані на мові програмування, так й їх скопійовані варіанти. Таким чином постає питання доведення факту порушення авторського права на тексти комп'ютерних програм шляхом виявлення їх схожості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні існує досить багато методик перевірки текстових документів, які добре відомі та знайшли втілення у багатьох алгоритмах та програмних продуктах. Наприклад, у оглядах [2–5], наданий опис таких відомих програмних продуктів, як Unichack, Strike-Plagiarism, Plagiarisma, Edu-Birde, Advengo Plagiatus, Content-watch, Copyscape, Copywritely, Etxt Antiplagiat, Like-Exactus, Quetext, Plag, Plagiarism Detector та ін. Але усі вони пропонуються для порівняння літературних текстових документів, а ніяк для текстів комп'ютерних програм.

Вони ґрунтуються або на пошуку входження одного рядку у інший (алгоритм Бойера – Мура у різних модифікаціях [6, с. 762–772], алгоритм Кнута – Морріса – Пратта [7, с. 323–350] та ін.), або на застосуванні блоків тексту у вигляді «шинглів» (shingles), що було запропоновано А. Бродером у 1997 році [8, с. 28]. Усі ці методи демонструють досить високу ефективність та широко застосовуються на практиці, але вони розглядають текст комп'ютерної програми як звичайний літературний текст. Такий підхід, на жаль, склався історично, бо літературні твори з'явилися в якості об'єкту авторського права значно раніше ніж комп'ютерні програми, тому на них автоматично були поширені ті ж методи доведення схожості, що й до звичайних текстів. Але, як доведено автором [9], цей підхід не може бути застосований безпосередньо до текстів комп'ютерних програм, оскільки синтаксичні правила їх побудови суттєво відрізняються від синтаксичних правил літературних текстів. Причина цього у відмінностях правил, за якими будуються граматики комп'ютерних мов програмування високого рівня, та граматики літературних мов. Тому якщо до текстів комп'ютерних програм застосовуються ті ж методики виявлення схожості, що й для звичайних текстів, то вони дають спотворені результати, оскільки не враховують специфіки побудови їх синтаксису.

Метою статті є застосування синтаксичних особливостей мов програмування на прикладі мови С та розгляд їх використання у визначенні схожості текстів програм. Для досягнення означеної мети вирішуються наступні завдання:

- аналіз особливостей синтаксису мов програмування;
- відтворення цих особливостей у вигляді лексичної згортки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Згадаємо, яка послідовність вивчення будь-якої мови спілкування:

- абетка мови, як певна сукупність знаків, що використовуються у даній мові;
- словник мови, як множина поєднань цих знаків у певні групи – слова;
- правила поєднання слів у речення та фрази – синтаксис мови.

У мов програмування перші два етапи схожі, а третій відрізняється тим, що опис правил відбувається за допомогою метамови, яка схожа на мову формул та визначає сувору послідовність складових у виразі команди. Метамова для опису мов програмування була запропонована Д. Бекусом та П. Науром та після декількох удосконалень знайшла своє втілення у стандарті [10], який є універсальним та застосовується при опису граматики більшості мов програмування. Ці мови відносяться до так званих формальних мов, через те, що будь яке відхилення від правил граматики вважається синтаксичною помилкою та підлягає виправленню. Тому кількість сполучень, які застосовуються у текстах комп'ютерних програм, завжди є обмеженою множиною, яка повинна бути розпізнана при компіляції цих програм.

Через це певні сполучення можуть багаторазово зустрічатися як у межах тексту однієї комп'ютерної програми, так й у текстах різних комп'ютерних програм. Якщо вважати повторення цих сполучень ознаками схожості текстів, то це буде невірно, бо ці повторення обумовлені особливостями побудови текстів комп'ютерних програм за певними алгоритмами, які реалізуються за допомогою певних команд даної мови. Тому, якщо ці команди будуються виключно зі сталих конструкції комп'ютерної мови, то вони, природно, будуть мати **однаковий текстовий зміст**, бо відхилення від послідовності цих конструкції за правилами граматики **неможливо**, бо будете розглядатися як синтаксична помилка.

Це – **перша** головна відмінність текстів комп'ютерних програм від звичайних літературних текстів, у яких кількість варіантів сполучень слів у реченнях може бути набагато більшою, тому їх повторення у текстах, які порівнюються, можна вважати ознакою схожості. Оскільки програми порівняння текстів не враховують цю особливість текстів комп'ютерних програм, вони будуть вважати «схожістю» кожен однакову послідовність або команду, яка міститься у текстах, що порівнюються. Через це оцінка схожості текстів, яка у більшості методик базується на підрахунку відсотка фрагментів текстів, що співпали, по відношенню до усього тексту, буде **завищеною**.

Наведемо приклад порівняння двох фрагментів текстів комп'ютерних програм, написаних на мові С. Цей вибір пояснюється тим, що дана мова програмування є базовою для багатьох інших мов програмування та містить багато схожих команд.

Нехай треба обчислити суму $S = \sum_{i=1}^{10} \frac{1}{i^2}$. У обох фрагментах для цього використовується цикл, у якому змінна

i послідовно змінюється від 1 до 10. Але у першому фрагменті для цього побудований цикл з передумовою:

```
i=1;
s=0;
while (i<=10)
{
    s=s+1/(i*i);
    i=i+1;
}
```

А у другому фрагменті обрахування виконується у циклі де умова після:

```
i=1;
s=0;
do
{
    s=s+1/(i*i);
    i=i+1;
}
```

```
while (i<=10);
```

З точки зору порівняння текстів, як комп'ютерних програм, обидва фрагменти не мають схожості, бо мають *різні конструкції* та використовують *різні за синтаксичною побудовою цикли*. Але якщо порівнювати їх як звичайні літературні тексти, то вони мають *однакові рядки*:

```
i=1;
s=0;
{
    s=s+1/(i*i);
    i=i+1;
}
while (i<=10);
```

Тому програмні засоби, які порівнюють ці фрагменти, як звичайний текст, надають результат від **46%** до **86%** схожості [9], що не відповідає дійсності.

З іншого боку у всіх мовах програмування присутні складові конструкції команд, які не є сталими. Ці складові позначають змінні, мітки, функції, які створив автор програмного коду та яким надав назви за власним розсудом. Граматика мов програмування лише надає певні обмеження, але в цілому ці назви є результатом суто власної фантазії автора програми. Якщо змінити лише назви змінних, але не змінювати жодної команди та їх послідовності, то програма по структурі та по синтаксичній побудові залишиться той же само, але з точки зору порівняння символів тексту, вона буде мати відмінності, які зафіксують програмні засоби, які розглядають текст, як літературний, тобто в цьому разі маємо **знижену** оцінку схожості.

В якості приклада наведемо функцію обрахування ступені числа:

```
power(base, n)
int base, n;
{
    int i, p;
    p = 1;
    for (i = 1; i <= n; ++i)
        p = p * base;
    return p;
}
```

У цьому фрагменті програмного коду застосовуються назви самої функції та змінних: *power, base, n, i, p*. Якщо їх змінити на інші, то це не вплине ні на послідовності команд, ні на структуру коду, тобто він залишиться незмінним, тобто має повну схожість з точки зору програмного коду. Але при порівнянні за допомогою різних програмних засобів порівняння літературних текстів цього фрагменту з іншим, де усього лише змінені назви змінних, а саме:

```
stupen(number, k)
int number, k;
```

```

{
int j, s;
s = 1;
for (j = 1; j <= k; ++j)
s = s * number;
return s;
}

```

отримані оцінки схожості набагато менше 100%:

0% – **Copyleaks** (<https://app.copyleaks.com/text-compare>);

50.72% – **Anytexteditor** (<https://anytexteditor.com/text-compare>);

87% – **Smodin** (<https://smodin.io/uk/>);

тобто знову результат порівняння буде **невірний**.

Таким чином, **друга** головна відмінність текстів комп'ютерних програм від звичайних літературних текстів у тому, що заміна назв змінних та функцій не є суттєвою для порівняння схожості текстів комп'ютерних програм, але у той же час вважається достатньою для виявлення відмінностей у разі, якщо тексти порівнюються як звичайні літературні. Якщо не враховувати цю особливість текстів комп'ютерних програм, то оцінка схожості у разі застосування по відношенню до них тих же методів, що і для літературних текстів буде **зниженою**.

Зазначимо, що через синтаксичні особливості мов програмування, жодний програмний продукт для порівняння літературних текстів на схожість не надає правдивої інформації при порівнянні текстів комп'ютерних програм, а тому програми порівняння текстів не підходять для програмних кодів.

У роботі [9] зазначено, що насамперед причина цього у тому, що у цих програмних засобах увесь текст при порівнянні розглядається однорідним, у той час, як при порівнянні текстів комп'ютерних програм повинні розрізнятися стандартні та користувацькі токени. Перші можуть зустрічатися у текстах комп'ютерних програм багаторазово, тому тільки їх наявність не може бути ознакою схожості. При цьому послідовність та взаємне розташування стандартних токенів може виступати, як така ознака. Схожість користувацьких токенів, навпаки, може бути суттєвою ознакою схожості текстів комп'ютерних програм. Тому спочатку у тексті сирцевої комп'ютерної програми повинні бути знайдені та позначені токени першого та другого типу, тобто виконана **лексична згортка**.

Розглянемо побудову цієї згортки на прикладі деяких конструкції мови C [11, с. 35–92].

Змінні. Для того, щоб при побудові згортки уникнути «прив'язки» до користувацьких токенів введемо для них позначення великою літерою “V”, за якою буде йти цифра, яка буде позначати тип змінної, а саме:

1 – змінна розміром 1 байт;

2 – змінна розміром 2 байти;

4 – змінна розміром 4 байти;

8 – змінна розміром 8 байтів.

Константи. У граматичній згортці буде позначатися великою літерою “K”, цифра за якою буде позначати тип константи:

1 – ціла число;

2 – число з дробовою частиною;

3 – символна константа;

4 – строкова константа;

5 – константа перерахування.

Декларація змінних. Позначає тип змінних перед їх використанням у програмі [11, с. 36–37]. При декларації використовуються наступні стандартні токени: **char**, **double**, **float**, **int**, **short**, **long**, **signed**, **unsigned**, **const** за якими за синтаксичними правилами йдуть назви змінних (користувацькі токени). Завершується будь-яка операція у мові C стандартним токеном «;». За підсумками згортання отримаємо:

Таблиця 1

Лексичне згортання операторів декларування змінних

Оригінальний оператор	Лексична згортка оператора
int alpha, beta, gamma;	int V1, V1, V1;
char lambda;	char V1;
float delta = 1.0e-5;	float V4 = K2;
int tetra = length+3;	int V1 = V1+K1;
const char row [] = “example”;	const char V1 [] = K4;

Арифметичні та логічні оператори (бінарні та унарні), оператори відношення, дужки [11, с. 41–42].

У наведених вище прикладах декларації змінних вже використовувалися деякі арифметичні оператори та дужки. Усі ці токени є стандартними, тому у виразах залишаються незмінними.

Інкрементні та декрементні оператори [11 с. 46]. Як префіксні, та й постфіксні варіанти цих операторів відносяться до множини стандартних токенів, тому залишаються незмінними, однак оскільки вони додаються до змінної, яка має ціле значення, то вона є користувацьким токеном. Тому, наприклад вирази **++n** та **k--** після виконання лексичного згортання будуть відповідно перетворені у **++V1** та **V1--**, якщо змінні **n** та **k** – однобайтні.

Конструкція IF-ELSE [11, с. 55]. Має синтаксичну побудову вигляду:

```
if (вираз)
    інструкція1
else
    інструкція2
```

Токени **if** та **else** відносяться до стандартних, а у складі виразу та інструкцій присутні як стандартні, так й користувацькі токени.

Конструкція ELSE-IF [11, с. 57]. Має вигляд:

```
if (вираз)
    інструкція1
else if (вираз)
    інструкція2
else if (вираз)
    інструкція3
    .
    .
    .
```

```
else
    інструкціяn
```

Її синтаксичний вигляд схожий з попередньою та є її розвитком, тому лексична згортка будується аналогічно попередній.

Перемикач [11, с. 58]. Синтаксичний вигляд наступний:

```
switch (вираз) {
    case константа або вираз: інструкції
    case константа або вираз: інструкції
    .
    .
    .
    default: інструкції
}
```

У цій конструкції присутні стандартні токени **switch**, **case**, **default**, **{**, **}**. Константа є користувацьким токеном, а у складі виразів та інструкцій можуть бути присутні токени обох типів.

Цикли WHILE та FOR [11, с. 60]. Мають відповідні синтаксичні конструкції:

```
while (вираз)
    інструкція
та
for (вираз1; вираз2; вираз3)
    інструкція
```

У цих конструкціях присутні стандартні токени **while** та **for**. У складі виразів та інструкцій можуть бути присутні, як стандартні, так й користувацькі токени.

Цикл DO-WHILE [11, с. 63]. Має схожу конструкцію з попереднім:

```
do
    інструкція
while (вираз);
```

У складі присутні стандартні токени **do** та **for**, а у складі інструкції та виразу токени обох типів.

Зазначимо, що всі конструкції циклів, а також перемикача можуть бути доповнені операторами **break** та **continue** [11, с. 64 – 65], які є стандартними токенами. Також у випадку, коли у складі конструкцій з умовами або циклів замість однієї інструкції використовуються декілька, вони обмежуються операторними дужками **{...}**, які також є стандартними токенами.

Мітки. Мітки позначають певні місця у програмі та мають назву, схожу на назви змінних, за якою йде двокрапка [11, с. 66]. Назва мітки відноситься до користувацьких токенів, тому введемо для них позначення великою літерою L. Двокрапка залишиться незмінною, бо вона – стандартний токен. Для пересування до певної мітки використовується команда **goto** за якою вказується назва мітки. Команда відноситься до стандартних токенів, а мітка – до користувацьких.

Розглянуті оператори та конструкції складають лише підмножину усіх можливих сполучень у мові C, але цього цілком достатньо, щоб продемонструвати на прикладі процес побудови лексичної згортки.

Нехай маємо наступний фрагмент програми на мові C, у якої рахується число Фібоначчі за номером N:

```

int Fun(int N) {
    int A = 1;
    int B = 1;
    int C = 0;
    if (N <= 2)
        return 1;
    else
    {
        for (int J = 3; J <= N; J++)
        {
            C = A + B;
            A = B;
            B = A;
        }
    }
    return A;
}

```

У цьому фрагменті присутні цілі змінні **A, B, C, N, J** та назва функції **Fun**. Усі вони належать до користувачьких токенів, а саме **V1**. Також присутні константи у вигляді цілих чисел – користувачькі токени **K1**. Решта – стандартні токени мови C. Лексична згортка цього фрагменту має вигляд:

```

int V1(int V1) {
    int V1 = K1;
    int V1 = K1;
    int V1 = K1;
    if (V1 <= K1)
        return K1;
    else
    {
        for (int V1 = K1; V1 <= V1; V1++)
        {
            V1 = V1 + V1;
            V1 = V1;
            V1 = V1;
        }
    }
    return V1;
}

```

Зазначимо, що цю згортку можна надати у вигляді рядка, оскільки у даному разі зберігається послідовність та відносне розташування токенів.

```

int V1(int V1) { int V1 = K1; int V1 = K1; int V1 = K1; if (V1 <= K1) return K1; else {for (int V1 = K1; V1 <= V1; V1++) {V1 = V1 + V1; V1 = V1; V1 = V1; }} return V1; }

```

У такому вигляді він більш компактний для розгляду, хоча як текст він абсолютно тотожний. Тому, якщо другий текст, схожість з яким перевіряється, також буде приведений до своєї лексичної згортки, то їх порівняння зводиться до тривіальної задачі, а саме пошуку входження одного фрагменту у інший. Тобто, якщо буде використана саме така послідовність операторів мови програмування, то схожість буде знайдена, навіть якщо назви змінних будуть іншими. Звичайно, для прикладу вибраний короткий фрагмент коду, де лише демонструються принципи лексичної згортки. Якщо фрагмент буде довшим, то алгоритм порівняння буде більш складним, але це буде розглянуто окремо у майбутньому дослідженні.

Висновки. Аналіз підходів до оцінювання схожості текстів комп'ютерних програм та результати експериментальних досліджень дають підстави для наступних висновків:

Усі програмні засоби для аналізу схожості текстів демонструють спотворений результат, оскільки призначені для порівняння літературних текстів та не враховують синтаксичних особливостей текстів комп'ютерних програм.

Запропонована методика отримання лексичної згортки текстів комп'ютерних програм, з якої штучно прибираються користувачькі токени, але залишаються стандартні токени.

Продемонстровано формування лексичної згортки на прикладі основних конструкцій мови програмування C та фрагменту програмного коду. Цей підхід може бути поширений на інші мови програмування.

Список використаних джерел:

1. Про авторське право і суміжні права: Закон України від 23.12.93 № 3793-XII. *Відомості Верховної Ради України*, 1994. № 13. Ст. 64. Дата оновлення: 20.03.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2811-20#n855> (дата звернення 15.04.2023).
2. Онлайн-платформи та програми для перевірки тексту на плагіат. URL: <https://osvita.ua/vnz/76907/> (дата звернення 17.04.2023).
3. Антиплагіатні системи, перевірка на плагіат. URL: http://library.chnu.edu.ua/index.php?page=ua/07services/06acad_int/02anti_plag_sys (дата звернення 17.04.2023).
4. 6 сервісів перевірки унікальності для українських копірайтерів. URL: <https://wordfactory.ua/plagiarism-checker/> (дата звернення 17.04.2023).
5. Інструменти перевірки текстів на плагіат. URL: https://lib.zsmu.edu.ua/p_82.html (дата звернення 17.04.2023).
6. Boyer R. S., Moore J. S. A fast string searching algorithm. *Communication of the ACM*. 1977. V. 20. № 10. P. 762–772.
7. Knuth D. E., Morris J. H., Jr., Pratt V. R. Fast pattern matching in strings. *SIAM Journal on Computing*. 1977. V. 6. № 2. P. 323–350. DOI: <https://doi.org/10.1137/0206024>.
8. Broder A. Z. On the resemblance and containment of documents. *Proceedings. Compression and Complexity of SEQUENCES 1997 (Salerno, Italy 13-13 June 1997)*. IEEE Computer Society, 1998. P. 21–29. DOI: <https://doi.org/10.1109/SEQUEN.1997.666900>.
9. Павлов В. Г. Контекстний підхід у аналізі схожості текстів програм. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2023. Том 34 (73). № 2.
10. ISO/IEC 14977:1996 Information technology – Syntactic metalanguage – Extended BNF, New York : American National Standards Institute, 1996. 10 p.
11. Kernighan B. W., Ritchie D.M. *The C Programming Language / Copyright 1978, Second Edition*, Ney Jersey, Prentice-Hall, 1988. 272 p.

References:

1. Pro avtorske pravo i sumizhni prava [On copyright and related rights] (Law of Ukraine) № 3793-XII. (1993). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2811-20#n855>.
2. Onlain-platformy ta prohramy dlia perevirky tekstu na plahiat [Online platforms and programs for checking text for plagiarism]. URL: <https://osvita.ua/vnz/76907/>.
3. Antyplahiatni systemy, perevirka na plahiat [Anti-plagiarism systems, plagiarism check]. URL: http://library.chnu.edu.ua/index.php?page=ua/07services/06acad_int/02anti_plag_sys.
4. 6 servisiv perevirky unikalnosti dlia ukrainskykh kopiraiteriv [6 uniqueness verification services for Ukrainian copywriters]. URL: <https://wordfactory.ua/plagiarism-checker/>.
5. Instrumenty perevirky tekstiv na plahiat [Tools for checking texts for plagiarism]. URL: https://lib.zsmu.edu.ua/p_82.html.
6. Boyer R. S., Moore J. S. (1977). A fast string searching algorithm. *Communication of the ACM*, (V. 20. No 10), P. 762–772.
7. Knuth D. E., Morris J. H., Jr., Pratt V. R. (1977). Fast pattern matching in strings. *SIAM Journal on Computing*, (V. 6. No 2), P. 323–350. <https://doi.org/10.1137/0206024>.
8. Broder A. Z. (1997). On the resemblance and containment of documents. *Proceedings. Compression and Complexity of SEQUENCES 1997*. 13–13 June 1997, Salerno, Italy. IEEE Computer Society, 1998. P. 21–29. DOI: <https://doi.org/10.1109/SEQUEN.1997.666900>.
9. Pavlov V. G. (2023). Kontekstnyi pidkhid u analizi skhozhosti tekstiv proham [Contextual approach in analyzing the similarity of program codes]. *Scientific Notes of Taurida V.I. Vernadsky University. Series: Technical sciences*. (Volume 34 (73) No 2).
10. *Syntactic metalanguage – Extended BNF: ISO/IEC 14977:1996 Information technology* (1996), New York: American National Standards Institute.
11. Kernighan B. W., Ritchie D.M. (1988). *The C Programming Language*. (272 p.) Ney Jersey: Prentice-Hall.

КІБЕРБЕЗПЕКА ТА ЗАХИСТ ІНФОРМАЦІЇ

УДК 004.056.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.8>

Тарасенко Ю. С., кандидат фізико-математичних наук,
доцент, доцент кафедри кібербезпеки
та інформаційних технологій
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0002-4226-5707

НІВЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ВРАЗЛИВОСТІ ІНФОРМАЦІЇ З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ

У статті представлено огляд досліджень, присвячених ухваленню рішень з позицій ризик-інформаційної безпеки сукупності об'єктів критичної інфраструктури. На даний час, що характеризується неминучістю наступаючих гарячих фаз інформаційних війн, аспекти безпеки проявляються в усіх сферах соціуму: від побутових до науково-виробничих, де домінуючою прийнято вважати безпеку держави, суспільства, людини. У такому контексті значимість оцінювання стану безпеки будь-яких сучасних об'єктів, перш за все критично важливих об'єктів з їх інформаційними інфраструктурами, забезпеченням повноти та достовірності інформації у задіяних комп'ютерних мережах з засобами обчислювальної техніки, завжди актуальна і необхідна. Загрози інформаційним ресурсам необхідно розглядати як потенційно можливі випадки антропогенного, техногенного або природного (стихійного) характеру, що можуть спричинити небажаний вплив на інформаційно-телекомунікаційну систему. Проведено аналіз потенційних джерел електромагнітної вразливості інформації, оброблюваної засобами обчислювальної техніки. Деталізовано потенційні варіанти витоку інформації за рахунок небажаних електромагнітних впливів (випромінювань і наведень) типу паразитних електромагнітних випромінювань та наведень. Розглянуто перспективні захисні заходи щодо нівелювання таких впливів у вигляді створення режиму безеховості та додаткового екранування, які забезпечують мінімізацію негативних наслідків на достовірність, цілісність і конфіденційність інформації, оброблюваної засобами обчислювальної техніки. Запропоновано технологію оцінки паразитних випромінювань за межами контрольованої зони об'єкта засобами обчислювальної техніки як для випадку мобільної (за допомогою дронів) її реалізації, так і для стаціонарних варіантів використання контрольно-вимірювальної апаратури з автоматичною індикацією сигналу тривоги про перевищення допустимого рівня витоку паразитних електромагнітних випромінювань. У частині, що стосується витоку інформації технічними каналами об'єкта інформатизації, можна значно нівелювати електромагнітні вразливості службової інформації, що виникають під час роботи засобів обчислювальної техніки, реалізуючи відповідні заходи протидії щодо недостатнього екранування, побічних електромагнітних випромінювань та наведень, та несанкціонованого використання у засобах обчислювальної техніки високочастотного опромінення.

Ключові слова: ризик, об'єкт критичної інфраструктури, ризик-інформаційна безпека, дрон, електромагнітна вразливість.

Tarasenko Yu. S. Mitigating the electromagnetic vulnerability of restricted information

The article presents a review of research on decision-making from the perspective of risk-information security of a set of critical infrastructure facilities. At present, characterized by the inevitability of the coming hot phases of information wars, security aspects manifest themselves in all spheres of society: from domestic to scientific and industrial, where the security of the state, society and the individual is considered dominant. In this context, the importance of assessing the security of any modern facilities, primarily critical facilities with their information infrastructures, ensuring the completeness and reliability of the information in the involved computer networks with computer facilities, is always relevant and necessary. Threats to information resources should be seen as potentially possible cases of man-made, man-made or natural (natural) nature, which may cause undesirable effects on the information and telecommunications industry. The analysis of potential sources of electromagnetic vulnerability of information, processed by computer facilities, is performed. Potential variants of information leakage due to undesirable electromagnetic influence (radiation and pickups) of parasitic electromagnetic emission and pickups type are detailed. Perspective protective actions on leveling such influences in the form of creation of a mode of anechoic stability and additional shielding which provide minimization of negative consequences on reliability, integrity and confidentiality of the information, processed by means of computer techniques are considered. The technology of a parasitic radiation assessment outside the controlled area of the object by computer aids is offered both for mobile (by means of drones) its realization and for stationary variants of control and measuring apparatus usage with automatic indication of alarm signal about exceeding of acceptable level of a parasitic electromagnetic radiation leakage. In the part relating to information leakage through technical

channels of the object of informatization, it is possible to considerably level the electromagnetic vulnerability of service informatization, occurring during operation of computer facilities, by implementing appropriate countermeasures against insufficient shielding, incidental electromagnetic radiation and induction, and unauthorized use in computer facilities of high-frequency irradiation.

Key words: risk, critical infrastructure facility, risk and information security, drone, electromagnetic vulnerability.

Вступ і постановка проблеми. На даний час, що характеризується неминучістю наступаючих гарячих фаз інформаційних війн, аспекти безпеки проявляються в усіх сферах соціуму: від побутових до науково-виробничих, де домінуючою прийнято вважати безпеку держави, суспільства, людини. У такому контексті значимість оцінювання стану безпеки будь-яких сучасних об'єктів, перш за все критично важливих (КВО) з їх інформаційними інфраструктурами (ІІ), забезпеченням повноти та достовірності інформації у задіяних комп'ютерних мережах з засобами обчислювальної техніки (ЗОТ), завжди актуальна і необхідна, що вагомо підтверджується прийняттям Закону України [1]. Причому «віднесення об'єктів до критичної інфраструктури здійснюється за сукупністю критеріїв, що визначають їх соціальну, політичну, економічну, екологічну значущість для забезпечення оборони країни, безпеки громадян, суспільства, держави і правопорядку, зокрема для реалізації життєво важливих функцій та надання життєво важливих послуг, свідчать про існування загроз для них, можливість виникнення кризових ситуацій через несанкціоноване втручання в їх функціонування, припинення функціонування, людський фактор чи природні лиха, тривалість робіт для усунення таких наслідків до повного відновлення штатного режиму» [1, ст. 8, п. 2]. Тому, загрози інформаційним ресурсам необхідно розглядати як потенційно можливі випадки антропогенного, техногенного або природного (стихійного) характеру, що можуть спричинити небажаний вплив на інформаційно-телекомунікаційну систему (ІТС), а також на інформацію, яка зберігається в ній [2]. Виникнення загрози, тобто віднаходження джерела актуалізації певних подій у загрози, характеризується таким елементом, як вразливість. Вразливість зазвичай розуміється як слабкий момент інформаційної системи (ІС), на основі якої можлива успішна реалізація загрози. Зі свого боку, загроза – це потенційно можлива подія, дія, явище чи процес які можуть завдати шкоди системному ресурсу [3]. Саме за наявності вразливості, як певної характеристики системи, відбувається активізація базових (найбільш поширених) загроз безпеці інформації: доступності (розкриття інформаційних ресурсів та несанкціонованого доступу до них); цілісності (умисний антропогенний вплив); конфіденційності (викрадення, утрата інформації та засобів її обробки).

Загрози доступності і цілісності інформації пов'язані з неправомірним впливом на неї у вигляді факторів (явищ, дій або процесу), результатом яких можуть бути несанкціоноване знищення, модифікація (спотворення або підміна) або блокування доступу до інформації. Загрози конфіденційності інформації реалізуються за допомогою витoku інформації у вигляді неконтрольованого поширення підзахисної інформації, у результаті чого можливим є несанкціонований до неї доступ і її розголошення зацікавленим суб'єктам, у тому числі державам, іноземним розвідкам, юридичним і фізичним особам. Реалізація таких загроз забезпечується технічними (апаратними) засобами виявлення, прийому (перехвату), реєстрації та обробки інформаційних сигналів і є найбільш відмінною рисою будь-якої технічної розвідки (ТР) об'єктів інформатизації (ОІ). Під ОІ прийнято розуміти сукупність інформаційних ресурсів, засобів і систем обробки інформації у відповідності до заданої інформаційної технології, включаючи будівлі, споруди, приміщення і технічні засоби, у яких ці засоби та системи встановлені. При цьому об'єкти інформатизації, на яких обробка інформації здійснюється з використанням засобів обчислювальної техніки (ЗОТ), називають об'єктами ЗОТ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В 2003 році було озвучено «Архітектуру безпеки для систем, що забезпечують зв'язок між кінцевими пристроями», фактично вперше було визначено методологію організації інформаційної безпеки телекомунікаційних систем [4]. Зі створення цифрових мереж інтегрального обслуговування і технології асинхронного методу передачі (АТМ – Asynchronous Transfer Mode) почалася реалізація транспортного механізму для передачі усіх видів інформації з QoS (Quality of Service). Їх представлення у єдиному цифровому форматі з виділенням потрібних ресурсів мережі, які гарантують QoS перед початком передачі інформації користувача, є обов'язковими компонентами технологій IP/MPLS (Internet Protocol / Multiprotocol Label Switching – мультипротокольна комутація за мітками) і АТМ. Дана архітектура безпеки з гарантованою якістю обслуговування QoS передбачувала розподілення усіх ресурсів телекомунікаційних систем (канали зв'язку, програмно-апаратні комплекси, додатки і т.д.) на незалежні модулі захисту інформації. При цьому кожен модуль повинен задовольняти задекларованим параметрам інформаційної безпеки.

На жаль, будь-яка, навіть гіпотетично наднадійна, система захисту інформації від навмисних або випадкових впливів природного або штучного походження не здатна повністю забезпечити режим безпечного функціонування як суб'єктів генерування інформації, так і її підтримуючої інфраструктури. Очевидно, що доцільно попереджувати, ніж отримувати наслідки інформаційного протистояння в сфері досягнення односторонніх переваг зловмисником при отриманні, зборі, обробці та використанні інформації обмеженого доступу. Тому, серед більшого різноманіття демаскуючих ознак вразливості інформації, насамперед

доцільно розглядати можливості нівелювання різноманітних електричних і електромагнітних витоків, які можна вважати особливо шкідливими. Їх реалізація можлива на будь-якому підприємстві, що використовує комп'ютери, сервісні стійки, мережі. При цьому основними причинами виникнення електричних каналів витоку інформації є наведення інформативних сигналів, під якими розуміють струми і напруги в струмопровідних елементах, що викликають інформативні та не інформативні побічні (паразитні) електромагнітні випромінювання (ПЕМІ), що призводять до додаткових ємнісних і індукцій. паразитних електромагнітних випромінювань та наведень (ПЕМІН).

Результати дослідження. Як правило, базовим джерелом інформаційного сигналу є засоби обчислювальної техніки, яким властива побічна генерація паразитних електричних і електромагнітних випромінювань і наведень у вигляді ПЕМІ та ПЕМІН. Використовуючи ці супутні фізичні явища, можна засобами ТР вилучати будь-яку інформацію обмеженого доступу, яка оброблюється ЗОТ. Даний процес прийнято називати витоком інформації. Для такої інформації найбільш значимими (актуальними) є наступні форми витоків: 1) розголошення інформації, тобто передача носія інформації сторонній особі (навмисне) або обробка інформації на ЗОТ у присутності сторонньої особи (ненавмисне); 2) несанкціонований доступ (НСД) до інформації, наприклад шляхом: розкриття системного блоку ЗОТ і вилучення HDD диску для копіювання (фізичний); скиду встановлених параметрів BIOS та зміною пріоритету послідовності завантаження носія з наступним завантаженням альтернативної операційної системи і копіюванням цікавої інформації на flash-накопичувач (програмно-апаратний); впровадження в ЗОТ шкідливих програм для здійснення НСД до інформації або її копіювання (програмний); 3) викрадення носіїв інформації; 4) розповсюдження (витік) інформації по технічним каналам приміщень або об'єктів (будівель, споруд, технічних засобів), в яких ці засоби і системи обчислювальної техніки встановлені. При цьому під технічним каналом витоку інформації (ТКВІ) розуміють сукупність об'єкту розвідки, технічного засобу розвідки (ТЗР), за допомогою якого добувається інформація про цей об'єкт, і фізичного середовища, у якій розповсюджується інформаційний сигнал. По суті, під ТКВІ розуміють спосіб отримання з допомогою ТЗР розвідувальної інформації про об'єкт. Причому під розвідувальною інформацією зазвичай розуміють дані чи сукупність даних про об'єкти розвідки незалежно від форми їх представлення.

У залежності від природи виникнення інформативного сигналу технічні канали витоку інформації можна розділити на натуральні та спеціально створювані.

Натуральні канали витоку інформації створюються: 1) за рахунок побічних електромагнітних випромінювань, що виникають при обробці інформації ЗОТ (що і прийнято називати електромагнітними каналами витоку інформації – ЕМКВІ). Основними причинами їх виникнення є: – побічні електромагнітні випромінювання, що виникають внаслідок протікання інформативних сигналів по елементах технічних засобів і систем, які безпосередньо оброблюють інформацію обмеженого доступу (ТСОІ); – модуляція інформативним сигналом побічних електромагнітних випромінювань височастотних генераторів ТСОІ; – модуляція інформативним сигналом паразитного електромагнітного випромінювання ТСОІ (наприклад, яке виникає внаслідок самозбудження підсилювачів низької частоти); 2) внаслідок наведень інформативних сигналів у лініях електроживлення і заземлення ЗОТ, з'єднувальних лініях допоміжних технічних засобів і систем (ДТСС) і сторонніх провідниках у вигляді металічних труб систем опалення, водопостачання, будь-яких металоконструкцій і т.д., що і прийнято називати електричними каналами витоку інформації (ЕКВІ).

До спеціально створюваних каналів витоку інформації відносять канали, реалізовані шляхом впровадження в ЗОТ електронних закладних пристроїв перехоплення інформації або шляхом височастотного опромінення засобів обчислювальної техніки.

З позицій кібербезпеки ІТ-інфраструктури прийнято аналізувати інформаційну безпеку з використанням двох способів: аудиту системи або проведення тестів на проникнення (penetration test, pentest) [5,6]. Ці тести на проникнення або пентести реалізують метод оцінки безпеки комп'ютерних систем або мереж засобами моделювання атаки зловмисника. З позицій кібербезпеки об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ) нівелювання таких загроз за своєю сутністю мають багатогранну сферу діяльності, включаючи и багатоликий арсенал технічних засобів розвідок. Основна їх відмінність від легальної розвідки, яка добуває інформацію при різноманітних офіційних зв'язках і контактах із засобів масової інформації, пов'язана з використовуваною спецапаратурою і способами ведення розвідки. Зазвичай к ТСР відносять такі види розвідок: радіоелектронні, гідроакустичні, акустичні, оптико-електронні, візуально-оптичні, хімічні, радіаційні, сейсмічні, магнітометричні, комп'ютерні, фотографічні та їх різновиди. Зокрема, радіоелектронна розвідка (РЕР) дозволяє отримувати інформацію шляхом прийому та аналізу електромагнітного випромінювання (ЕМВ) радіодіапазону, створеного різноманітними радіоелектронними засобами.

Безперечно всі ці ТСР направлені також и на об'єкти інформаційної безпеки, що об'єднують інформаційні ресурси, канали інформаційного обміну та телекомунікації, механізми забезпечення функціонування телекомунікаційних систем і мереж та інші елементи інформаційної інфраструктури [7].

Для протидії загрозам інформаційній безпеці (ІБ), зниження ризиків ІБ, результативної обробки інцидентів ІБ і ефективної боротьби з методами будь-яких розвідок необхідно забезпечувати, і протягом

тривалого часу, зберігати штатний рівень ІБ у вигляді стабільного стану захищеності інформації у відповідності з позиціями законодавчої реалізації сукупності її властивостей: доступності, цілісності, достовірності, конфіденційності, автентичності і т.д.

Інформативні ПЕМІ, як небажані електромагнітні випромінювання, призводять до витоку інформації, що обробляється. Неінформативні ПЕМІ дозволяють одержати лише уявлення про режим роботи ЗОТ, але не розкривають характер інформації, оброблюваної на цих ЗОТ. Тому з погляду захисту інформації безпеку створюють лише інформативні ПЕМІ, що представляє є високочастотну несучу, модульовану інформацією оброблюваної засобами обчислювальної техніки. Вони виникають за різних режимів обробки інформації засобами обчислювальної техніки. Зокрема, при: виведенні інформації на монітор; введення даних із клавіатури; запису/читанні інформації на/з накопичувачів; передачі даних в канали зв'язку та на друковані пристрої тощо. Залежно від режиму роботи і типу ЗОТ виникають свої ознаки, що демаскують, включаючи і характерні амплітудно-частотні особливості ПЕМІ, частотний діапазон яких може становити від сотень Гц до десятків ГГц. При цьому навколишній простір, в межах якого можливий перехоплення побічних електромагнітних випромінювань і подальше відновлення інформації, що міститься в них, залежить від інтенсивності ПЕМІ і чутливості приймальної апаратури ТСР.

Відносно ПЕМІН необхідно акцентувати увагу на тому, що вони проявляються як результат електромагнітного наведення інформативних сигналів від ЗОТ, що викликані побічними електромагнітними випромінюваннями у вигляді індукованих струмів і напруг в струмопровідних елементах з ємкісними та індуктивними зв'язками. Такі електромагнітні наведення можуть призводити до витоку інформації по струмопровідним комунікаціям, що мають вихід за межі безпечної (контрольованої) зони. При цьому виявлення інформативних сигналів з інженерних комунікацій ТСР ПЕМІН залежить від відстані між джерелом випромінювання, типу електроживлення, якості заземлення ЗОТ, характеристик антени, що приймає (зондує), рівня супутніх пасивних шумів і активних перешкод, а також і інших факторів.

Залежно від фізичних причин виникнення ПЕМІ та ПЕМІН за рахунок ЗОТ використовують різні методи (принципи) їх реалізації або нівелювання. До активних способів такого впливу (наприклад, перехоплення) інформації, що обробляється ЗОТ, відносять технічні канали витоку інформації (ТКВІ) з високочастотним опроміненням ЗОТ та встановленням у ЗОТ спеціальних закладних пристроїв.

У першому випадку, наприклад, для їх нівелювання, на ЗОТ впливають потужним високочастотним сигналом, бажано реалізованому в режимі свіпуння, завдяки чому перебивається (активно зашумлюється) вторинне випромінювання у вигляді ПЕМІ та ПЕМІН, априорі промодульовані інформативним сигналом. Таким чином, порушується можливий несанкціонований відбір інформації.

У другому випадку для перехоплення інформації, що обробляється ЗОТ, встановлюють у них спеціальні заставні пристрої, що забезпечують або витік інформації, або блокування, або порушення цілісності інформації. Класифікацію таких закладних пристроїв можна проводити за багатьма ознаками, у тому числі: – за способом передачі інформації (по радіо або оптичному каналу, по мережі електроживлення, використання цифрових накопичувачів типу flash-пам'яті і т.д.); – за засобом передачі інформації (типу ІЧ-порту або пристроїв типу Wi-Fi, Bluetooth, WiMAX і т.д.); – за місцем установки (у корпусі системного блоку, або монітора, або клавіатури, або принтера тощо); – за видом перехоплюваної інформації (з клавіатури, з принтера, з відеозображення монітора, використовуючи апаратні кейлогери – keylogger hardware, каналами зв'язку при запису на жорсткий диск комп'ютера (HDD) або зовнішні накопичувачі типу flash-пам'яті, CD, DVD, USB, апаратні кейлогери з передачею інформації з радіоканалу); – за типом джерела живлення, способами накопичення та кодування, за видом виконання та способом управління передавачем.

Закладні пристрої складаються з електронних блоків перехоплення/передачі інформації (або модуля запису інформації), радіотехнічного блоку дистанційного управління і електричного блоку живлення. Очевидно, що виявлення таких блоків та захист від їх шкідливих впливів потребують серйозних, і не лише технічних засобів інформаційної безпеки. До найперспективніших захисних заходів щодо нівелювання таких впливів слід вважати методи з використанням безеховості, екранування та технологію нелінійної радіолокації, в основі якої використовують нелінійні властивості напівпровідників, наявні у складі будь-яких радіоелектронних закладок [8].

У першому випадку режим безеховості реалізують, наприклад, за допомогою безехових камер (БЕК), які, крім того, здатні конструктивно забезпечувати будь-який заданий рівень екранування [8; 9]. В основі створення режиму безеховості лежить принцип поглинання електромагнітного сигналу від будь-якої перешкоди на шляху розповсюдження акустичної або електромагнітної хвилі. Під перешкодою прийнято розуміти будь-яку неоднорідність параметрів середовища, в якій поширюється хвиля. Для електромагнітних хвиль – це будь-яка зміна діелектричної та/або магнітної комплексних проникностей середовища, яка оцінюється як неоднорідність. Основними факторами, що визначають якість БЕК, є їх розміри й форма, а також якість застосованого радіопоглинаючого матеріалу. Очевидно, що чим менше значення паразитних розсіяних полів, тем менший коефіцієнт безеховості (КБЕ) й тим краща якість БЕК. При цьому робочий об'єм БЕК, як область простору БЕК з априорі заданим КБЕ, (який прийнято також називати безеховою зоною), варто використовувати для ЗОТ. В такому випадку забезпечується додаткова екранування джерел паразитних

електромагнітних випромінень и наведень від ЗОТ у вигляді потенційно можливих ПЕМІ та ПЕМІН, що не виходять за кордони контрольованої зони об'єкту інформатизації. Крім того реалізується можливість оцінки рівня достовірності контрольних (експертних) вимірювань через апостеріорне їх підтвердження або опротестування, так необхідних при аналізі штатної працездатності ЗОТ. Хоча залишковий вибір рішення по використанню задіяної контрольовано-вимірювальної апаратури може бути оцінений тільки після її експериментальної апробації.

З появою ближньої, а в подальшому й нелінійної радіолокації з'явилася можливість вирішувати, крім радіолокаційних, цілий ряд інших прикладних задач, наприклад, задач діагностичного й дефектоскопічного характеру, криміналістики та боротьби з тероризмом [10-12, с.16]. З огляду на це виявлення прихованих закладних пристроїв в ЗОТ, як об'єктів штучного походження, які перебувають в умовах взаємодії з контрольовано-вимірювальною радіоапаратурою які використовують ефекти нелінійного розсіювання електромагнітних хвиль (ЕМХ), випромінюваних радіолокаційної станцією ближній взаємодії, також не є проблематичним. При цьому у якості мобільного технічного засобу, що реалізує вивчення за вибоком ПЕМІН в ІТС за межі кордону контрольованої зони об'єкта дослідження, доцільно використовувати дрони з відповідною контрольовано-вимірювальною апаратурою (КВА), що забезпечує режими виявлення, вимірювання, розпізнавання і дозволу ТКВІ.

Як правило, у прихованні роботи безпілотних літальних апаратів (БЛА, дронів або безпілотних авіаційних систем – БПЛС) зацікавлені усі сторони, особливо в період їхньої конфронтації. Тому дрони, залежно від позицій конфлікуючих сторін, прийнято ділити на ворожі та свої. Причому за відсутності конкретної нормативно-правової основи на рівні ISO, незважаючи на серію стандартів на кшталт ISO 21384 та ISO 23629 щодо БЛА, не існує чіткої класифікації дронів. Проте очевидно, що дуже ефективним, під час виконання завдань забезпечення безпеки підвідомчих об'єктів (і не тільки від ворожого моніторингу), є використання дронів, здатних реалізовувати як відеоспостереження з урахуванням комп'ютерного зору [13], так й виявлення ПЕМІН від ЗОТ. В обох випадках використання радіодіапазону, як і раніше, є актуальне. Таким чином, фактично методи радіолокації виявлення, дозволу, вимірювання та розпізнавання стають основними при створенні систем контролю та управління доступу, перш за все, до об'єктів критичної інфраструктури [14], до яких слід відносити і ЗОТ.

Зазвичай у дронах використовують різні рівні автономності: від керованих дистанційно до автоматичного рівня. У випадку дистанційно пілотованого дрона успішність виконання польотного завдання багато в чому визначатиметься властивостями інформаційно-вимірювальної системи дронів, яка має володіти як елементами інтелекту, так і відповідною системою захисту від несанкціонованих до неї вторгнень з метою порушення штатної працездатності дрону. Такі дрони вертолітного типу у найнижчих ешелонах (тобто притискаючись до землі) можуть входити у зони дії ближньої, а також і нелінійної радіолокації. У таких реальних умовах відповідна КВА з визначенням паразитних випромінювань за межами контрольованої зони об'єкта ЗОТ реалізує вимірювання у зовнішньому ефірі вибоків ПЕМІН с високою достовірністю і надійністю.

При цьому використовуючи оптимальну фільтрацію, наприклад, кореляційним приймачем, граничний пристрій якого налаштований відповідно до критерію Неймана-Пірсона або за критерієм ідеального спостерігача, можна навіть забезпечити автоматичну індикацію (в аналоговій, в цифровій, в звуковий або у візуальній формі) сигналу тривоги про перевищення допустимого рівня вибоку. Очевидно, що рівень достовірності тривоги доцільно виставляти (вибирати) за апіорі заданою величиною ймовірності правильного виявлення або ймовірності хибної тривоги. Вибір останніх регламентують не тільки в процесі метрологічного калібрування чутливості КВА, а й її потенційної роздільної здатності за вторинним електромагнітним перевищенням у вигляді каліброваних цілей на кшталт сфери, кутових відбивачів, металевих поверхонь різної геометрії і т.д. Отже, підключаючи методи радіолокаційної роздільної здатності, з'являється можливість розпізнавання джерела паразитного вибоку, використовуючи арсенал апіорних значень ефективних поверхонь розсіювання об'єкта інформатизації. Якщо контрольовані зони об'єктів ІБ мають вигляд закритих приміщень, то бажано всі виявлені під час пуско-налагоджувальних робіт так звані «блискучі точки» нівелювати шляхом використання радіопоглинаючих матеріалів [8; 9].

Висновки. Проведено аналіз потенційних джерел електромагнітної вразливості інформації, оброблюваної засобами обчислювальної техніки. Деталізовано потенційні варіанти вибоку інформації за рахунок небажаних електромагнітних впливів (випромінювань і наведень) типу паразитних електромагнітних випромінювань та наведень.

Розглянуто перспективні захисні заходи щодо нівелювання таких впливів у вигляді створення режиму безхвовості та додаткового екранування, які забезпечують мінімізацію негативних наслідків на достовірність, цілісність і конфіденційність інформації, оброблюваної засобами обчислювальної техніки.

Запропоновано технологію оцінки паразитних випромінювань за межами контрольованої зони об'єкта засобами обчислювальної техніки як для випадку мобільної (за допомогою дронів) її реалізації, так і для стаціонарних контрольовано-вимірювальної апаратури з автоматичною індикацією сигналу тривоги про перевищення допустимого рівня вибоку паразитних електромагнітних випромінювань.

Таким чином, у частині, що стосується витоку інформації по технічних каналах об'єкта інформатизації, можна значно нівелювати електромагнітні вразливості службової інформації, що виникають при роботі засобів обчислювальної техніки, реалізуючи відповідні (наведені вище) заходи протидії щодо недостатнього екранування, побічних електромагнітних випромінювань, ворожого впливу потужним високочастотним сигналом та електромагнітних наведень.

Список використаних джерел:

1. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16.11.2021 р. № 1882-IX. *Голос України*. 2021. 14 груд. (№ 236).
2. Юдін О.К., Бучик С.С. Державні інформаційні ресурси. *Методологія побудови класифікатора загроз* : монографія. Київ : НАУ, 2015. 214 с.
3. Kurt Jensen. Coloured Petri Nets: Basic Concepts (Volume 1). Monographs in Theoretical Computer Science. Springer Verlag, Heidelberg, Germany, 1997.
4. UTI-T Recommendation X.805 Security Architecture for Systems providing end-to-end Communications, 2003.
5. Frank Swiderski and Window Snyder. Threat Modeling. Microsoft Press, 2004. 288 pages.
6. Стеценко І. В., Савчук В. В. Метод автоматизації тестування на проникнення вебатак. *Технічні науки та технології*. 2021. № 1 (19). С. 98–103. DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1\(19\)-98-103](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1(19)-98-103)
7. Ліпкан В. А., Максименко Ю. С., Желіховський В. М. Інформаційна безпека України в умовах євроінтеграції : навчальний посібник. Київ : КНТ, 2006. 280 с. (Серія: Національна і міжнародна безпека)
8. Тарасенко Ю.С. Фізичні основи радіолокації. Дніпро : Пороги, 2011. 487 с.
9. Тарасенко Ю.С., Смірнов В.В., Стелюк Б.Б., Прокопович-Ткаченко Д.І. Режим безеховості в інформаційно-вимірвальній системі митного контролю. *Системи та технології*. 2019. № 2 (58) С. 170–182.
10. Тарасенко Ю.С., Смірнов В.В., Прокопович-Ткаченко Д.І. Особливості виявлення прихованих об'єктів штучного походження в умовах митного контролю. *Системи та технології*. 2019. № 2 (58) С. 161–169.
11. Заїчко К.В. Аспекти безпечної роботи при користуванні нелінійним локатором. *Науково-практичний журнал Сучасна спеціальна техніка*. 2015. № 3 (42). С. 16–23.
12. Юсупов В. В., Приходько Ю. П., Фурман Я. В. та ін. Пошук та знешкодження саморобних вибухових пристроїв : метод. рек. Київ : Нац. акад. внутр. справ, 2017. 31 с.
13. Вовк С.М., Гнатушенко В.В., Бондаренко М.В. Методи обробки зображень та компютерний зір : навчальний посібник. Д. : ЛІРА, 2016. 148 с.
14. Tarasenko Yu.S., Klym V.Yu. Safety of critical infrastructure objects from the positions of risk effectiveness reduction. *System technologies*. 2022. Vol. 4. No. 141. Pp. 158–168. DOI: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-4-141-2022-13>

References:

1. Pro krytychnu infrastrukturu [On critical infrastructure]: Zakon Ukrayiny vid 16.11.2021r. № 1882-IX. Holos Ukrayiny. 2021. 14 hrud. (№ 236).
2. Yudin O.K., Buchyk S.S. Derzhavni informatsiyeni resursy. Metodolohiya pobudovy klasyfikatora zahroz [State information resources. Methodology for building a threat classifier]: monohrafiya – K.: NAU, 2015. -214s.
3. Kurt Jensen. Coloured Petri Nets: Basic Concepts (Volume 1). Monographs in Theoretical Computer Science. Springer Verlag, Heidelberg, Germany, 1997.
4. UTI-T Recommendation X.805 Security Architecture for Systems providing end-to-end Communications, 2003.
5. Frank Swiderski and Window Snyder. Threat Modeling. Microsoft Press, 2004. 288 pages.
6. Stetsenko, I. V., Savchuk, V. V. Metod avtomatyzatsiyi testuvannya na pronyknennya vebatak [Method of automating web attack penetration testing]. *Tekhnichni nauky ta tekhnolohiyi*, (1(19), 2021. С. 98–103. [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1\(19\)-98-103](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2020-1(19)-98-103)
7. Lipkan V. A., Maksymenko Yu. Ye., Zhelikhovskyy V. M. Informatsiyina bezpeka Ukrayiny v umovakh yevrointehratsiyi [Information security of Ukraine in the conditions of European integration]: Navchalnyy posibnyk. K.: KNT, 2006. 280 s. (Seriya: Natsionalna i mizhnarodna bezpeka)
8. Tarasenko Yu.S. Fizychni osnovy radiolokatsiyi [Physical foundations of radar]. Dnipro: Porohy, 2011. 487 s.
9. Tarasenko Yu.S., Smirnov V.V., Stelyuk B.B., Prokopovych-Tkachenko D.I. Rezhym bezekhovosti v informatsiyno-vymiryuvalnoyi systemi mytnoho kontrolyu [Anechoic mode in the information and measurement system of customs control]. *Systemy ta tekhnolohiyi*. Dnipro: UMSF. 2019. № 2(58). S. 170-182.
10. Tarasenko Yu.S., Smirnov V.V., Prokopovych-Tkachenko D.I. Osoblyvosti vuyavlennya prykhovanykh obyektiv shtuchnoho pokhodzhennya v umovakh mytnoho kontrolyu [Peculiarities of detection of hidden objects of artificial origin in the conditions of customs control]. *Systemy ta tekhnolohiyi*. Dnipro : UMSF. 2019. № 2(58). S. 161–169.

11. Zayichko K.V. Aspekty bezpechnoyi roboty pry korystuvanni neliniynym lokatorom [Aspects of safe work when using a non-linear locator]. Naukovo-praktychnyy zhurnal Suchasna spetsialna tekhnika. 2015. № 3(42). S. 16–23.

12. Yusupov V.V., Prykhod'ko Yu.P., Furman Ya.V. ta in. Poshuk ta zneshkodzhennya samorobnykh vybukhovykh prystroyiv [Search and disposal of improvised explosive devices]: metod. rek. K.: Nats. akad. vnutr. sprav, 2017. 31 s.

13. Vovk S.M., Hnatushenko V.V., Bondarenko M.V. Metody obrobky zobrazen ta kompyuternyy zir [Image processing methods and computer vision]: Navchalnyy posibnyk. D.: LIRA, 2016. 148 s.

14. Tarasenko Yu.S., Klym V.Yu. Safety of critical infrastructure objects from the positions of risk effectiveness reduction. Vol. 4 No. 141 (2022): System technologies. Pp. 158–168. DOI: <https://doi.org/10.34185/1562-9945-4-141-2022-13>

Тарасенко Ю. С., кандидат фізико-математичних наук,
доцент, доцент кафедри кібербезпеки
та інформаційних технологій
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0002-4226-5707

Савченко Ю. В., кандидат технічних наук,
доцент кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0002-7177-6311

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНІ ПРОЦЕСИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

У статті представлено огляд досліджень, присвячених ухваленню рішень з позицій ризик-інформаційної безпеки сукупності об'єктів критичної інфраструктури. В умовах підвищеної інтенсивності регіонально-галузевих інформаційних війн, їхнього неухильного розширення і впливу, насамперед на значущі сфери сучасного соціуму, дедалі гостріше набуває тенденція несумлінного протистояння новітніх інформаційних технологій, які доходять до кібершпигунства, кіберзлочинності та кібертероризму з використанням інформаційної зброї, які спрямовані на злом безпеки існуючих об'єктів критичної інфраструктури. Сенс інформаційної безпеки полягає в неможливості нанесення шкоди штатному функціонуванню та властивостей цих об'єктів або їх структурним складовим. Побудована структурно-лінгвістична схема підтримки ухвалення рішень з позицій ризик-інформаційної безпеки сукупності об'єктів критичної інфраструктури. Як оціночний позитивний приклад доказово викладено конкретний метод реалізації фізичної безпеки сукупності об'єктів критичної інфраструктури. Виконано аналіз методологічної побудови структурно-лінгвістичної схеми вибору засобів захисту сукупності об'єктів критичної інфраструктури з позицій зниження ризику. Показано, що вона має універсальну структуру та фактично може бути використана в будь-якій організованій сфері діяльності соціуму незалежно від виду галузі, розмірів організації, виділених матеріальних засобів та інтелектуального рівня штатного персоналу, відповідального за дану сферу безпеки та захисту. Обґрунтовано частину структурно-лінгвістичної схеми з позицій ризик-орієнтованих процесів забезпечення безпеки об'єктів критичної інфраструктури, в якій відображені: організаційні та фізичні засоби захисту загального застосування; специфічні засоби захисту інформаційної системи; засоби захисту відповідно до проблем (від утрат конфіденційності; цілісності; доступності; спостережності; автентичності та надійності) та загроз у межах забезпечення їх безпеки.

На прикладі виявлення несанкціонованих повітряних атак зловмисників, які використовують дрони, продемонстровано доцільність і можливість виявлення потенційної атаки порушником або зловмисником, які застосовують дрони, використовуючи радіофізичні системи як засоби вимірювання навколишнього середовища у вигляді схематичної реалізації кореляційних радіолокаційних пристроїв ближньої взаємодії, які використовують шумоподібний безперервний надвисоко-частотний зондувальний сигнал з амплітудною модуляцією. При цьому показано, що оптимальність вибору зондувального сигналу, з одного боку, залежить від результату апріорного аналізу сигнальної функції конкретної зондувальної пачки та відповідного їй об'ємного тіла невизначеності, а з іншого боку, – забезпечує прихованість самого процесу виявлення дронів з високою роздільною здатністю безпосередньо за двома параметрами – його дальністю та швидкістю.

Ключові слова: ризик, об'єкт критичної інфраструктури, структурно-лінгвістична схема, безпека, радіолокаційні пристрої ближньої взаємодії.

Tarasenko Yu. S., Savchenko Yu. V. Risk-based processes for ensuring the security of critical infrastructure facilities

The article presents a review of research on decision-making from the perspective of risk-information security of a set of critical infrastructure facilities. In the context of increased intensity of regional and sectoral information wars, their steady expansion and impact, primarily on significant areas of modern society, the trend of unscrupulous confrontation of the latest information technologies, which reach cyber espionage, cybercrime and cyberterrorism with the use of information weapons aimed at breaking the security of existing critical infrastructure facilities, is becoming increasingly acute. The meaning of information security is the impossibility of harming the normal functioning and properties of these objects or their structural components. The article builds a structural and linguistic scheme for supporting decision-making from the standpoint of risk-information security of a set of critical infrastructure facilities. As an evaluative positive example, a specific method of implementing the physical security of a set of critical infrastructure facilities is evidently presented. The author analyses the methodological construction of the structural and linguistic scheme for selecting means of protection of a set of critical infrastructure facilities from the perspective of risk reduction. It is shown that it has a universal structure and can actually be used in any organised sphere of society, regardless of the type of industry, size of the organisation, allocated material resources and intellectual level of the staff responsible for this area of security and protection. The author substantiates a part of the structural and linguistic scheme from the standpoint of risk-oriented processes of ensuring the security of critical infrastructure facilities, which reflects: organisational and physical means of protection of general application; specific means of protection of an information system;

means of protection in accordance with the problems (against loss of confidentiality, integrity, availability, observability, authenticity and reliability) and threats within the framework of ensuring their security.

Using the example of detecting unauthorised aerial attacks by intruders using drones, the article demonstrates the feasibility and possibility of detecting a potential attack by an intruder or intruder using drones using radio physical systems as environmental measurement tools in the form of a circuitry implementation of correlation radar devices of close interaction using a noise-like continuous ultra-high frequency sensing signal with amplitude modulation. It is shown that the optimal choice of the sensing signal, on the one hand, depends on the result of an a priori analysis of the signal function of a particular sensing bundle and its corresponding uncertainty volume, and on the other hand, ensures the concealment of the process of detecting high-resolution drones directly by two parameters – its range and speed.

Key words: risk, critical infrastructure facility, structural and linguistic scheme, security, short-range radar devices.

Вступ і постановка проблеми. В умовах підвищеної інтенсивності регіонально-галузевих інформаційних війн, їхнього неухильного розширення і впливу, насамперед на значущі сфери сучасного соціуму, дедалі гостріше набуває тенденція несумлінного протиборства новітніх інформаційних технологій, які доходять до кібершпиунства, кіберзлочинності та кібертероризму з використанням інформаційної зброї, які спрямовані на злом безпеки існуючих об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ). Сенс інформаційної безпеки полягає в неможливості нанесення шкоди штатному функціонуванню та властивостей цих об'єктів або їх структурним складовим [1]. На державному (і не тільки) рівні вимушені створювати системи кібербезпеки, цілеспрямовані дії яких пов'язані з кіберзахистом, – сукупністю «організаційних, правових, інженерно-технічних заходів, а також заходів криптографічного та технічного захисту інформації, спрямованих на запобігання кіберінцидентам, виявлення та захист від кібератак, ліквідацію їх наслідків, відновлення сталості і надійності функціонування комунікаційних, технологічних систем» [2, Стаття 1, п. 7.]. Фактично реалізується оціночний процес як за змістом (у різних галузях життєдіяльності соціуму), так і за призначенням (наприклад, у вигляді розроблення проєктів, технологій, продукції тощо) з позицій забезпечення ідентифікації ризику, аналізу ризику та порівняльної його (ризика) оцінки [3, п. 6.4].

У зв'язку з викладеним поставлено завдання методологічної побудови структурно-лінгвістичної схеми (СЛС) підтримки ухвалення рішень з позицій ризик-інформаційної безпеки сукупності об'єктів критичної інфраструктури (СОКІ). Як оціночний позитивний приклад доказово викладено конкретний метод реалізації фізичної безпеки СОКІ.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно з [4,5], системи захисту та безпеки ОКІ завжди функціонують у царині ймовірнісних подій, що піддаються принципу невизначеності щодо ризику [6, п. 3.7.9–11]: впливу невизначеності ефективності, результативності, процесу вимірювання та інших. Отже, будь-який вплив з позиції зниження ризику [7, поз. 3.7]) вимагає чіткого уявлення про предмет дослідження та сферу його подальшого застосування. Фактично такий ризик-орієнтований вплив (РОВ) – це процес циклічних вимірювань з уточнення заключної оцінки впливу конкретної реалізації ризику на об'єкт його (ризика) впливу. При цьому, в умовах підвищених зобов'язань до надійності і безпеки засобів вимірювання (ЗВ), в умовах невизначеності вимірювань [8], вимоги забезпечення метрологічної достовірності вимірювань, також є актуальними в галузі будь-яких засобів вимірювання [9]. У підсумку отримуємо, що такий багатопрофільний процес впливів необхідно розглядати з позицій невизначеностей і мінливості як самих результатів, так і їхніх імовірностей, де поняття «погрішності результату вимірювань» зобов'язане корелювати з поняттям істинного значення, чого принципово неможливо досягти.

Результати дослідження. Викладене вище дає змогу використовувати «ризик-орієнтоване мислення» (РОМ) [10, п. 0.3.3], що, підтримуючи концепцію управління ризиками, здатне забезпечувати планування і впровадження будь-якої діяльності з управління та контролю ризиків, що впливають на штатну працездатність ОКІ з позиції ризик-інформаційної безпеки. При цьому, залежно від внутрішніх і зовнішніх чинників ризику та відповідно до поставлених цілей слід обирати як відповідну політику менеджменту ризику, так і конкретні принципи, необхідні для ефективного впровадження його менеджменту з позиції ризик-орієнтованих процесів забезпечення безпеки ОКІ.

Саме з цих позицій планування та впровадження заходів і методів, що використовуються для управління та контролю супутніх ризиків, які впливають на досягнення запланованих цілей безпеки [10], запропоновано до реалізації підсистема підтримки прийняття рішень з позицій ризик-інформаційної безпеки сукупності об'єктів критичної інфраструктури (СОКІ) у межах ISO/IEC TR 13335-4:2000, IDT. Структурно логічну схему (СЛС) зазначеної Підсистеми наведено на рис. 1 у рамках загальної Схеми методології побудови розширеної системи захисту та безпеки ОКІ [4; 5], де її (підсистеми) працездатність забезпечується за рахунок «Радіофізичних та/або кіберфізичних систем», використовуючи «Систему управління та зв'язку». З їхньою допомогою, спираючись на РЗМ, можна реалізовувати безпосередню оцінку вибору як за методами забезпечення власної безпеки, так і за способами їхнього здійснення, передусім стосовно конфіденційності, цілісності, повноти та доступності використовуваної (одержуваної) інформації. Причому методологію її побудови виконано відповідно до законодавства країни щодо менеджменту ризику, що використовує зворотні зв'язки під час реалізації коригувальних впливів, адекватних вище озвученим аспектам. Саме з цих позицій аналізу безпеки СОКІ в табл. 1 наведено впорядковані дані щодо вибору апріорних засобів захисту в межах ISO/IEC TR 13335-4:2000, IDT, включно з безпекою супутніх інформаційних технологій.

У зазначеній таблиці відображено: організаційні та фізичні засоби захисту загального застосування; специфічні засоби захисту інформаційної системи; засоби захисту відповідно до проблем (від втрат конфіденційності; цілісності; доступності; спостережності; автентичності та надійності) і загроз у межах забезпечення безпеки ОКІ. Причому, в контексті загального організаційного управління зазначимо, що концепціям безпеки (інформаційної, виробничої, технологічної тощо аж до захисту приватного життя) притаманна тенденція досконалості, а отже безперервний процес захисту та безпеки в усіх сферах життєдіяльності соціуму завжди супроводжуватиме модернізаційні тенденції на міжнародному і вітчизняному законодавчому рівні стосовно удосконалення стандартів щодо їхньої безпеки. Отже, підвищення рівня захисту СОКІ, оцінювання втрат безпеки (згідно з гіпотетичними кіберінцидентами, що мають імовірнісний характер), – це динамічний процес залучення ресурсів (методів, способів та алгоритмів) мультисервісної мережі зв'язку (криптографічних, каналних та інших) з її фільтруючими (у вигляді, наприклад, авто- та взаємо-кореляційних блоків) пристроями, реалізованими під конкретні вимоги (завдання) користувачів. Звідси, – вибір рівнів спрацьовування кінцевих порогових блоків носитиме багатопрофільний характер і залежатиме від задекларованих імовірностей правильного виявлення або пропуску кібератак чи кіберзагроз.

Таблиця 1

Позначення	Зміст вибору засобів захисту, з позицій ризик-інформаційної безпеки у межах ISO/IEC TR 13335-4:2000, IDT
1	2
1. Організаційні та фізичні засоби захисту загального застосування:	
1.1	Керування інформаційною безпекою та політика безпеки
1.2	Перевіряння узгодженості безпеки
1.3	Реагування на порушення
1.4	Персонал та питання експлуатації
1.5	Планування неперервності бізнесу
1.6	Фізична безпека
2. Специфічні засоби захисту інформаційної системи:	
2.1	Ідентифікація та автентифікація (I&A)
2.2	Контролювання логічного доступу та аудит
2.3	Захист від зловмисного коду
2.4	Керування мережею
2.5	Криптографія
3. Засоби захисту відповідно до проблем (утрат конфіденційності; цілісності; доступності; спостережності; автентичності та надійності) та загроз у межах забезпечення безпеки ОКІ	
3.1 Засоби конфіденційності з позиції:	
	3.1.1. Підслухування 3.1.2. Електромагнітне випромінювання 3.1.3. Зловмисний код 3.1.4. Приховування ідентичності користувача 3.1.5. Неправильне направлення/перенаправлення повідомлень 3.1.6. Збої програмного забезпечення 3.1.7. Крадіжки 3.1.8. Несанкціонований доступ до комп'ютерів, даних, служб та програм 3.1.9. Несанкціонований доступ до носіїв даних
3.2 Засоби контролю цілісності з позиції:	
	3.2.1. Псування носіїв даних 3.2.2. Помилки обслуговування 3.2.3. Зловмисний код 3.2.4. Приховування ідентичності користувача 3.2.5. Неправильне направлення/перенаправлення повідомлень 3.2.6. Неспростовність 3.2.7. Збої програмного забезпечення 3.2.8 Збої постачання (живлення, кондиціонування повітря) 3.2.9. Технічні пошкодження 3.2.10. Помилки передавання 3.2.11. Несанкціонований доступ до комп'ютерів, даних, служб та програм 3.2.12. Використання несанкціонованих програм та даних 3.2.13. Несанкціонований доступ до носіїв даних 3.2.14. Помилки користувача

1	2
3.3. Засоби захисту доступності з позицій протидії:	
	3.3.1. Руйнівний напад 3.3.2. Псування носіїв даних 3.3.3. Збої комунікаційного обладнання та служб 3.3.4. знищені вогнем та (або) водою Вогонь, вода 3.3.5. Помилки обслуговування 3.3.6. Зловмисний код 3.3.7. Приховування особистості користувача 3.3.8. Неправильне направлення/перенаправлення повідомлень 3.3.9. Зловживання ресурсами 3.3.10. Стихійні лиха 3.3.11. Збої програмного забезпечення 3.3.12. Збої постачання (живлення, кондиціонування повітря) 3.3.13. Технічні пошкодження 3.3.14. Крадіжки 3.3.15. Перевантаження каналів 3.3.16. Помилки передавання 3.3.17. Несанкціонований доступ до комп'ютерів, даних, служб та програм 3.3.18. Використання несанкціонованих програм та даних 3.3.19. Несанкціонований доступ до носіїв даних 3.3.20. Помилки користувача
3.4 Засоби захисту з позиції:	
	3.4.1. Спостережність 3.4.2. Автентичність 3.4.3. Надійність

Отже, успішно реалізовані ризик-орієнтовані процеси забезпечення безпеки СОКІ (або її моделі) за умови адекватної оцінки апріорних впливів (наприклад, у вигляді певної моделі порушника, в якій відображаються його практичні та теоретичні можливості, апріорні знання, час і місце дії та інші характеристики) є важливою складовою успішного проведення як політики ризик-менеджменту, так і супутнього зниження ризик невизначеності в процесі аналізу ризиків та визначення вимог до складу та характеристик необхідної інтегральної системи захисту. Проте, навіть в умовах багаторівневої системи перешкод, жодна пізнавальна модель не може одночасно виконувати необхідно безліч завдань захисного напрямку. Саме цьому доцільно оцінювати ефективність безпеки в конкретному (обраному) аспекті її реалізації. Зокрема, до останнього часу не приділялося достатньо серйозної уваги контролю за подоланням повітряних рубежів захисту до підриву конкретної захисної (охоронюваної) оболонки об'єкта. Тому, як приклад з виявленням несанкціонованих повітряних атак зловмисників, які використовують дрони, нижче продемонструємо можливість забезпечення штатного рівня захисту ОКІ шляхом реалізації кореляційних радіолокаційних пристроїв [11, с. 403]. Останні доцільно ототожнювати (віднести) до радіофізичних систем ближньої взаємодії як засобів вимірювання або навколишнього середовища, або технологічних процесів.

При цьому завдання загальної та параметричної ідентифікації розпізнавання потенційних атак за допомогою дослідження гіпотетичної сигнальної аналогової дії зведемо до кореляційного аналізу зондувальних та відбитих сигналів від дронів, які вторглися у повітряну область КВО, що охороняється.

Враховуючи, що найкращого розділення досягають за максимальної відмінності сигналів за параметром розділення, нескладно довести зв'язок між потенційною роздільною здатністю та автокореляційною функцією сигналу. Для цього необхідно застосувати умову, відповідно до якої середній квадрат відхилень двох сигналів, зсунутих за параметром розділення на $\Delta\xi$, повинен бути граничною величиною для всіх $\Delta\xi$ в інтервалі спостережень, крім $\Delta\xi$, близьких до нуля, де сигнали близькі один до одного, тобто

$$\int [U(\xi) - U(\xi - \Delta\xi)]^2 d\xi = \max, \quad (1)$$

де ξ – параметр розділення (наприклад, для розділення за дальністю $\xi=t$, $\Delta\xi=\Delta t$).

Очевидно, що для виконання (1) потрібно одержати мінімум виразу

$$\int U(\xi) \cdot U(\xi - \Delta\xi) d\xi = \min, \quad (2)$$

що являє собою аналог автокореляційної функції вхідного сигналу.

Роздільна здатність буде краща у того сигналу, який за заданого зсуву $\Delta\xi$ має найвужчу автокореляційну функцію, тобто найменше значення на рівні 0,5. Отже, оцінити потенційну роздільну здатність за координатами або швидкостями можна шляхом обчислення автокореляційної функції сигналу на рівні 0,5, причому для кутових координат сигнал має складний просторово-часовий характер [11].

Таким чином, з виразу (2) бачимо, що розділення краще у тих сигналах, автокореляційна функція яких найвужча. При цьому спільне розділення (тобто розділення одночасно за дальністю і швидкістю) цілком залежить від характеру обраного типу зондувального сигналу. Отже, з позицій риск-інформаційної безпеки у межах фізичної безпеки (Табл. 1 п. 1.6) доцільне використання взаємно-кореляційних пристроїв (ВКП). Тобто, для випадку аналогового сигналу на виході ВКП виробляється сигнал, адекватний кореляційній функції. А оскільки високочастотне заповнення радіосигналу, наприклад у радіолокації, звичайно не застосовують для одержання інформації, а піддають аналізу обвідну сигналу $K_0(\tau, \Delta\omega)$, то об'єм, зосереджений під поверхнею, є постійний і не залежить від виду зондувального сигналу. Математичним формулюванням цього положення буде рівняння

$$\int_{\tau} \int_{\Delta\omega} K_0^2(\tau, \Delta\omega) d\tau d(\Delta\omega) = 2\pi, \quad (3)$$

або, оскільки $\Delta\omega = 2\pi\Delta f$

$$\int_{\tau} \int_{\Delta\omega} K_0^2(\tau, \Delta\omega) d\tau d(\Delta f) = 1. \quad (4)$$

Співвідношення (3) та (4) називають принципом невизначеності, який встановлює, що незалежно від типу сигналу об'єм, що має назву тіла невизначеності (ТН), залишається незмінним. Але шляхом підбору виду сигналу можна усе ж таки перерозподілити об'єм так, щоб досягти необхідного розділення в будь-якій частині площини $(\tau, \Delta\omega)$. Таким чином, розглядаючи розділення за дальністю або швидкістю, а також спільне розділення за цими параметрами, необхідно визначати нормовану автокореляційну функцію за часом (уважаючи $\Delta\omega = 0$) або за частотою ($\Delta\tau = 0$) або змішану автокореляційну функцію вхідного сигналу й обчислювати її ширину на рівні 0,5. Застосовуючи формули, що визначають дальність цілі через часову затримку сигналу, а швидкість через доплерівський частотний зсув, нескладно оцінити потенційну роздільну здатність за дальністю, швидкістю, а також спільне розділення залежно від характеру обраного типу зондувального сигналу. При цьому СЛС дозволу, розпізнавання і забезпечення приналежності до різних класів кіберінцидентів також доцільно реалізовувати за допомогою кореляційних схемотехнічних рішень. Більш того, усі ці структурно-логічні схеми отримання, доставки, зберігання і безпосереднього захисту задіяної інформації мають бути укомплектовані відповідними функціональними підсистемами підтримки прийняття рішень, що носять характер апріорного порогу спрацьовування, тобто мінімально допустимого рівня, перевищення якого вимагає прийняття усіх заздалегідь передбачених засобів захисту, кількісний і якісний характер яких залежить від можливостей реалізації гіпотетичних кіберінцидентів. Тому, з метою забезпечення фізичного захисту КВО від мобільних, наприклад у вигляді дронів, засобів розвідки, доцільно в даному випадку виявлення ворожої атаки здійснювати шляхом попереднього оптимального вибору зондуючого сигналу з наступною його автокореляційною обробкою прийнятого сигналу (за допомогою ВКУ), аналізуючи їх (сигналів) об'ємне тіло невизначеності (ТН).

Достовірність сказаного продемонструємо аналізом результатів комп'ютерного моделювання (див. рис. 2, 3, 4) об'ємного ТН сигналу, наприклад, у вигляді пакету з N когерентних імпульсів гаусової форми (КІФ) однакової амплітуди, модуль змішаної автокореляційної функції якої [11, с. 375] є:

$$K_{0N}(\tau', \Delta\omega) = \frac{\sin[0,5\Delta\omega T_i(N-|p|)]}{N \sin(0,5\Delta\omega T_i)} \exp(-0,5\gamma^2\tau^2) \exp\left(-\frac{\Delta\omega^2}{8\gamma^2}\right) \quad (5)$$

де $\tau' = p \cdot T_i \pm \tau_i$; $p = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm N$;

T_i – постійний період надходження елементарних сигналів;

γ – коефіцієнт, обернено пропорційний тривалості імпульсу, відрахований на рівні 0,5 від максимуму, що дорівнює значенню ефективної ширини спектру Δf_{eff} і характеризує швидкість зміни обвідної $M(f)$.

Причому відповідна роздільна здатність за дальністю та швидкістю, яку визначають за найбільшими розмірами перерізу центрального піка, складає

$$\delta(D)_{\text{пот}} = 0,66 \cdot c \cdot \tau_i; \quad (6)$$

$$\delta(V_p)_{\text{пот}} = \pi \cdot c / (\omega N T_i) = 0,5\lambda / N T_i. \quad (7)$$

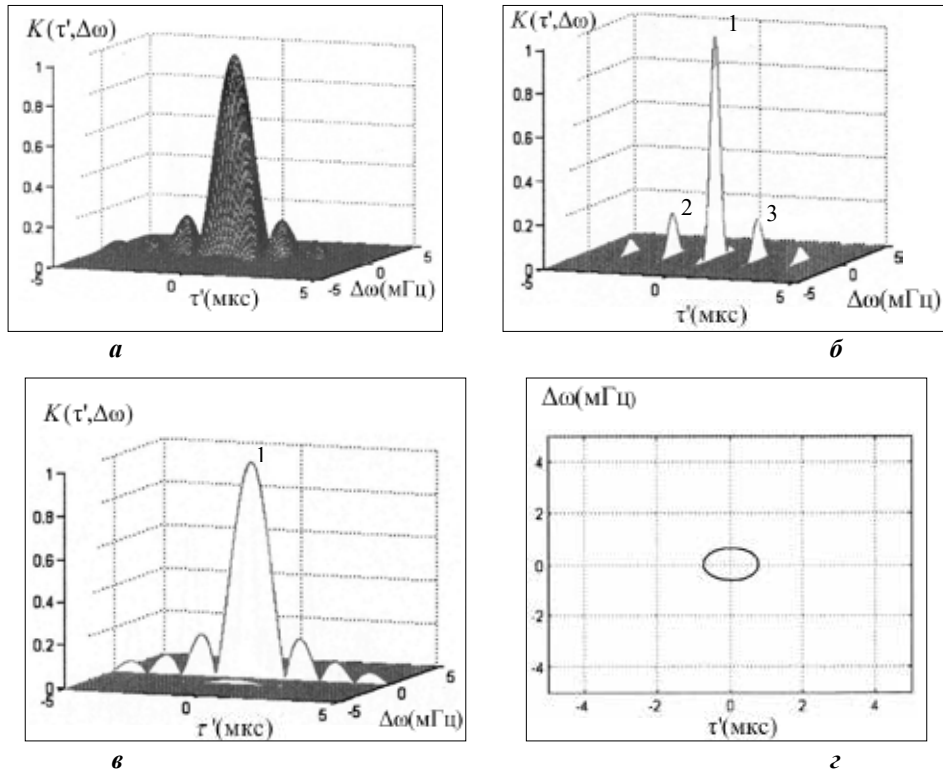


Рис. 2. Від ТН сигналу у вигляді пакета КІГФ і однакої амплітуди,

де:

- а) ТН пачки ($N = 5$) імпульсів з $\tau_i = 0,4$ мкс, $\Delta T = 10^{-3}$ с;
- б) за $\Delta\omega = \text{const}$, $|\tau_2| > |\tau_1|$: 1 $\Rightarrow K(0, \Delta\omega)$; 2 $\Rightarrow K(-\tau, \Delta\omega)$; 3 $\Rightarrow K(\tau, \Delta\omega)$;
- в) за $\tau = \text{const}$: 1 $\Rightarrow K(\tau, 0)$;
- г) $K(\tau, \Delta\omega) = 0,5$ за $\tau_i = 0,4$ мкс, $\Delta T = 10^{-3}$ с.

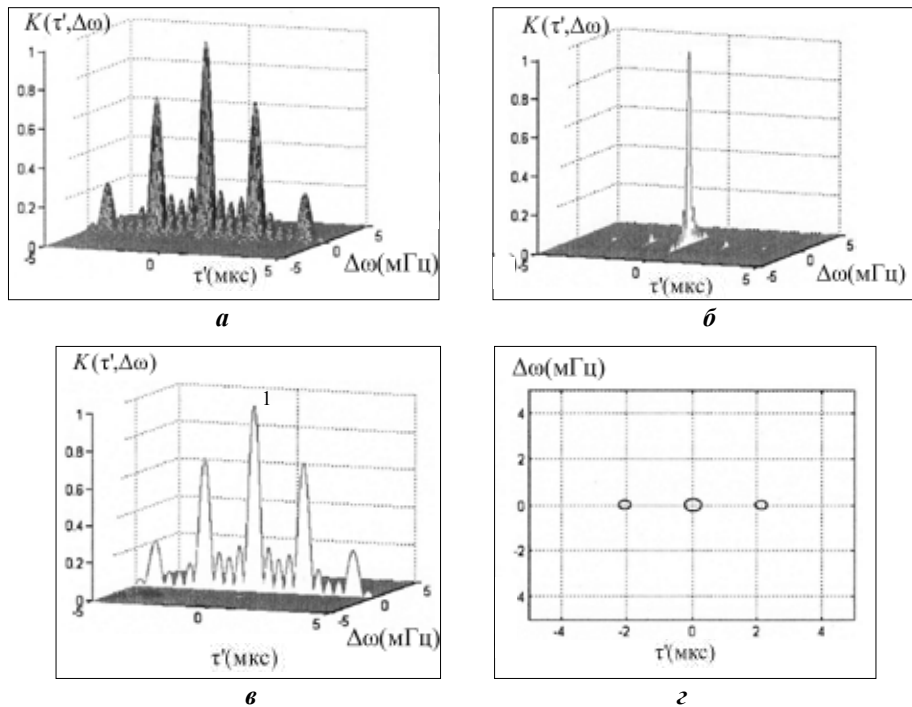


Рис. 3. Від ТН сигналу у вигляді пакета з N когерентних імпульсів гауссової форми й однакої амплітуди,

де:

- а) ТН пачки ($N = 5$) імпульсів з $\tau_i = 0,4$ мкс, $\Delta T = 3 \cdot 10^{-3}$ с;
- б) за $\Delta\omega = \text{const}$: 1 $\Rightarrow K(0, \Delta\omega)$;
- в) за $\tau = \text{const}$: 1 $\Rightarrow K(\tau, 0)$;
- г) $K(\tau, \Delta\omega) = 0,5$ за $\tau_i = 0,4$ мкс, $\Delta T = 10^{-3}$ с.

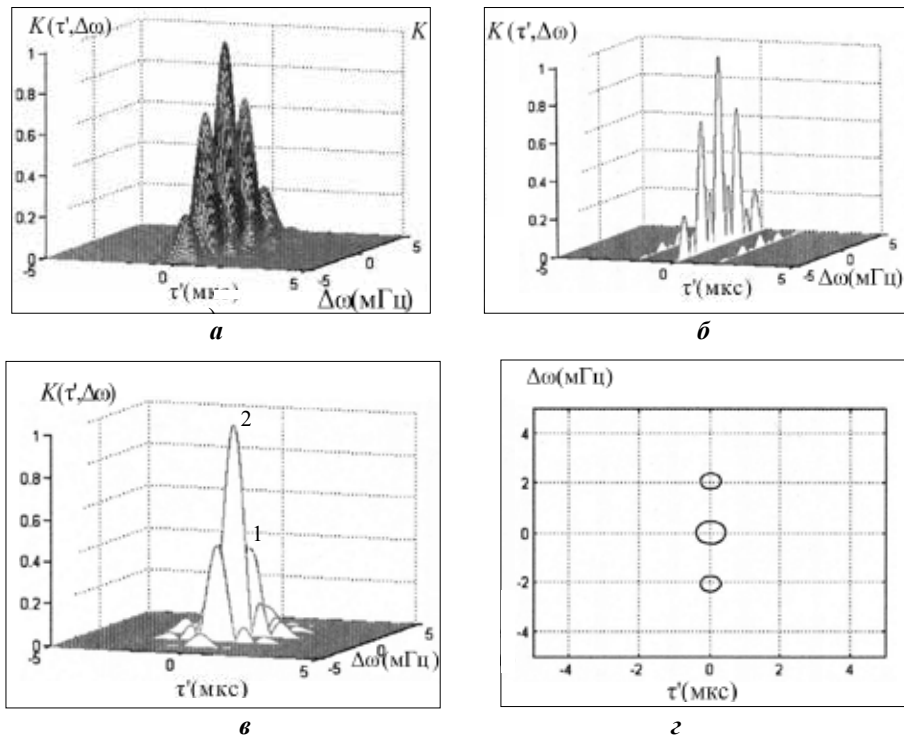


Рис. 4. Від ТН сигналу у вигляді пакета з N когерентних імпульсів гауссової форми й однакової амплітуди, де:
 а) ТН пачки ($N = 5$) імпульсів з $\tau_i = 1,2$ мкс, $\Delta T = 3 \cdot 10^{-3}$ с;
 б) за $\Delta\omega = \text{const}$: 1 $\Rightarrow K(0, \Delta\omega)$;
 в) за $\tau = \text{const}$: 1 $\Rightarrow K(\tau, -\Delta\omega)$; 2 $\Rightarrow K(\tau, 0)$; 3 $\Rightarrow K(\tau, \Delta\omega)$;
 г) $K(\tau, \Delta\omega) = 0,5$ за $\tau_i = 1,2$ мкс, $\Delta T = 10^{-3}$ с;

Однак наявність декількох піків функції K_{0N} , звужує діапазон однозначного вимірювання дальності та швидкості, який складає величину $0,5cT_i$ та $\pi c/\omega T_i$ відповідно. Крім того, як бачимо (див. рис. 2–4) [11, с. 389–392], для різних пачок імпульсів на площині $(\tau', \Delta\omega)$ об'ємне ТН (K_{0N}) має вигляд послідовності піків, висоти яких зменшуються в процесі віддалення від початку координат. При цьому кожен еліпс невизначеності поодинокого сигналу розпадається на ряд еліпсів, довжина яких зменшена за віссю частот приблизно в NT_i/τ_i разів. Крім того, функція має періодичну структуру за обома (за годиною – дальністю та частотою – швидкістю) напрямками.

Періодичність за часом вказує на неоднозначність відліку дальності, що виникає в таких випадках, коли дальність цілі ΔT (у одиницях часу) перевищує період повторюваності імпульсів.

Тому в разі вибору щодо сигналу, який зондує, його період звичайно беруть настільки великий, щоб уникнути неоднозначності за максимальної дальності. Періодичність (неоднозначність) за частотою також добре відома в системах із селекцією рухомих цілей. Ця неоднозначність пов'язана з так званими «сліпими» швидкостями цілей. Якщо період повторення та несуча частота обрані так, що в межах передбаченого діапазону дальність та швидкість неоднозначність не проявляється, то точність і роздільну здатність визначає тільки центральний пік функції $K_0(\tau, \Delta\omega)$.

Очевидно, що площа цього піка значно менша, ніж для поодинокого імпульсу, тому когерентна пачка має певні переваги. Однак, застосувавши пачку замість поодинокого імпульсу, також не уникаємо загальної невизначеності вимірювання, а лише перерозподіляємо її, оскільки одержали безліч неоднозначних відліків, кожен із яких виконується з більш високою точністю.

Отже, оптимальність вибору зондувального сигналу, з одного боку, доцільно забезпечувати шляхом реалізації апріорного аналізу сигнальної функції конкретної зондувальної пачки та відповідного їй об'ємного тіла невизначеності. З іншого боку, за аналогією з шумоподібним сигналом, використання складних (відносно поодинокого імпульсу) сигналів дає змогу покращувати прихованість самого процесу виявлення (у даному випадку дронів) з високою супутньою роздільною здатністю безпосередньо за двома параметрами – його (дрона) локальною дальністю та швидкістю.

Висновки. Виконано аналіз методологічної побудови структурно-лінгвістичної схеми вибору засобів захисту сукупності об'єктів критичної інфраструктури з позиції зниження ризику. Показано, що вона має універсальну структуру та фактично може бути використана в будь-якій організованій сфері діяльності

соціуму незалежно від виду галузі, розмірів організації, виділених матеріальних засобів та інтелектуального рівня штатного персоналу, відповідального за дану сферу безпеки та захисту.

Обґрунтовано додана частина структурно-лінгвістичної схеми з позицій ризик-орієнтованих процесів забезпечення безпеки ОКІ, в якій відображені: організаційні та фізичні засоби захисту загального застосування; специфічні засоби захисту інформаційної системи; засоби захисту відповідно до проблем (від утрат конфіденційності; цілісності; доступності; спостережності; автентичності та надійності) та загроз у межах забезпечення їх безпеки.

На прикладі виявлення несанкціонованих повітряних атак злоумисників, які використовують дрони, продемонстровано доцільність і можливість виявлення потенційної атаки порушником або злоумисником, які застосовують дрони, використовуючи радіофізичні системи як засоби вимірювання навколишнього середовища у вигляді схемотехнічної реалізації кореляційних радіолокаційних пристроїв ближньої взаємодії, які використовують шумоподібний безперервний надвисокочастотний зондувальний сигнал з амплітудною модуляцією у вигляді пачки з N когерентних імпульсів гаусової форми. При цьому показано, що оптимальність вибору зондувального сигналу, з одного боку, залежить від результату апріорного аналізу сигнальної функції конкретної зондувальної пачки та відповідного їй об'ємного тіла невизначеності, а з іншого боку, – забезпечує прихованість самого процесу виявлення (у цьому разі дронів) з високою роздільною здатністю безпосередньо за двома параметрами – його дальністю та швидкістю.

Список використаних джерел:

1. Тарасенко Ю.С., Соляніков В.Г., Бруй І.І. Кібербезпека: інформаційні аспекти захисту від технологій впливу. *Інноваційні рішення в економіці, бізнесі, суспільних комунікаціях та міжнародних відносинах* : Матеріали міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Секц. «Спрямування розвитку сучасних інноваційних технологій у сфері комп'ютерних наук та кібербезпеки», Дніпро 16 квітня 2021 р. С. 424–426.
2. Закон України Про основні засади забезпечення кібербезпеки України. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2017. № 45, ст. 403. {Із змінами від 21.06.2018, від 17.06.2020, від 17.09.2020}
3. ДСТУ ISO 31000 2018. (ISO 31000:2018, IDT) Менеджмент ризиків. Принципи та настанови. Наказ від 29.11.2018 № 446. Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ»). З наданням чинності від 2019-01-01.
4. Tarasenko Yu.S., Klym V.Yu. The methodology of building the cognitive model of critical infrastructure's security. Rr. 38–51. *Rospektive globale wissenschaftliche trends. European Science : monographic series. Book 11. Part 1. Karlsruhe, Germany : ScientificWorld-NetAkhatAV, 2022.*
5. Tarasenko Yu.S., Klym V.Yu. Safety of critical infrastructure objects from the positions of risk effectiveness reduction. *System technologies*. 2022. Vol. 4. № 141. Pp. 158–168.
6. Національний стандарт України ДСТУ ISO 9000:2015 (ISO 9000:2015, IDT) Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів Видання офіційне. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. С. 51.
7. ДСТУ ISO/IEC 27005:2019 Інформаційні технології. Методи захисту. Управління ризиками інформаційної безпеки (ISO/IEC 27005:2018, IDT) Дата початку дії 01.11.2019. ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» (ДП «УкрНДНЦ») Дата прийняття 16.10.2019. Мова документа Англійська. International standard ISO/IEC 27005:2019 Information technology – Security techniques – Information secure risk management. <https://www.google.com/url>
8. ISO/IEC Guide 98-1:2009, Uncertainty of measurement – Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement, IDT.
9. Тарасенко Ю.С., Соляніков В.Г. Інформаційні системи з позицій забезпечення надійності та невизначеності вимірювань. *Збірник матеріалів міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні технології, моделі управління кібербезпекою – “ІТМК-2021”*, Дніпро, 14–16 квітня 2021 р. С. 29–30.
10. ISO 9001:2015(en). Quality management systems – Requirements. Fifth edition 2015-09-15.
11. Тарасенко Ю.С. Фізичні основи радіолокації : навч. посіб. Д. : «Пороги», 2011. 487с.

References:

1. Tarasenko YU.S., Solyannikov V.H., Bruy I.I. Kiberbezpeka: informatsiyni aspekty zakhystu vid tekhnolohiy vplyvu [Cyber security: informational aspects of protection from influence technologies]. *Materialy mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi “Innovatsiyni rishennya v ekonomitsi, biznesi, suspilnykh komunikatsiyakh ta mizhnarodnykh vidnosynakh”* Sekts. “Spryamuvannya rozvytku suchasnykh innovatsiynykh tekhnolohiy u sferi kompyuternykh nauk ta kiberbezpeky” Dnipro 16 kvitnya 2021 r. S. 424-426.
2. Zakon Ukrayiny Pro osnovni zasady zabezpechennya kiberbezpeky Ukrayiny [The Law of Ukraine On the Basic Principles of Ensuring Cyber Security of Ukraine] *Vidomosti Verkhovnoyi Rady (VVR)*, 2017, № 45, st. 403. {Iz zminamy vid 21.06.2018, vid 17.06.2020, vid 17.09.2020}
3. DSTU ISO 31000 2018. (ISO 31000:2018, IDT) Menedzhment ryzykiv. Pryntsypy ta nastanovy [Risk management. Principles and guidelines]. Nakaz vid 29.11.2018 № 446. Derzhavne pidpryyemstvo “Ukrayinskyy naukovo-doslidnyy i navchalnyy tsentr problem standartyzatsiyi, sertyfikatsiyi ta yakosti” (DP “UkrNDNTS”). Z nadannyam chynnosti vid 2019-01-01.

-
4. Tarasenko Yu.S., Klym V.Yu. The methodology of building the cognitive model of critical infrastructure's security. Rr. 38-51. Rrospektive globale wissenschaftliche trends. Monographic series "European Science". Book 11. Part 1. Published by: ScientificWorld-NetAkhatAV. Karlsruhe, Germany 2022.
 5. Yu.S. Tarasenko, V.Yu. Klym. Safety of critical infrastructure objects from the positions of risk effectiveness reduction. Vol. 4 No. 141 (2022): *System technologies*. Pp. 158–168.
 6. Natsionalnyy standart Ukrayiny DSTU ISO 9000:2015 (ISO 9000:2015, IDT) Systemy upravlinnya yakystyu Osnovni polozhennya ta slovnyk terminiv [Quality management systems. Basic provisions and glossary of terms] Vydannya ofitsiyne Kyiv DP "UkrNDNTS" 2016. 51 s.
 7. DSTU ISO/IEC 27005:2019 Informatsiyini tekhnolohiyi. Metody zakhystu. Upravlinnya ryzykamy informatsiyanoi bezpeky [Information technology – Security techniques – Information secure risk management] (ISO/IEC 27005:2018, IDT) Data pochatku diyi 01.11.2019. DP "Ukrayinskyy naukovo-doslidnyy i navchalnyy tsentr problem standartyzatsiyi, sertyfikatsiyi ta yakosti" (DP "UkrNDNTS") Data pryynyattya 16.10.2019. Mova dokumenta Anhliyska. International standard ISO/IEC 27005:2019 Information technology – Security techniques – Information secure risk management. <https://www.google.com/url>.
 8. ISO/IEC Guide 98-1:2009, Uncertainty of measurement – Part 1: Introduction to the expression of uncertainty in measurement, IDT.
 9. Tarasenko Yu.S., Solyannikov V.H. Informatsiyini systemy z pozytsiy zabezpechennya nadiynosti ta nevyznachenosti vymiryuvan [Information systems from the standpoint of reliability and measurement uncertainty]. *Zbirnyk materialiv mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi internet-konferentsiyi "Innovatsiyini tekhnolohiyi, modeli upravlinnya kiberbezpekoyu – "ITMK-2021"*, Dnipro, 14–16 kvitnya 2021 r. S. 29Y30.
 10. ISO 9001:2015(en). Quality management systems – Requirements. Fifth edition 2015-09-15.
 11. Tarasenko. Yu.S. Fizychni osnovy radiolokatsii [Physical foundations of radar]: navch. posib. D.: "Porohy", 2011. 487 s.

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)

УДК 656.225

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.10>

Бех П. В., кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри управління експлуатаційною роботою
Українського державного університету науки і технологій
ORCID: 0000-0002-1782-9224

Гудімов В. В., старший викладач
кафедри військової підготовки спеціалістів
Державної спеціальної служби транспорту
Українського державного університету науки і технологій
ORCID: 0000-0002-6630-650X

Максименков Є. А., старший викладач
кафедри військової підготовки спеціалістів
Державної спеціальної служби транспорту
Українського державного університету науки і технологій
ORCID: 0000-0002-9608-7301

АНАЛІЗ СПОСОБІВ КРІПЛЕННЯ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ОЗБРОЄННЯ, ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Метою роботи є проведення аналізу організації безперервності перевезень військових частин Збройних Сил України. Наразі важливим є питання готовності здійснювати переміщення військових частин (підрозділів) в короткі строки, не порушуючи їх цілісності, із забезпеченням можливості раптового переходу до виконання завдань за призначенням, що є невід'ємною складовою військових операцій (бойових дій) [1–3].

Висвітлено проблемні питання під час навантаження військових ешелонів та транспортів в сучасних умовах. Визначені комплексні заходи, спрямовані на оптимізацію часових показників та витрат часу на вантажно-розвантажувальні операції. На підставі проведеного аналізу зроблено висновки про необхідність створення та виготовлення комплектів універсальних багатообертових кріплень на кожен техніку.

Успіх виконання військових перевезень залежить в першу чергу від організації тісної взаємодії між органами військового управління та органами управління на видах транспорту, від своєчасної та якісної підготовки військової частини до перевезення. Взаємодія з органами управління на видах транспорту здійснюється з питань забезпечення та регулювання військових перевезень, узгодження технічних можливостей та здійснення контролю підготовки до виконання перевезень [4–6].

Наукова новизна полягає в постановці задачі по підготовці військової техніки до перевезення до виходу підрозділів ешелону на станцію навантаження. А також одночасно з підготовкою техніки відбувається заготівля кріпильних матеріалів і пристосувань. Екіпажі військової техніки в підготовці до перевезення проводять тренування заїзду технікою на рухомий склад та кріпленню її з вибраним способом кріплення згідно Правил. Управління військових сполучень на залізницях спільно з керівництвом залізниць здійснюють своєчасне забезпечення перевезень рухомих складом, безперервне управління військовими перевезеннями, вживають заходів з прискореного просування ешелонів та транспортів в зоні відповідальності, контроль економії бюджетних коштів під час виконання навантажувально-розвантажувальних операцій.

З моменту віддачі наказу по військовій частині на перевезення підготовка до перевезення проводиться під керівництвом начальника ешелонів. Ця підготовка складається з підготовки особового складу, підготовки техніки, майна і вантажів.

Ключові слова: військовий ешелон, військові перевезення, вантажно-розвантажувальне місце, військові перевезення, транспортні засоби, УБК, шпори, ланцюгові розтяжки.

Bekh P. V., Gudimov V. V., Maksimenkov Ye. A. Analysis of fastening methods during the transportation of weapons and military equipment by rail transport

The purpose of the work is to conduct an analysis of the organization of continuity transportation of military units of the Armed Forces of Ukraine. Currently, the issue of readiness to move military units (units) in a short period of time, without

© П. В. Бех, В. В. Гудімов, Є. А. Максименков, 2023

violating their integrity, with the provision of the possibility of a sudden transition to the performance of assigned tasks, which is an integral component of military operations (combat operations), is important. Problematic issues during the loading of military echelons and transports in modern conditions are highlighted. Comprehensive measures aimed at optimizing the time spent on loading and unloading operations have been determined. On the basis of the conducted analysis, conclusions were made about the need to create and manufacture sets of universal multi-turn fasteners for each technique. The success of military transportation depends primarily on the organization of close cooperation between the military management bodies and the management bodies on the types of transport, on the timely and high-quality preparation of the military unit for transportation. Interaction with the management bodies on the types of transport is carried out on the issues of ensuring and regulating military transports, coordination of technical capabilities and control of preparations for carrying out transports. Scientific novelty. It consists in setting the task of preparing military equipment for transportation to the exit of echelon units to the loading station. Also, simultaneously with the preparation of the equipment, the procurement of fastening materials and devices takes place.

Key words: military echelon, military transportation, loading and unloading place, military transportation, vehicles, spurs, chain tensioners.

Вступ. Порядок розміщення і закріплення озброєння і військової техніки (далі – ОВТ) на залізничному рухомому складі (платформи, піввагони, транспортери) (далі – вагони) для перевезення в складі військових ешелонів, а також транспортів, що прямують під охороною військових варт встановлюється [7; 8]. Також визначаються матеріали і пристрої, які використовуються для розміщення і закріплення техніки на (в) вагонах. Техніка, яка перевозиться в складі військових транспортів без супроводу військових варт, спосіб розміщення і закріплення якої передбачено Технічними умовами навантаження і кріплення вантажів (далі – ТУ), перевозиться на загальних підставах у відповідності з вимогами ТУ. Техніка, яка перевозиться в складі військових транспортів без супроводу військових варт, спосіб розміщення і закріплення якої не передбачено ТУ, перевозиться згідно погодженої залізницею затвердженої вантажовідправником технічної документації (креслень і розрахунків розміщення і кріплення вантажів на рухомому складі), виконаними у відповідності до вимог ТУ та [8; 9].

Для перевезення техніки у складі військових ешелонів та транспортів залізниця надає справні та придатні для перевезення даного вантажу, очищені від залишків бруду й сміття вагони. Придатність вагонів для перевезення в технічному відношенні визначає залізниця.

Придатність вагонів для перевезення вантажу в комерційному відношенні визначає відправник вантажу, якщо навантаження здійснюється його силами, або залізниця, якщо навантаження здійснюється силами залізниці. Платформи, які подаються під навантаження техніки, яка закріплюється за допомогою багаторазових пристроїв типу металевих шпор, упорних металевих башмаків, універсальних багаторазових кріплень (УБК), повинні мати настил полу із щільно підігнаних цілих дощок, укріплених по всьому периметру сталевим кутком.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемні питання організації процесу виконання військових перевезень, розглядалися в [2; 3; 10]. Подібні задачі, які стосуються аналізу кріплення озброєння, військової техніки при перевезенні залізничним транспортом, не розглядалися.

Основний матеріал дослідження. Для перевезення ОВТ в складі військових ешелонів, а також транспортів, що прямують під охороною військових варт встановлюється порядок викладений в [7; 8].

Техніка, яка перевозиться в складі військових транспортів без супроводу військових варт, перевозиться на загальних підставах згідно з вимогами ТУ.

Техніка, яка перевозиться в складі військових транспортів без супроводу військових варт, спосіб розміщення та кріплення якої не передбачені ТУ, перевозиться відповідно до [6; 8].

Під час перевезення техніки в міжнародному сполученні необхідно дотримуватися вимог законодавства тих держав, залізницями яких буде здійснюватися перевезення.

Залізничний рухомий склад.

Для перевезення техніки у складі військових ешелонів та військових транспортів залізниця надає технічно справні, придатні для перевезення даного вантажу, очищені від залишків раніше перевезеного вантажу, засобів кріплення, сміття та бруду вагони.

Придатність вагонів для перевезення конкретних військових вантажів (у комерційному відношенні) визначає відправник, якщо завантаження здійснюється його засобами, або залізниця, якщо завантаження здійснюється засобами залізниці. Придатність вагонів у технічному відношенні визначає залізниця.

Платформи, які подаються під навантаження техніки, повинні мати покриття підлоги із щільно підігнаних цілих дощок, зміцнених по всьому периметру сталевим кутником.

Для розміщення й закріплення техніки застосовують дротові розтяжки (ув'язки, обв'язки, стяжки), дерев'яні упорні й бокові бруски, підкладки, прокладки, розпірні бруски, стійки, каркаси, касети, піраміди, ложементи, турнікети, скоби, цвяхи, а також засоби багаторазового кріплення (УБК, шпори, ланцюгові розтяжки).

Розтяжки (обв'язки, стяжки, ув'язки) для закріплення техніки можуть бути одноразового (дротові) або багаторазового (ланцюгові) використання.

Відповідальність за якість і надійність засобів кріплення несе відправник.

Розтяжки закріплюють на машинах за буксирні гаки або петлі, мости, рами та інші деталі, які забезпечують міцність закріплення і не можуть бути ушкоджені розтяжками.

Для виготовлення розтяжок, обв'язок, стяжок, ув'язок використовується сталевий дріт, термічно оброблений (відпалений), круглого перерізу, діаметром не менше 4 мм, без тріщин, закручувань та інших дефектів або квадратного перерізу, виготовлений відповідно до чинних державних стандартів України.

Маса та довжина дроту в стандартному й зменшеному мотках (бухтах) наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Вага та довжина дроту в мотках (бухтах)

Діаметр дроту, мм	Маса 1000 пог. м, кг	Стандартний моток (бухта)		Зменшений моток (бухта)	
		довжина, м	маса, кг	довжина, м	маса, кг
4	99	202	20	101	10
5	154	162	25	78	12
6	222	113	25	54	12

Дерев'яні деталі кріплення (упорні і бокові бруски, вкладиші, підкладки, прокладки, розпірні бруски, стійки) виготовляють тільки із якісної деревини. Забороняється використовувати осику, вільху, липу й сухостійну деревину.

У деталях кріплення з твердих порід (дуб, граб тощо) для цвяхів просвердлюються отвори.

Упорні бруски (напівкругляки, четвертини полін, обрізки шпал та інше) використовуються для перешкодження переміщення ВГМ і колісних машин вздовж платформ представлені на рисунку 1.

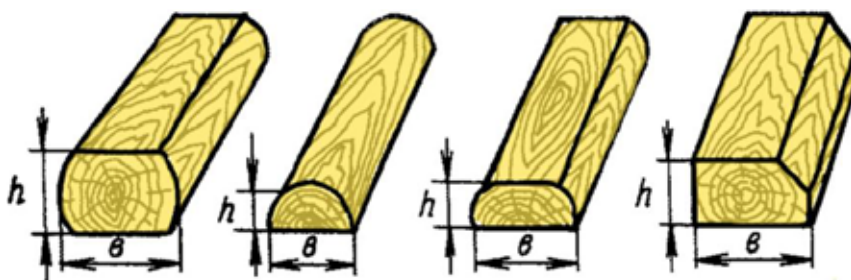


Рис. 1. Дерев'яні упорні бруски

Розміри брусків встановлюють залежно від маси ВГМ або діаметру колеса та наведені в таблицях 2 і 3.

Таблиця 2

Розміри брусків у залежності від діаметру колеса

Розміри бруска, (не менше) мм	Діаметр колеса, мм					
	менше ніж 500	500–799	800–1099	1100–1399	1400–599	1600 та більше
Висота	40	50	75	100	135	150
Ширина	100	100	120	160	200	220

Таблиця 3

Розміри брусків у залежності від ваги ВГМ

Розміри бруска, мм (не менше)	Маса ВГМ, т		
	до 12,0	12,1–18,0	більше ніж 18,0
Висота	10	150	180
Ширина	150	180	200

Для закріплення колісних машин допускається застосування упорних брусків прямокутного перетину, складених із двох частин по висоті і скріплених між собою цвяхами. Кількість цвяхів, що з'єднують нижню

частину бруска з підлогою вагона, а верхню – з нижньою частиною бруска, повинна бути не менше ніж визначена розрахунком для кріплення бруска до підлоги вагона.

Бокові бруски використовуються для перешкодження поперечному переміщенню ВГМ на платформі (та при деяких способах закріплення колісних машин), коли борти платформ не можуть бути закриті, а також у разі розташування їх над автозчепами вагонів, які входять до складу зчепу.

Бокові бруски для закріплення ВГМ повинні мати розміри не менше ніж 100х100х2000 мм.

Для колісних машин на одиночних вагонах з діаметром коліс до 1200 мм включно розміри брусків повинні бути не менше ніж 75х100х500 мм, при більшому діаметрі – не менше ніж 150х200х700 мм. Для колісних машин на зчепках розміри бокових брусків з діаметром коліс до 1200 мм включно – не менше ніж 75х100х500 мм, при більшому діаметрі – не менше ніж 150х200х1000 мм.

Типові упорні і бокові бруски перешкоджають поздовжньому і поперечному переміщенню колісних машин на платформах та використовуються багаторазово, виготовляються відправником представлені на рисунку 2.

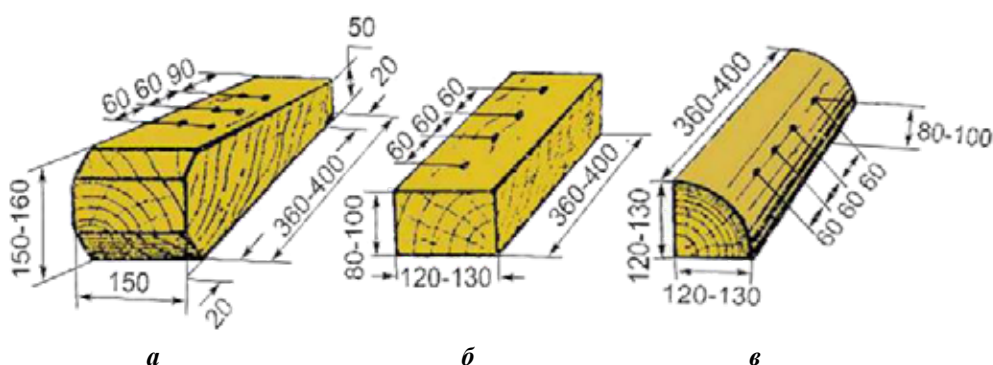


Рис. 2. Типові дерев'яні упорні та бокові бруски: а – упорний брусок; б, в – бокові бруски

Дозволяється виготовлення типових брусків із матеріалів, наданих залізницею для закріплення техніки військових ешелонів, у типових брусках для цвяхів просвердлюють отвори.

Підкладки, прокладки й розпірні бруски застосовують для розосередження навантажень, запобігання ушкодження техніки тощо.

Довжина поперечних підкладок повинна дорівнювати ширині вагонів, а прокладки – ширині вантажу. Дозволяється вихід кінців прокладок за навантажений вантаж до 200 мм за умови забезпечення габариту навантаження.

Висота підкладок і прокладок повинна бути не менше 25 мм, а розпірних брусків – 50 мм.

Для закріплення техніки використовують цвяхи (скоби), розміри яких наведені у таблицях 4–5.

Таблиця 4

Розміри цвяхів для кріплення

Діаметр стержня цвяха, мм	Довжина цвяха, мм	Маса 1000 цвяхів, кг	Кількість цвяхів в 1кг, шт.
5	150	23,2	43
6	200	43,9	22–23
8	250	98,6	10

Таблиця 5

Розміри скоб для кріплення

діаметр стержня	Розміри скоб, мм		Маса 100 скоб, кг
	довжина скоби	довжина рога	
8	250–300	70–80	150–160
10	250–300	70–80	210–250
12	250–300	70–80	300–360

Для кріплення розтяжок (обв'язок) у вагонах використовують: бокові і торцеві стійкові скоби; опорні кроштейни на кінцевій балці рами; підлогові ув'язувальні пристрої (за наявності). Наведено на рисунках 3 та 4.

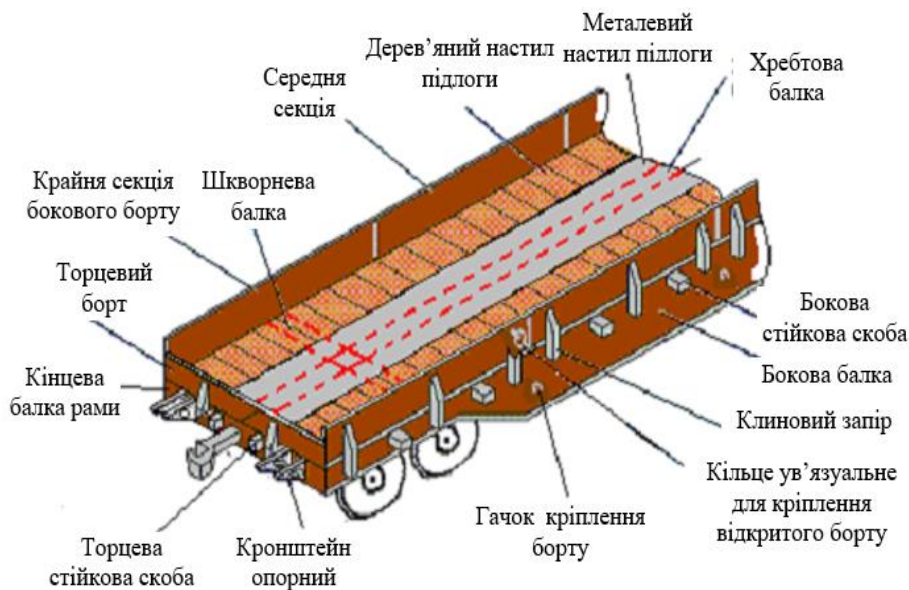


Рис. 3. Кріплення розтяжок

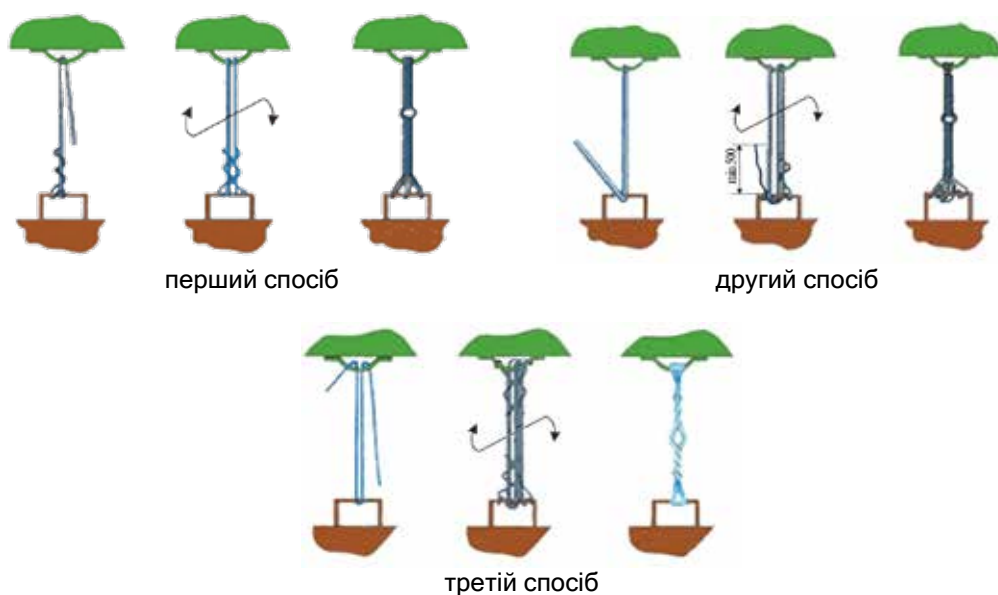


Рис. 4. Способи встановлення дротяних розтяжок

Скручування розтяжки має бути рівномірним по всій її довжині.

Пристосування для скручування має встановлюватися посередині між ув'язувальними пристроями вагона і вантажу (ув'язувальним пристроєм вагона і перегином на вантажі, місцями перегину на вантажі).

Допускається при довжині розтяжки (обв'язки) більше ніж 1,5 м скручувати її в 2 місцях, не допускаючи розкручування скрученої раніше ділянки.

Обв'язки необхідно скручувати не менше ніж у 2 місцях – на протилежних гілках.

У розтяжках, які мають перегини гілок на вантажі, необхідно додатково скручувати ділянки між перегинами довжиною більше ніж 300 мм (рис. 5).

Під час розрахунку в розтяжках (обв'язках, стяжках, ув'язках) число ниток дроту, робочий перетин і допустиме навантаження визначаються без урахування решти кінців зашпарування (рис. 6). Число ниток в розтяжках, обв'язках, стяжках має бути парним.

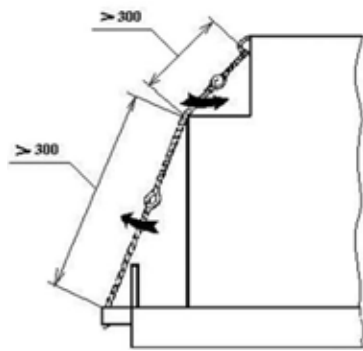


Рис. 5. Порядок скручування розтяжок за наявності перегину

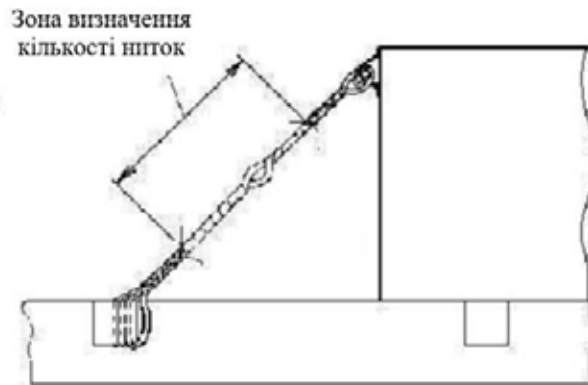


Рис. 6. Визначення кількості ниток в розтяжці

Не допускається виготовляти розтяжки (обв'язки, ув'язки, стяжки) числом ниток більше ніж 8 при діаметрі дроту від 6 мм.

Не допускається торкання між собою розтяжок (обв'язок) під час закріплення техніки, яка має можливість пружних коливань щодо вагона, наприклад, обресореного.

На ВГМ розтяжки дозволяється закріплювати за гусениці в обхват.

На колісних машинах, встановлених над автозчепами вагонів, які входять до складу зчепу, розтяжки закріплюють за задні або за задні й середні мости.

Розтяжки не повинні торкатися гумових шин коліс машин, гострих металевих деталей вагонів, техніки й одна одної.

Розтяжки з натяжними пристроями не повинні торкатися закритого борту платформи. Якщо цього уникнути неможливо, то борт повинен бути опущений.

Розтяжки встановлюють таким чином, щоб одночасно кути між розтяжкою і підлогою вагона, між проєкцією розтяжки на підлогу вагона й поздовжньою віссю вагона не перевищували 45° (рис. 7). Якщо такі кути забезпечити неможливо, то дозволяється їх збільшення з обов'язковим збільшенням перетину розтяжок.

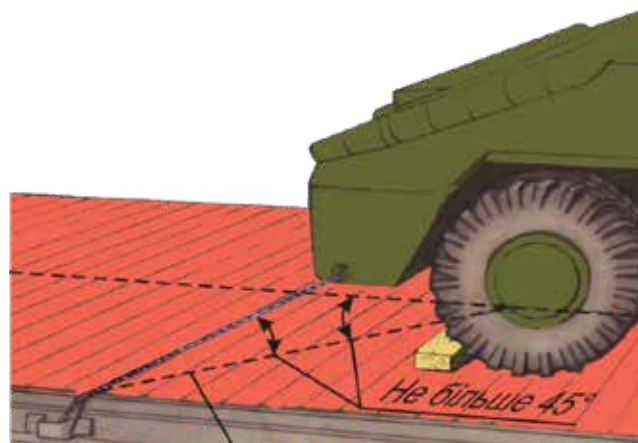
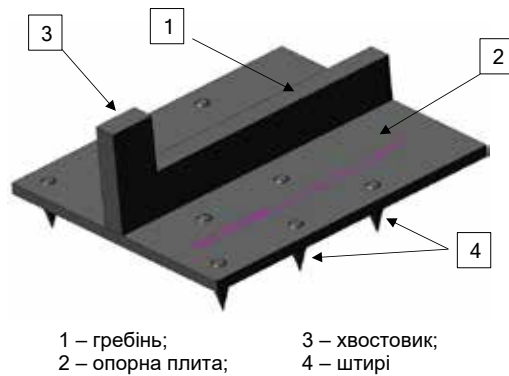


Рис. 7. Розміщення розтяжки під час кріплення техніки

Повторне використання дроту в розтяжках не допускається.

Комплекти універсальних багатообертових кріплень (УБК-1Г та УБК-2Г) використовуються для розміщення та кріплення на залізничних платформах всіх типів ВГМ (рис. 8).

Кріплення являють собою металеву опорну плиту з привареними вертикальними штирями, які під дією ваги машини входять у дошки підлоги платформи. На плиті є гребінь із хвостовиком, що втримує машину від поздовжніх і поперечних переміщень.



1 – гребінь;
2 – опорна плита;
3 – хвостовик;
4 – штирі

Рис. 8. Універсальні багатообертові кріплення (УБК-1Г, УБК-2Г) для кріплення військових гусеничних машин

Залежно від ваги ВГМ застосовують два типи кріплень, основні характеристики яких наведені в таблиці 6.

Таблиця 6

Характеристики УМК-1Г, УМК-2Г

Тип УБК	Маса ВГМ, тонн	Розміри опорної плити (довжина × ширина × товщина), мм	Кількість стрижнів, шт.	Розміри стрижнів (довжина × діаметр), мм	Маса комплекту (чотирьох упорів), кг
УБК-1Г	7–25	280 × 200 × 8	6	26 × 14	25
УБК-2Г	25,1–42,0	280 × 240 × 10	10	26 × 14	31

Комплекти універсальних багатообертових кріплень (УБК-1К та УБК-2К) використовуються для розміщення та кріплення на залізничних платформах усіх типів колісних машин.



Рис. 9. Комплект універсальних багатообертових кріплень (УБК-1К, УБК-2К) для кріплення військових колісних машин

Комплекти універсальних багатообертових кріплень (УБК-1КМ та УБК-2КМ) використовуються для розміщення та кріплення на залізничних платформах несправної техніки (несправні гальмівні пристрої).

Металеві шпори застосовують для закріплення на залізничних платформах відповідних типів ВГМ (рис. 10).

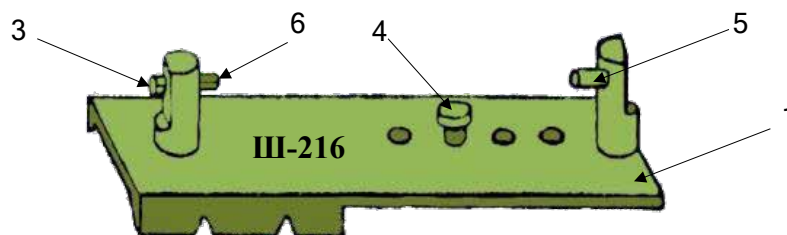


Рис. 10. Металева шпора для кріплення військових гусеничних машин:
1 – плита; 2 – гребені плити; 3 – стійка; 4 – обмежувач; 5 – фіксатор; 6 – шплінт; 7 – отвір для обмежувача

Шпора являє собою металеву опорну плиту з вертикальними полицями у вигляді гребенів, які під дією маси машини входять у дошки підлоги платформи.

Для з'єднання із траком гусениці на плиті є дві вертикальні стійки з фіксаторами (поворотними притискними прапорцями).

Основні характеристики шпор наведені в таблиці 7.

Таблиця 7

Характеристики шпор

Тип шпор	Розміри опорної плити (довжина × ширина × товщина), мм	Висота гребня (стрижня), мм	Маса комплексу (чотирьох шпор), кг
Ш-137	585 × 140 × 12	30	48,0
Ш-434	545 × 150 × 16	28	57,4
Ш-216	605 × 140 × 25	30	84,0
Ш-575	370 × 120 × 9	23	26,8
Ш-915	250 × 100 × 5	30	8,0
Ш-350	375 × 130 × 12	25	31,0
Ш-70	590 × 146 × 14	28	48,0
Ш-65Л	530 × 170 × 14	28	60,0
Ш-303	500 × 140 × 12	30	38,8
Ш-78	380 × 110 × 10	30	25,0

Для кріплення колісної техніки на рухомому складі залізничного транспорту використовується 3 способи:

1. Закріплення колісних машин першим способом

Закріплення колісних машин першим способом виконується комплектами універсальних багатообертових кріплень (УБК-1К, 2К без ланцюгових розтяжок; УБК-1КМ, 2КМ з ланцюговими розтяжками).

Закріплення колісних машин комплектами УБК-1К, 2К.

Машини з масою окремих одиниць до 15 т закріплюють одним комплектом УБК-1К, з масою 15,1 – 26 т – одним комплектом УБК-2К, а з масою 26,1 – 40 т – двома комплектами УБК-2К.

Двовісні машини закріплюють чотирма поздовжніми упорами, які встановлюють біля коліс переднього й заднього мостів (попереду й позаду коліс) і чотирма поперечними, установленими під кожне колесо з внутрішньої (зовнішньої) сторони (рис. 11).

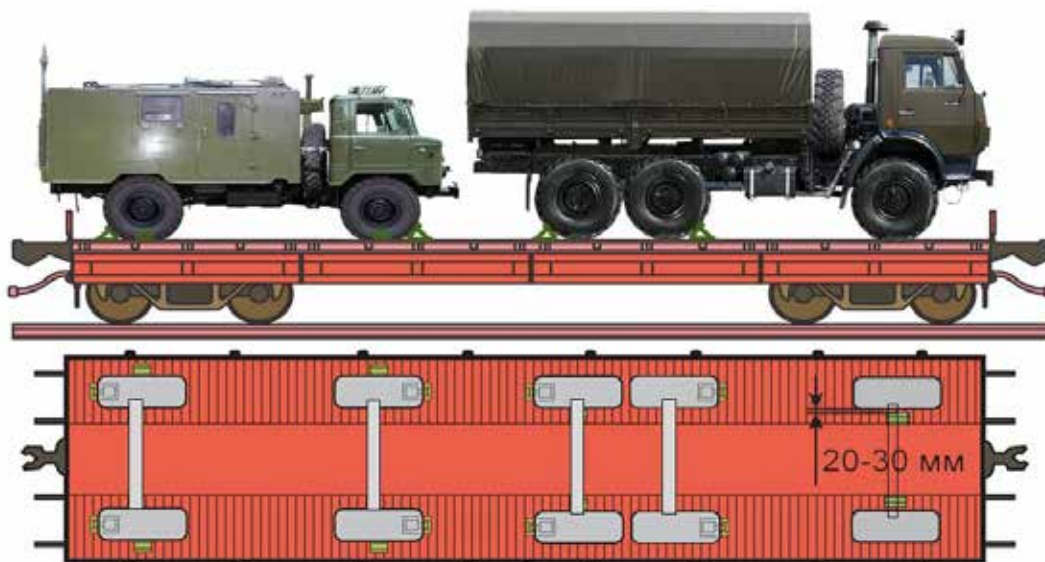


Рис. 11. Закріплення колісних машин першим способом

Під час закріплення чотиривісної машини двома комплектами УМК-2К поздовжні упори встановлюють біля коліс першого й третього мостів в один бік, другого й четвертого – у протилежний. Поперечні упори встановлюють під кожне колесо (рис. 12).

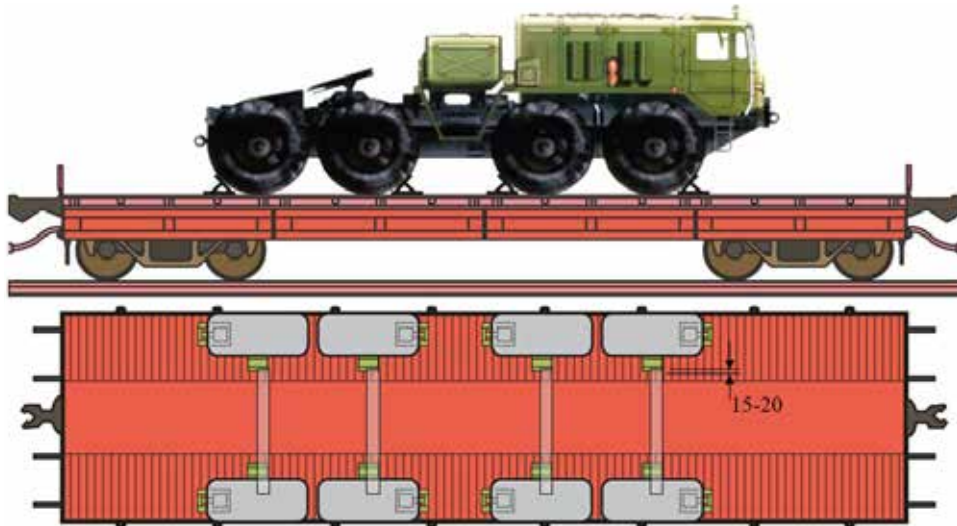


Рис. 12. Розташування поперечних упорів при першому способі

Під час закріплення чотиривісних машин одним комплектом УМК-2КМ поздовжні упори встановлюють біля коліс крайніх мостів (попереду й позаду коліс), а поперечні – під ті ж самі колеса тільки з внутрішнього боку та чотирма ланцюговими розтяжками, які виключають перекидання машини в процесі перевезення і при виконанні вантажно-розвантажувальних операцій (рис 13).

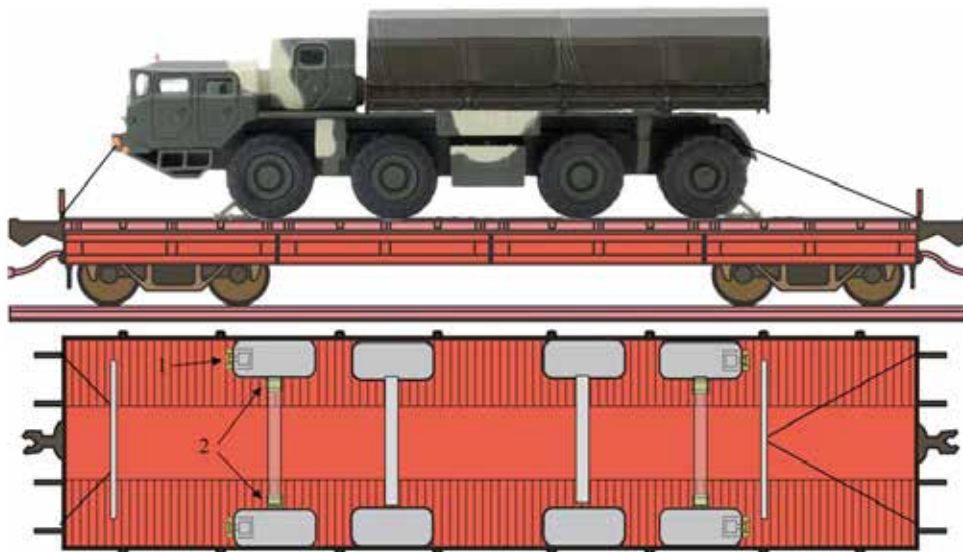


Рис. 13. Кріплення чотиривісного автомобіля за допомогою одного комплекту УМК-2КМ:
1 – поздовжній упор; 2 – поперечний упор

У разі розташування над автозчепами вагонів, які входять до складу зчепу нього й заднього мостів. Поперечні упори встановлюють під колеса заднього й переднього мостів із зовнішніх (внутрішніх) сторін.

Якщо за конструктивними особливостями машини бокові борти платформ після навантаження не можуть бути закриті, то поперечні упори встановлюють під кожне колесо машини.

Зазначена вимога поширюється й під час перевезення техніки на платформах без бортів.

Під колеса переднього моста упори встановлюють на відстані 20–30 мм від бокової поверхні шин (рис. 14).

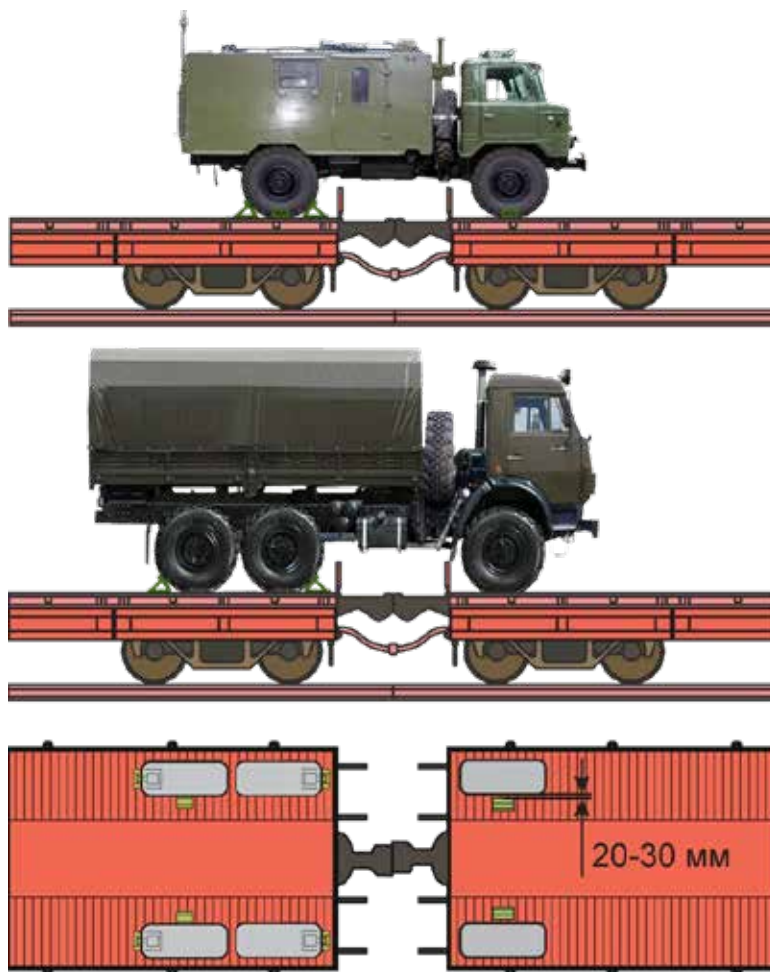


Рис. 14. Кріплення над автозчепом платформ

2. Закріплення колісних машин за другим способом

Закріплення колісних машин вагою до 24 т другим способом виконують чотирма дротовими (табельними) розтяжками, а вагою від 24,1 до 40 т – вісьмома розтяжками.

Залежно від ваги машин та їх конструктивних особливостей колеса закріплюють чотирма або вісьмома дерев'яними упорними брусками, які укладають довгою стороною поперек платформ й щільно підганяють під колеса.

Колеса двовісних машин закріплюють із зовнішніх (внутрішніх) сторін чотирма упорними брусками.

У тривісних машин колеса переднього моста закріплюють брусками по обидві сторони, а колеса середнього й заднього мостів – із зовнішніх сторін. Колеса двовісних причепів закріплюють із зовнішніх (внутрішніх) сторін, а одновісних – по обидві сторони (рис. 15).

У чотиривісних машин упорними брусками закріплюють колеса всіх мостів (рис. 16).

Під час розміщення машин над автозчепами вагонів, які входять до складу зчепу платформ у двовісних машин підклинюють упорними брусками по обидві сторони колеса заднього моста, в тривісних – із зовнішніх сторін колеса середнього й заднього мостів.

Паралельно колесам переднього моста із зовнішніх (внутрішніх) сторін на відстані 20–30 мм від бокової поверхні шин встановлюють поздовжні напрямні бруски, кожний з яких прибивають при вазі машини до 12 т чотирма цвяхами діаметром 6 мм і довжиною 200 мм, при більшій вазі – шістьма цвяхами.

Під час розміщення машин над автозчепами вагонів, які входять до складу зчепу платформ у двовісних машин підклинюють упорними брусками по обидві сторони колеса заднього моста, в тривісних – із зовнішніх сторін колеса середнього й заднього мостів.

Паралельно колесам переднього моста із зовнішніх (внутрішніх) сторін на відстані 20–30 мм від бокової поверхні шин встановлюють поздовжні напрямні бруски, кожний з яких прибивають при вазі машини до 12 т чотирма цвяхами діаметром 6 мм і довжиною 200 мм, при більшій вазі – шістьма цвяхами.



Рис. 15. Закріплення колісних машин другим способом

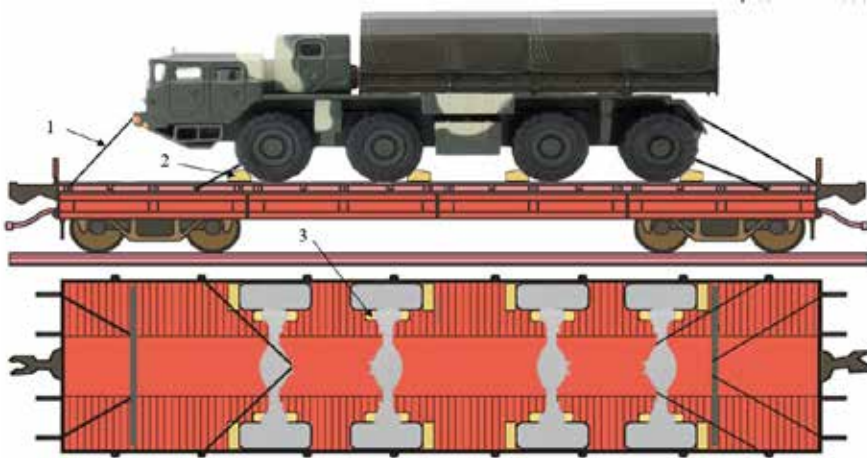


Рис. 16. Закріплення чотиривісних машин другим способом

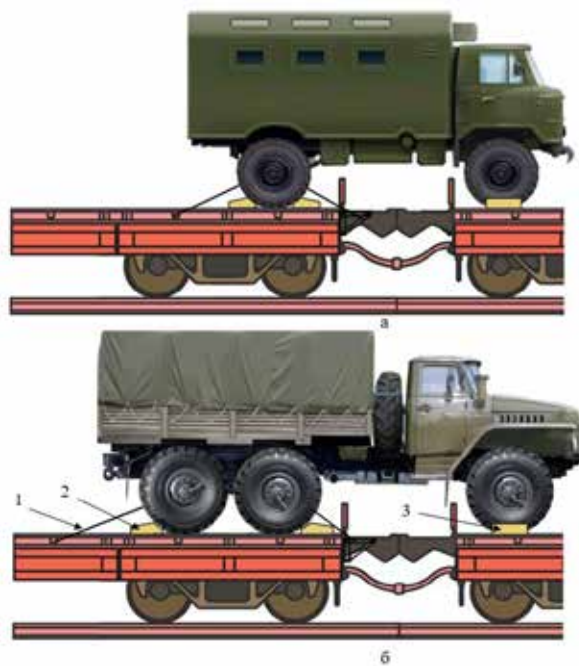


Рис. 17. Кріплення над автозцепом платформ другим способом

3. Закріплення колісних машин за третім способом

Третім способом закріплення колісних машин є встановлення типових упорних брусків, що передніх та задніх коліс із зовнішньої чи внутрішньої сторони (рис. 18).

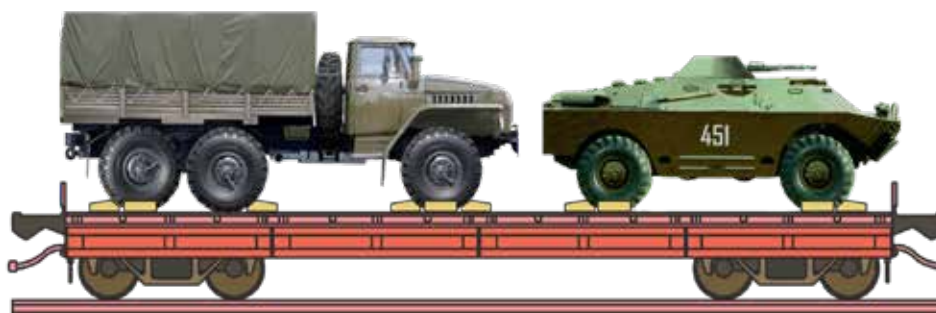


Рис. 18. Закріплення колісних машин третім способом

Кожний упорний брусок прибивають шістьма, а кожний боковий – чотирма цвяхами діаметром 6 мм, довжиною 200 мм.

Колісні машини вагою окремих одиниць до 5,5 т підклинують чотирма упорними брусками, а масою 5,6–12 т – вісьмома брусками. Кожну машину незалежно від її маси кріплять чотирма боковими брусками.

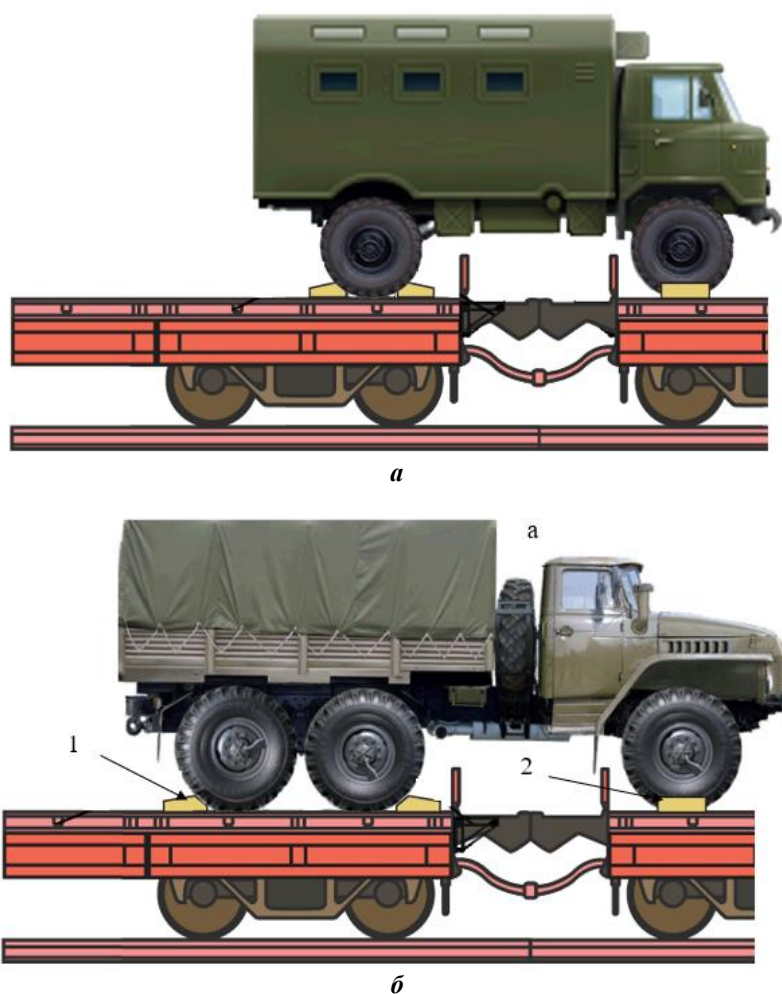


Рис. 19. Кріплення над автозцепом платформ третім способом

Під час навантаження над автозчепами вагонів, які входять до складу зчепу платформ задні колеса машин масою окремих одиниць 5,6 т та більше, а також колеса середнього та заднього мостів тривісних машин підклинюють подвоєною кількістю типових упорних брусків.

Для кріплення гусеничної техніки на рухомому складі залізничного транспорту використовується 3 способи:

1. Закріплення гусеничних машин першим способом

Першим способом закріплення на залізничних платформах ВГМ виконують комплектами універсальних багатообертових кріплень (УБК-1Г та УБК-2Г).

Комплект складається з чотирьох упорів, які встановлюють з внутрішньої сторони під гусениці в місцях спирання на них других та передостанніх опорних котків. Упори перешкоджають поздовжнім та поперечним переміщенням техніки.

Два упори встановлюють під одну і два під другою гусеницею.

Одиницю ВГМ перед закріпленням встановлюють симетрично поздовжній осі платформи, на її початку.

Перед гусеницями, з їх внутрішньої сторони, у місці, де передбачається знаходження передостанніх опорних котків, установлюють першу пару кріплень, по одному в кожній гусениці (рис. 20 а, б, в, г, д, е).

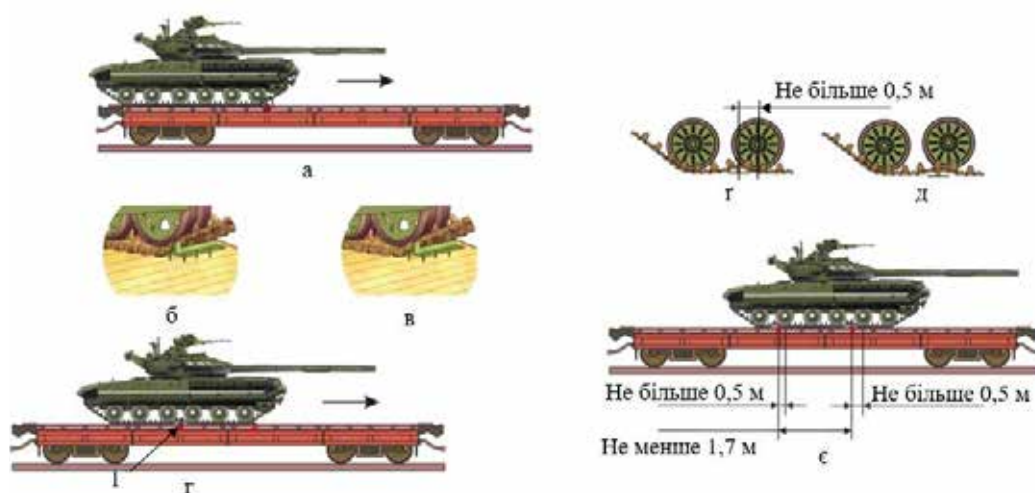


Рис. 20. Порядок кріплення на платформі військової гусеничної машини за допомогою УМК-2Г:

- а – положення машини та визначення місця встановлення першої пари упорів; б – розміщення упору під гусеничними стрічками з торцевими цівками; в – розміщення упору під гусеницею без торцевих цівок;
- г – положення машини та визначення місця встановлення другої пари упорів: 1 – упор першої пари;
- г – розміщення упору під гусеницею у місці спирання на неї другого (передостаннього) опорного котка;
- д – розміщення упору під гусеницею між точками спирання опорних котків; е – мінімально допустимі відстані між упорами першої та другої пари

Кріплення встановлюють таким чином, щоб їх гребені знаходилися поміж ґрунтозачепами, а хвостовики заходили в торцеві цівки (за їх наявності) траків гусениць.

Машину просувають вперед та зупиняють перед місцем, де передбачається знаходження других опорних котків. Установлюють другу пару кріплень з дотриманням вимог встановлення першої пари.

Просувають машину по платформі далі вперед, поки кріплення не опиняться в місцях спирання на гусениці других та передостанніх опорних котків.

Допускається розміщення кріплень під гусеницями безпосередньо в місці спирання на них других та передостанніх котків, або на відстані 0,5 м від точок спирання котків, але не менше 1,7 м один від одного.

У процесі встановлення кріплень, після кожної зупинки машини, двигун вимикають, а машину загальмовують.

До роботи з обладнанням (кріпленням) допускаються тільки особи, які вивчили цей Порядок та правила безпеки.

Використання кріплень з пошкодженою конструкцією (поламани штирі, поломка гребеня, порушення цілісності зварних швів тощо) не допускається.

Порядок закріплення ВГМ за допомогою УБК може бути таким, як у випадку із закріпленням їх металевими шпорами.

2. Закріплення ВГМ за другим способом

Згідно з другим способом кріплення ВГМ на залізничних платформах виконується комплектами металевих шпор.

Комплект складається з чотирьох шпор, які встановлюються під гусениці в місцях знаходження на них других та передостанніх опорних котків. Шпори перешкоджають повздовжнім та поперечним переміщенням техніки.

Дві шпори встановлюють під однією і дві під другою гусеницею.

Порядок закріплення ВГМ шпорами

Перед навантаженням необхідно перевірити правильність розміщення стійок на шпорах, надійність їх кріплення на опорній плиті, а також наявність обмежувача, фіксатора та їхніх шплінтів.

Палець-обмежувач у шпорі повинен бути вставлений в отвір горизонтальної частини плити, найближчий до бокового краю платформи та зашплінтований. Відстань від кутника, який скріплює дошки підлоги платформи, до обмежувача повинна бути не більше 40 мм.

У ВГМ, яка стоїть на платформі в положенні для перевезення, помічають траки гусениць, що розміщені під другими та передостанніми опорними котками (рис. 21, а).

Після чого ВГМ просувають вперед (назад), у цівки або отвори траків встановлюють першу пару шпор (рис. 21, б).

ВГМ просувають назад (вперед) і таким самим чином встановлюють другу пару шпор (рис. 21, в).

Потім повертають ВГМ у початкове положення, при цьому шпори опиняються під траками гусениць у місцях спирання на них других та передостанніх опорних котків. За потреби ВГМ просувають уперед (назад) до тих пір, поки гребені шпор не увійдуть в дошки підлоги платформи (рис. 21, г).

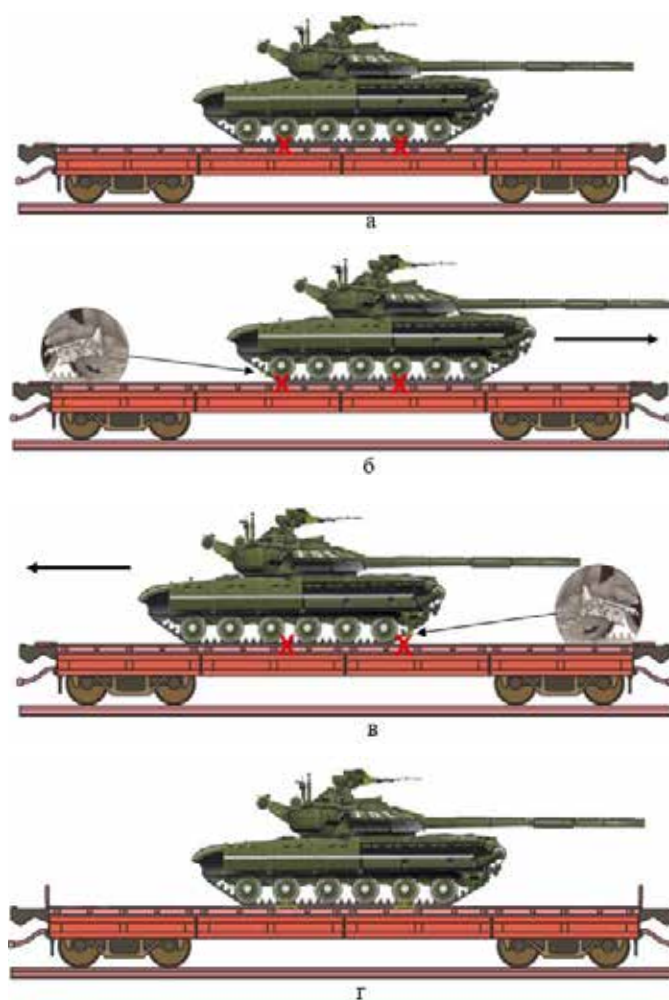


Рис. 21. Порядок кріплення на платформі військової гусеничної машини за допомогою шпор: а – визначення місць встановлення шпор; б – встановлення першої пари шпор; в – встановлення другої пари шпор; г – машина, встановлена в положення для перевезення.

3. Закріплення ВГМ за третім способом

Третім способом ВГМ закріплюють за допомогою чотирьох розтяжок із дроту діаметром 6 мм і чотирьох упорних брусків (рис. 22).

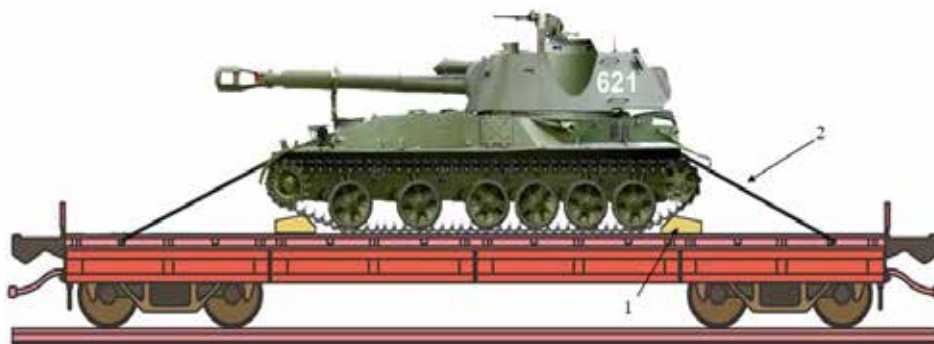


Рис. 22. Кріплення військової гусеничної машини за допомогою розтяжок і упорних брусків:
1 – упорний брусок; 2 – розтяжка

Бруски встановлюють щільно до гусениць довгою стороною впоперек платформи та прибивають до підлоги цвяхами діаметром 6 мм. Кількість ниток у розтяжці та кількість цвяхів для встановлення упорних брусків визначають за таблицею 8.

Таблиця 8

Витрати матеріалів для кріплення ВГМ

Вага машини, тонн	Кількість ниток дроту в розтяжці, шт.	Витрата дроту на машину з урахуванням ув'язки бортів платформ		Кількість скоб на упорний брусок, шт.	Усього скоб на машину*, шт.
		кг	пог. м		
До 15	4	10,0	45	3**	12**
15,1–25	6	14,5	65	4	16
25,1–50	8	19,0	85	4	16

* Кількість скоб без урахування додаткового кріплення від поперечного переміщення.

** Кількість скоб без урахування додаткового закріплення від поперечного переміщення.

** Замість двох скоб дозволяється застосовувати вісім цвяхів діаметром 6 мм та довжиною 200 мм.

ВГМ вагою до 25 т під час перевезення на платформах із відкритими поздовжніми бортами додатково закріплюють від поперечного зміщення боковими брусками розміром 100 × 100 × 2000 мм.

Бокові бруски укладають уздовж кожної гусениці з її внутрішньої сторони та прибивають кожний брусок вісьмома цвяхами діаметром 6 мм та довжиною 200 мм. Зазор між гусеницями та боковими брусками повинен бути 10–15 мм (рис. 23).



Рис. 23. Кріплення військової гусеничної машини від поперечного переміщення бічними брусками

Перевірку правильності розміщення, закріплення й маскуванню техніки під час навантаження військового ешелону проводить начальник ешелону, а під час навантаження військового транспорту – відправник військового транспорту (далі – відправник), які несуть відповідальність за розміщення, закріплення й маскуванню техніки, у тому числі за кількість, розміри і якість матеріалів та засобів кріплення, які використовувалися під час закріплення техніки.

Висновки. Таким чином, непередбачене збільшення часових витрат саме на операції з навантаження/вивантаження ОБТ суттєво впливає на якість процесів виконання військових операцій (бойових дій). Тому, враховуючи вище наведені дані та з метою більш якісного виконання військових операцій (бойових дій), виникає нагальна потреба в виготовленні комплектів універсальних багатооберткових кріплень на кожному техніку, а також створення запасів матеріалів і засобів кріплення для розміщення та закріплення техніки на відкритому рухомому складі.

Список використаних джерел:

1. Про оборону України : Закон України. № 1933-XII. 1991. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1932-12>.
2. Про функціонування єдиної транспортної системи України в особливий період : Закон України. № 194-XIV. 1998. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/194-14>.
3. Про мобілізаційну підготовку та мобілізацію : Закон України. № 3543-XII. 1993. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3543-12>.
4. Про транспорт : Закон України. № 232/94-ВР. 1994. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-вр>.
5. Про затвердження Порядку організації діяльності залізничного транспорту під час здійснення військових залізничних перевезень : постанова КМУ. № 891-2015. 1994. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/891-2015>.
6. Про затвердження Положення з військових перевезень залізничним, морським, річковим та повітряним транспортом : Наказ Міністерства оборони України. № 595. 2013. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1662-13>.
7. З організації переміщень та перевезень (транспортувань) у Збройних Силах України : Доктрина Генерального штабу Збройних сил України. № 2464/НВГШ. 2020. ВКП 400(03).01.
8. Про затвердження Інструкції з управління військовими залізничними перевезеннями : Наказ Міністра оборони України. № 853. 2014. Обмеження вільного доступу.
9. Порядок організації діяльності залізничного транспорту під час здійснення військових залізничних перевезень : Постанова Кабінету Міністрів України. № 891. 2015. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/891-2015>.
10. Гаврилюк І. Ю. Робота органів військового управління щодо організації та забезпечення військових перевезень протягом 2014–2016 років з урахуванням досвіду проведення антитерористичної операції. *Збірник наукових праць Військової академії м. Одеса*. 2016. № (2). С. 60–68.

References:

1. Pro oboronu Ukrainy [*On the defense of Ukraine*] (Law of Ukraine). № 1933-XII. (1991). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1932-12>.
2. Pro funktsionuvannya yedynoi transportnoi systemy Ukrainy v osoblyvyi period [*About the functioning of the unified transport system of Ukraine in a special period*]. (Law of Ukraine). № 194-XIV. (1998). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/194-14>.
3. Pro mobilizatsiynu pidhotovku ta mobilizatsiynu [*About mobilization training and mobilization*]. (Law of Ukraine). № 3543-XII. (1993). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3543-12>.
4. Pro transport [*About transport*] (Law of Ukraine). № 232/94-ВР. (1993). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-вр>.
5. Pro zatverdzhennia Poriadku orhanizatsii diialnosti zaliznychnoho transportu pid chas zdiisnennia viiskovykh zaliznychnykh perevezen [*On the approval of the Procedure for the organization of rail transport activities during military rail transport*]. (CMU Resolution). № 891-2015. (1994). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/891-2015>.
6. Pro zatverdzhennia Polozhennia z viiskovykh perevezen zaliznychnym, morskym, richkovym ta povitrianyym transportom [*On approval of the Regulation on military transport by rail, sea, river and air transport*] (Order of the Ministry of Defense of Ukraine). № 595. (2013). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1662-13>.
7. Z orhanizatsii peremishchen ta perevezen (transportuvan) u Zbroinykh Sylakh Ukrainy [*On the organization of movements and transportation (transportation) in the Armed Forces of Ukraine*]. (Doctrine of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine). № 2464/НВГШ. (2020). ВКП 400(03).01.
8. Pro zatverdzhennia Instruksii z upravlinnia viiskovymy zaliznychnymy perevezenniamy [*On the approval of the Instructions for the management of military railway transportation*]. (Order of the Minister of Defense of Ukraine). № 853. (2014). Limitation of free access.

9. Poriadok orhanizatsii diialnosti zaliznychnoho transportu pid chas zdiisnennia viiskovykh zaliznychnykh perevezen [*The procedure for organizing the activities of railway transport during the implementation of military railway transport*]. (CMU Resolution). № 891. (2015). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/891-2015>.

10. Gavrilyuk, I. Yu. (2016). Robota orhaniv viiskovoho upravlinnia shchodo orhanizatsii ta zabezpechennia viiskovykh perevezen protiahom 2014–2016 rokiv z urakhuvanniam dosvidu provedennia antyterrorystychnoi operatsii [*The work of military administration bodies regarding the organization and provision of military transportation during 2014–2016, taking into account the experience of conducting an anti-terrorist operation*]. *Collection of scientific works of the Military Academy of Odesa*, (2), 60–68.

Бойко С. М., кандидат технічних наук,
доцент кафедри транспортних технологій
Національного університету «Запорізька політехніка»
ORCID: 0000-0001-9778-2202

Котов О. Б., доктор технічних наук, доцент,
доцент кафедри транспортних технологій
Національного університету «Запорізька політехніка»
ORCID: 0000-0003-2856-1072

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ В АСПЕКТІ «ЗЕЛЕНОЇ» ЛОГІСТИКИ

У статті наголошено, що важливим фактором розвитку світової економіки є рівень надання транспортних послуг, що спонукає до розвитку транспортної інфраструктури та постійного підвищення ефективності і оптимальності її функціонування. Представлено динаміку перевезень пасажирів в Україні у ретроспективі, що показала суттєве його зниження. Також визначено, питома вага видів транспорту в контексті пасажирських перевезень за останні 30 років зазнала змін. Наведено напрямки та підходи щодо впровадження елементів «зеленої» логістики. Запропоновано комбінації видів транспорту для впровадження в структуру пасажироперевезень на регіональному рівні в Україні в аспекті «зеленої» логістики, а саме поєднання дорожнього наземного електротранспорту та внутрішньої авіації, дорожнього наземного електротранспорту та річкового транспорту. Запропоновано перспективні комбінації видів транспорту для впровадження в структуру пасажироперевезень на регіональному рівні в Україні в аспекті «зеленої» логістики, а саме поєднання залізничного транспорту та водневого паливі та наземний електротранспорт, річкового транспорту та водневого паливі та наземний електротранспорт, внутрішньої авіації та водневого паливі та наземний електротранспорт. У дослідженні визначено передумови розвитку мультимодальних технологій пасажирських перевезень на регіональному рівні на теренах України в аспекті «зеленої» логістики. Для впровадження мультимодальних технологій пасажирських перевезень на регіональному рівні необхідно насамперед виконати ряд перетворень. По-перше, необхідно визначити можливості відповідного регіону, де планується впровадження мультимодальних технологій, щодо ресурсного забезпечення. По-друге, треба визначитися щодо перспективних та актуальних пасажирських маршрутів. По-третє, слід забезпечити розвиток відповідної транспортної інфраструктури.

Ключові слова: автотранспорт, модальне перевезення, вплив на довкілля, «зелена» логістика.

Boiko S. M., Kotov O. B. Prospects for the development of multimodal technologies of passenger transportation at the regional level in the aspect of “green” logistics

The article emphasizes that an important factor in the development of the world economy is the level of the provision of transport services, which encourages the development of transport infrastructure and the constant improvement of the efficiency and optimality of its functioning. The dynamics of passenger transportation in Ukraine is presented in retrospect, which showed a significant decrease. It is also determined that the specific weight of the types of transport in the context of passenger transportation has undergone changes over the past 30 years. Directions and approaches to the implementation of elements of “green” logistics are given. Combinations of types of transport are proposed for introduction into the structure of passenger transportation at the regional level in Ukraine in the aspect of “green” logistics, namely the combination of road ground electric transport and domestic aviation, road ground electric transport and river transport. Prospective combinations of types of transport are proposed for introduction into the structure of passenger transportation at the regional level in Ukraine in the aspect of “green” logistics, namely the combination of railway transport and hydrogen fuel and ground electric transport, river transport and hydrogen fuel and ground electric transport, domestic aviation and hydrogen fuel and ground electric transport. In the study, the prerequisites for the development of multimodal technologies of passenger transportation at the regional level on the territory of Ukraine in the aspect of “green” logistics are determined. In order to introduce multimodal passenger transport technologies at the regional level, a number of transformations must first be carried out. First of all, it is necessary to determine the capabilities of the relevant region, where the implementation of multimodal technologies is planned, in terms of resource provision. Secondly, it is necessary to decide on promising and current passenger routes. Thirdly, the development of the appropriate transport infrastructure should be ensured.

Key words: cars, modal transportation, impact on the environment, “green” logistics.

Постановка проблеми. Важливим фактором розвитку світової економіки є рівень надання транспортних послуг, що спонукає до розвитку транспортної інфраструктури та постійного підвищення ефективності і оптимальності її функціонування шляхом впровадження сучасних технологій [1, с. 114–118].

Зокрема, сучасні інформаційні технології в контексті транспортної галузі та загалом в секторі економіки сприяють підвищенню ефективності транспортних процесів, насамперед дають можливість швидкого доступу до інформації щодо суб'єктів та об'єктів доставки та сприяють у прийнятті раціональних та оптимальних рішень.

На тлі розвитку інформаційних технологій та інтелектуалізації процесів управління, у світі спостерігається тенденція до глобалізації ринку товарів та послуг, що стало поштовхом до розвитку сучасних технологій транспортування продукції. Поширення на сьогоднішній день набула технологія мультимодальних перевезень, що характеризується як внутрішньодержавними та міжнародними перевезеннями вантажу змішаним транспортом, так і перевезенням вантажу до пункту призначення двома або більше видами транспорту на підставі єдиного договору [1, с. 114–118].

У зв'язку з розвитком світового ринку мультимодальних перевезень, актуальними стають питання розвитку інтелектуалізації пріоритетних напрямків транспортної галузі, розбудови ефективних мультимодальних транспортних систем та зміцнення транзитного потенціалу транспортної галузі.

Світова тенденція щодо розвитку «зеленої» логістики, як концепції екологічно раціонального проектування та експлуатації логістичних систем, є складовою методології сталого розвитку економіки країни та її регіонів.

Таким чином, актуальним постає питання впровадження мультимодальних транспортних систем в аспекті «зеленої» логістики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Транспортна галузь країни є складовою комплексу економіки і необхідним чинником забезпечення сталого розвитку. Актуальність розвитку транспортної галузі обумовлюється також його особливим значенням щодо забезпечення безпеки та економічного розвитку країни, особливо в умовах сьогодення [2, с. 13–29].

У статті [3, с. 271–280, 7, с. 634–638] здійснено комплексний аналіз стану вантажних перевезень, у тому числі контейнерних.

У статті [5, с. 254–277] описано базові засади щодо перетворень транспортної галузі в одну з базових галузей економіки, що сприятиме збільшенню рівня надходжень до Державного бюджету України, підвищення рівня життя населення, а також забезпечуватиме національну безпеку держави.

Зарубіжний досвід підтверджує те, що у сфері транспорту одним із основних чинників підвищення рівня економічного розвитку є розвиток мультимодальних перевезень [6, с. 86–93]. Варто виділити також наукові праці Steadie Seifi M., Dellaert N. P., Nuijten W., Van Woensel T., & Raoufi R. та ін. дослідників, що підкреслюють вагомий роль мультимодальних перевезень [8, с. 1–15].

Між тим, у дослідженнях не вирішено завдань щодо регіонального розвитку пасажирських перевезень.

Мета статті: проаналізувати та визначити передумови розвитку мультимодальних технологій на регіональному рівні в аспекті «зеленої» логістики.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні картина споживання енергетичних ресурсів загалом, та транспортною галуззю в тому числі має тенденцію до зменшення (рис. 1). Між тим, у порівнянні із загальним обсягом зменшення енергоспоживання, у транспортній галузі ці процеси проходять повільно.

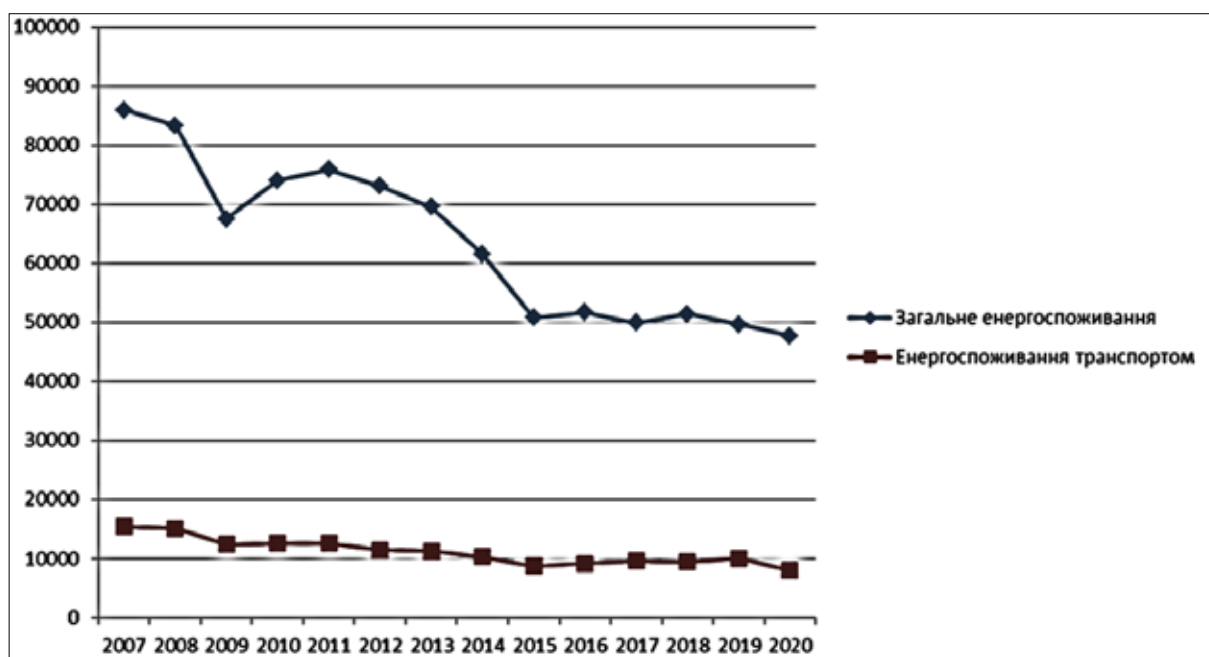


Рис. 1. Загальне кінцеве енергоспоживання за 2007–2020 роки (тис. т н. е.)

Джерело: побудовано авторами з використанням даних [4]

Між тим, аналіз викидів діоксиду вуглецю в атмосферне повітря пересувними джерелами, у тому числі з урахуванням транспорту, показав, що 15 років динаміка викидів коливалася навколо одних і тих самих значень і на разі, поки що не спостерігається тенденції до суттєвого його зниження (рис. 2).

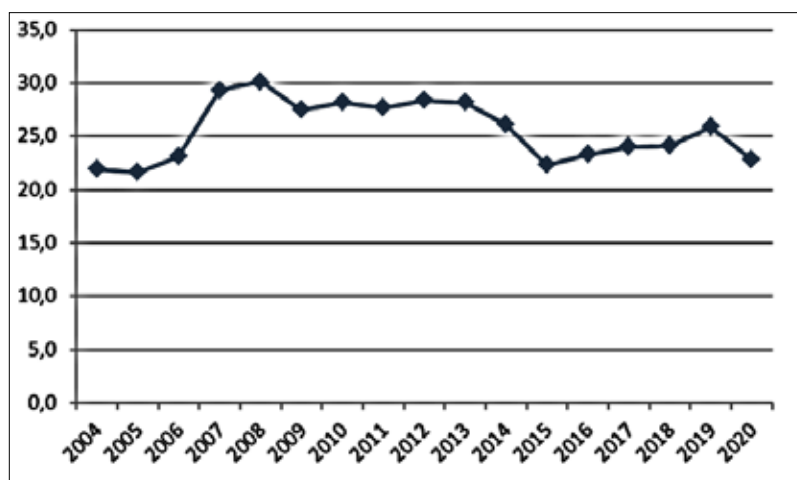


Рис. 2. Викиди діоксиду вуглецю в атмосферне повітря пересувними джерелами з урахуванням транспорту (млн т)
Джерело: побудовано авторами з використанням даних [4]

Таким чином, в Україні потреба переходу до використання альтернативних видів палива в транспортній галузі обумовлена екологічними та економічними факторами. Ефекти забруднення повітря досить помітні в містах з активно розвиненою промисловою агломерацією та густонаселених районах великих міст України [4].

У світовій практиці, в транспортній галузі особлива увага приділяється використанню водню і паливних елементів на автомобільному транспорті. Між тим, на території України є ряд маршрутів значної протяжності, де автобуси на водні могли б конкурувати з традиційними. Слід зазначити, що інфраструктура виробництва і розподілу водню потребує значних капіталовкладень, зважаючи на факт ризиковості інвестування без довгострокової видимої перспективи попиту на водень. Тому, уряди провідних країн світу забезпечують не тільки інвестиційну підтримку, але й забезпечують всебічну законодавчу підтримку даного проекту.

Слід зазначити, що в короткостроковій перспективі водень можна буде виробляти місцево, для забезпечення невеликих заправних станцій, для автопарків, що матимуть власну базу для заправки, що також можуть бути відкритими для громадськості.

Між тим, аналіз загального пасажиропотоку в Україні за останні 30 років показав суттєве його зниження. На цей процес вливали протягом досліджуваного періоду часу багато факторів, серед можна відзначити такі як демографічна ситуація та пандемія (рис. 3). Якщо розглядати ситуацію на сьогоднішній день, то вона має специфічний характер в умовах воєнного часу. Між тим, на період післявоєнного відновлення загальний пасажиропотік має збільшитися.

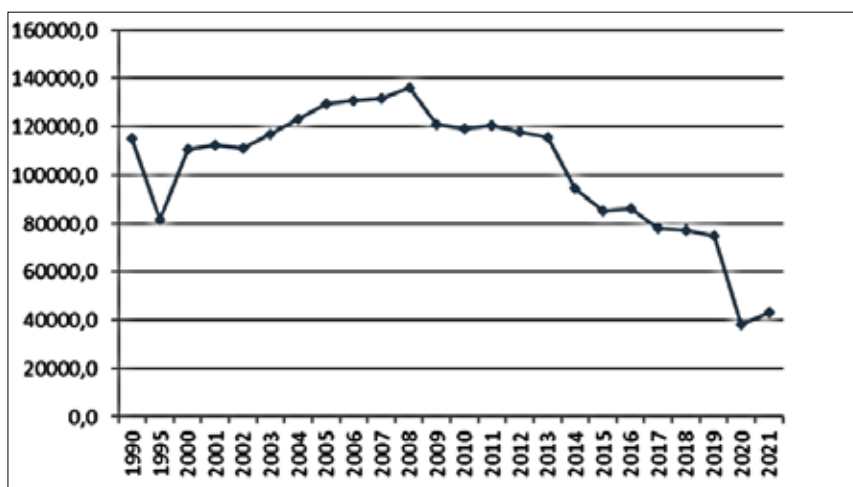


Рис. 3. Загальний пасажиропотік (млн пас. км)

Джерело: побудовано авторами з використанням даних [4]

Деталізуючи питому вагу транспорту, слід зауважити, що серед інших найбільшої популярності та поширеності на теренах України мають залізничний та дорожній наземний транспорт.

Слід зауважити, що за останні 30 років відбулися зміни питома вага наземного транспорту в контексті пасажирських перевезень (рис. 4). Між тим, питома вага залізничного транспорту в контексті пасажирських перевезень теж зазнала змін (рис. 5). На що були свої економічні та соціальні причини.

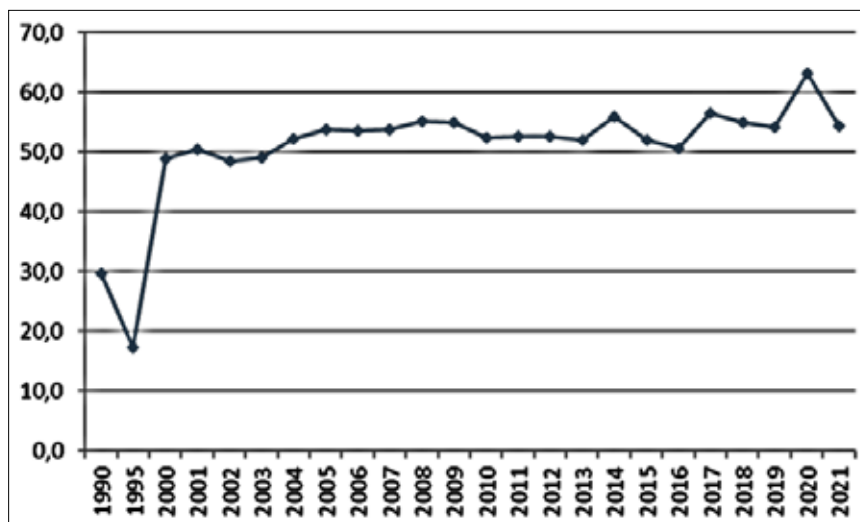


Рис. 4. Питома вага дорожнього наземного транспорту (%)

Джерело: побудовано авторами з використанням даних [4]

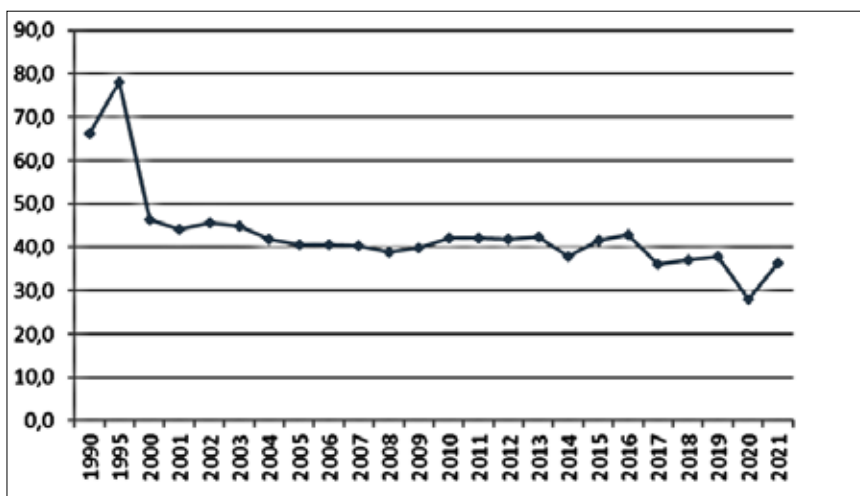


Рис. 5. Питома вага залізничного транспорту (%)

Джерело: побудовано авторами з використанням даних [4]

Звичайно, в Україні в структурі транспортної галузі ще є морський та річковий транспорт, але, за останні роки, широкого поширення та розвитку на регіональному та загальнодержавному рівнях він не мав [4].

Між тим, певне місце в структурі транспортної галузі України займає внутрішня авіація, питома вага якої, хоча і не суттєво, але збільшувалася на протязі останніх 30 років (рис. 6).

Результати проведеного аналізу показують, що за останні 30 років в Україні відбувся перерозподіл питомих ваг різних видів транспорту. Потужним важелем у цьому процесі була і є економічна складова. Тобто, види транспорту, як відповідні сфери економічної діяльності розвиваються за сприятливих умов.

З поміж іншого, інфраструктура залізничного транспорту не завжди забезпечує якісне обслуговування пасажиропотоків. Такі ж проблеми виникають і в наземному транспорті.

Ключовою ідеєю щодо подальшого розвитку транспортної галузі регіонів країни є впровадження мультимодальних технологій. Такий підхід може бути актуальним як за використання існуючих транспортних

засобів, так і на перспективні технології пасажироперевезення. Запропонований підхід поєднує ідеї розвитку транспортних технологій на регіональному рівні та сучасної концепції розвитку населених пунктів Smart city [6, с. 86–93].

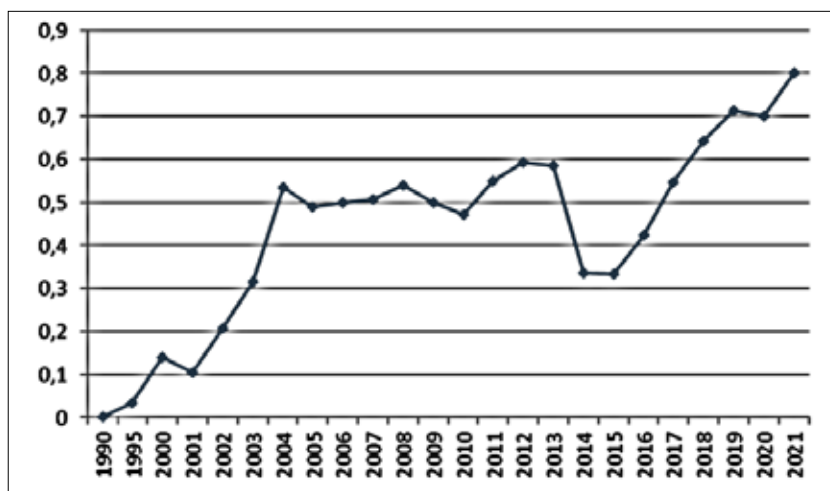


Рис. 6. Питома вага внутрішньої авіації (%)

Джерело: побудовано авторами з використанням даних [4]

Впровадження мультимодальних технологій на регіональному рівні має на меті зменшення часу перевезення пасажирів між населеними пунктами, підвищення безпеки та комфорту пасажироперевезень, погодження графіків руху пасажирського транспорту різних видів, декарбонізація транспортної галузі, що має призвести до збільшення обсягів та регулярності перевезень, зменшення негативного впливу транспорту на навколишнє середовище, зменшення вартості та собівартості перевезень, розвиток транспортної інфраструктури регіону, підвищення соціальної привабливості та покращення його економічної складової.

Між тим, слід зазначити і той факт, що важливим завданням залишається декарбонізація багатьох галузей економіки, у тому числі транспортної галузі. На вирішення цього завдання покликаний новий сучасний напрям транспортних технологій – «зелена» логістика.

Серед напрямків впровадження напрямку «зеленої» логістики слід виділити впровадження електротранспорту та водневі технології. Ці зазначені напрямки мають свою специфіку провадження. Але, не зважаючи на особливості впровадження, поступово відбувається впровадження елементів «зеленої» логістики у країнах світу.

Проблематика «зеленої» логістики полягає перш за все у розбудові відповідної транспортної інфраструктури, що має на меті залучення фінансових, технологічних, політичних та наукових ресурсів.

Актуальними комбінаціями видів транспорту для впровадження в структуру пасажироперевезень на регіональному рівні в Україні в аспекті «зеленої» логістики є поєднання дорожнього наземного електротранспорту та внутрішньої авіації, дорожнього наземного електротранспорту та річкового транспорту.

На сьогоднішній день у світі є велика кількість сучасних перспективних розробок транспортних засобів різних видів та принципів дії. Серед інших слід виділити електрокари, а саме таксі з автопілотом на базі штучного інтелекту, безпілотні повітряні таксі, безпілотні швидкісні потяги.

На погляд авторів, зважаючи на сучасні розробки у галузі транспортних технологій, перспективними комбінаціями видів транспорту для впровадження в структуру пасажироперевезень на регіональному рівні в Україні в аспекті «зеленої» логістики є поєднання залізничного транспорту та водневого паливі та наземний електротранспорт, річкового транспорту та водневого паливі та наземний електротранспорт, внутрішньої авіації та водневого паливі та наземний електротранспорт.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі. Визначено передумови розвитку мультимодальних технологій пасажирських перевезень на регіональному рівні на теренах України в аспекті «зеленої» логістики. Для впровадження мультимодальних технологій пасажирських перевезень на регіональному рівні необхідно насамперед виконати ряд перетворень. По-перше, необхідно визначити можливості відповідного регіону, де планується впровадження мультимодальних технологій, щодо ресурсного забезпечення. По-друге, треба визначитися щодо перспективних та актуальних пасажирських маршрутів. По-третє, слід забезпечити розвиток відповідної транспортної інфраструктури.

Список використаних джерел:

1. Соколова О. Є. Концептуальні засади формування мультимодальної системи перевезення вантажів. *Наукоємні технології*. 2014. № 1. С. 114–118.
2. Сторонянська І.З. Стале ендогенне зростання регіонів України в умовах децентралізації : монографія. Львів : ДУ «Інститут регіональних досліджень імені М.І. Долишнього НАН України», 2019. 501 с.
3. Ареф'єва О.В. Конкурентоспроможність підприємств у міжнародному цифровому просторі: монографія. Київ: НАУ, 2019. 342 с.
4. Державна служба статистики. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>
5. Крихтіна Ю. О. Державна політика розвитку транспортної галузі України: теорія, методологія, практика : монографія. Харків : «Діса плюс», 2022. 336 с.
6. Дмитрієва О. І. Мультимодальні перевезення як ключовий аспект розвитку транспортного потенціалу України. *Інтернаука: міжнародний наук. журнал. Серія: Економічні науки*, 2020. № 5 (37). Т. 2, С. 86–93.
7. Krykavskiy Y., Shandrivska O., Shynkarenko N. Ukraine's river transportation potential: between business and sustainable development. *Transport means 2019. Sustainability: Research and Solutions: Proceedings of the 23rd International scientific conference, October 02–04, 2019, Palanga, Lithuania, Pt. 2*, pp. 634–638.
8. Steadie Seifi M., Dellaert N. P., Nuijten W., Van Woensel T., & Raoufi R. Multimodal freight transportation planning: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 2014. 233 (1), pp. 1–15.

References:

1. Sokolova O. Ye. (2014) Kontseptualni zasady formuvannia multymodalnoi systemy perevezennia vantazhiv [Conceptual foundations of the formation of a multimodal cargo transportation system]. *Naukoyemni tekhnolohiyi*. Part 1, pp. 114–118.
2. Storonianska, I.Z. (2019) Stale endohenne zrostannia rehioniv Ukrainy v umovakh detsentralizatsii [Sustainable endogenous growth of the regions of Ukraine in the conditions of decentralization], DU Instytut rehionalnykh doslidzhen imeni M.I. Dolishnoho NAN Ukrainy, Lviv, 501 p.
3. Arefieva, O.V. (2019) Konkurentospromozhnist pidpriemstv u mizhnarodnomu tsyfrovomu prostori [Competitiveness of enterprises in the international digital space]. Kyiv, NAU, 342 p.
4. Derzhavna sluzhba statystyky [The official site of the State Statistics Service of Ukraine]. URL: <http://uksatse.ua>.
5. Krykhtina Y.U. O. (2022) Derzhavna polityka rozvytku transportnoi haluzi Ukrainy: teoriia, metodolohiia, praktyka [State policy for the development of the transport industry of Ukraine: theory, methodology, practice]. Kharkiv: “Disa plus”. 336 p.
6. Dmytriieva O. I. (2020) Multymodalni perevezennia yak kliuchovyi aspekt rozvytku transportnoho potentsialu Ukrainy [Multimodal transportation as a key aspect of the development of Ukraine's transport potential]. *International scientific journal “Internauka”. Series: Economic Sciences*. 5 (37), 2, pp. 86–93.
7. Krykavskiy Y., Shandrivska O., Shynkarenko N. (2019). Ukraine's river transportation potential: between business and sustainable development. *Transport means 2019. Sustainability: Research and Solutions: Proceedings of the 23rd International scientific conference, October 02–04, 2019, Palanga, Lithuania, Pt. 2*, pp. 634–638.
8. Steadie Seifi M., Dellaert N. P., Nuijten W., Van Woensel T., & Raoufi R. (2014). Multimodal freight transportation planning: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 233 (1), pp. 1–15.

UDC 656.1

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.12>

Halona I. I., Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Transport Technologies
National Transport University
ORCID: 0000-0002-1484-1682

Pitsyk M. H., Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Associate Professor
at the Department of Transport Technologies
National Transport University
ORCID: 0000-0001-8357-2538

Husiev O. V., Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Associate Professor
at the Department of Transport Technologies
National Transport University
ORCID: 0000-0002-0420-0443

Shapenko Ye. M., Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Associate Professor
at the Department Transport Systems and Road Safety
National Transport University
ORCID: 0000-0003-0937-9400

Sayliak L. V., Assistant of the Department Transport Systems
and Road Safety
National Transport University
ORCID: 0000-0003-3012-5835

A METHOD FOR ASSESSING ENERGY EFFICIENCY OF LIGHT-DUTY VEHICLES TAKING INTO ACCOUNT CHANGES IN THEIR DESIGN PARAMETERS

The present stage of development of the world market of vehicles, in particular, light-duty vehicles (LDVs) is marked by an increasing variety of types and designs. Therefore, while validating or renewing fleet vehicle of an enterprise, carriers are faced with the choice of cars setting conditions they can assess using existing fragmentary and cost-effective approaches. However, the latter ones do not meet the concepts of saving energy and resources. Therefore, the task of choosing an efficient car is complex requiring a science-based formation of demands and their satisfaction. Existing approaches to the selection and validation of LDVs are simplified and imperfect in terms of transport technology. They do not take into account a) resource and technical properties of LDVs as a means of transport; b) main design and technical characteristics of LDVs; c) parameters of its operation (running surface, traffic density, length of the driving cycle, etc.). This article considers a method for assessing energy efficiency of light-duty vehicles, which is based on the scheme of the vehicle operation as a dynamic tool. To develop this method, the provisions of the energy and resource efficiency theory of a car have been used, namely the calculation schemes of transport operations based on models of reference prototypes and test operations. These models are able to ensure the reasonable use of the vehicle fleet with design novelty under the given operating conditions. In order to analyse changes in the parameters of new vehicles and improve the parameters of transport technology, a universal design of a light-duty vehicle of a generic type has been developed and considered. This structural pattern covers all options of the vehicle's design basis. New options for the vehicle design are created by changing the number of design modules and their parameters. The method proposed for consideration ensures the technical and technological properties of light-duty vehicles in accordance with the concept of energy and resource conservation in the transport system. The paper develops methods for comprehensive improvement of transport energy efficiency and formation of requirements for transportation projects of LDVs taking into account technical and technological factors within their life cycle.

Key words: light-duty vehicles, design parameters, energy and resource.

Гальона І. І., Піцик М. Г., Гусєв О. В., Шапенко Є. М., Сауляк Л. В. Метод оцінки енергоефективності автомобілів малої вантажопідйомності з урахуванням зміни їх конструктивних параметрів

Етап сучасного розвитку світового ринку автотранспортних засобів (АТЗ) зокрема автомобілі малої вантажопідйомності (АМВ) характеризується зростаючим різноманіттям запропонованих видів та різновидів конструкцій.

© I. I. Halona, M. H. Pitsyk, O. V. Husiev, Ye. M. Shapenko, L. V. Sayliak, 2023

Для обґрунтування оновлення парку рухомого складу підприємства перевізники знаходяться перед вибором автомобілів, висуваючи до них вимоги, які вони здатні оцінити за допомогою існуючих противитратних підходів, що не відповідають існуючій концепції збереження енергії та ресурсів. Всі відомі існуючі підходи вибору та обґрунтування АМВ є спрощеними та недосконалими з точки зору сучасних транспортних технологій. Вони не враховують ресурсно-технічні властивості АМВ як засобу перевезення, основні конструктивно-технічні характеристики АМВ, параметри його експлуатації. В даній статті розглядається метод оцінки енергетичної ефективності автомобілів малої вантажопідйомності, який засновано на схемі функціонування автомобіля як динамічного засобу праці. Для розробки даного методу було використано положення теорії енергоресурсної ефективності автомобіля, а саме використання розрахункових схем транспортних операцій, що засновані на моделях еталонних прототипів і тестових операціях. Ці моделі мають змогу забезпечити обґрунтоване використання рухомого складу з конструктивною новизною в заданих умовах експлуатації. Для можливості аналізу зміни параметрів нових автотранспортних засобів та удосконалення параметрів транспортних технологій, була розроблена та розглянута універсальна структура автомобіля малої вантажопідйомності узагальнюючого типу. Ця структурна схема охоплює всі варіанти конструктивного базису автомобіля. Нові варіанти конструкції автотранспортного засобу формуються за допомогою зміни кількості конструктивних модулів та їх параметрів. Метод, що пропонується до розгляду забезпечує техніко-технологічні якості автомобілів малої вантажопідйомності у відповідності до концепції збереження енергії і ресурсів в транспортній системі.

Ключові слова: автомобілі малої вантажопідйомності, конструктивні параметри, енергія та ресурси.

Introduction. Light-duty vehicles (LDV) are increasingly being used by carriers to deliver small-batch cargos. This is especially true for urban transport with heavy traffic of vehicles. It is characterised by energy- and resource-intensive modes, which leads to intensive wear of vehicle parts and assemblies. However, when choosing a new fleet or updating the existing one, carrier customers need to substantiate and evaluate the proposals presented on the vehicle market that would meet the concept of energy and resource conservation. The existing methods for selecting a fleet are very simplified and not perfect in terms of transport technology [1]. These methods do not take into account a) the resource and technical properties of the vehicle as a means of transport; b) basic design and technical specifications; c) parameters of its operation (rolling surfaces, traffic intensity, route length, vehicle load, etc.). Therefore, there is a need in developing and using a new method that will be based on a system of consumer-oriented and coordinated design and transport innovations of a light-duty vehicle [2].

Besides, when choosing a fleet, it is necessary to pay attention to meeting the needs of cargo delivery customers in the provision of road transport services, namely, ensuring continuous operation at a sufficiently high level and with the appropriate quality.

When creating a new fleet, the expenses on design innovations are borne by the buying carrier. The carrier, in their turn, is interested in the long-term improvement of the economic and technical competitiveness of their services, which will be in line with the concept of energy and resource conservation. The fleet competitiveness is determined by a set of its properties that characterise the degree of meeting the needs to the level of consumer and work utility of the vehicle compared to the best analogues of this size [3].

The most important strategic goal of the carrier is to develop the energy-saving technology in road transport systems. This goal can be achieved by using a set of models to manage the energy and resource efficiency of a generic vehicle. This complex is based on the prerequisites necessary to model the use of vehicle resources in future operating conditions, as well as the principles of resource conservation. Using the models of the target function of energy and resource efficiency, as well as efficiency models of vehicles with variable parameters and methods of theoretical synthesis of the structure of a generic type of motor vehicle, a composite model for future transport conditions is formed based on the principles of resource-saving technology. Such a model makes it possible to substantiate the fleet technical parameters with technical novelty under conditions of future operating parameters [4].

The main part. The efficiency of a light-duty vehicle in the method under consideration is assessed using the provisions of the theory of energy and resource efficiency of the vehicle [5]. This theory allows assessing the vehicle as a carrier of transport technical resources, which has eight properties. Its main properties important for performing transport operations and ensuring adaptive and discrete functioning are a complex machine, a dangerous traffic control object, a vehicle, a potential maintenance object, tools for technological machine effects (machine procedures), and a design and technological basis for resource transformation processes. Therefore, when solving the given tasks, mathematical models of justification of the motor vehicle are used based on the energy scheme of resource transformation in transportation into a transport product as a dynamic tool in movement.

When determining the energy and resource efficiency of LDVs, it is necessary to take into account the factors of the intensity of transient processes (acceleration). This, in its turn, leads to an increased energy consumption, increased wear of units and tyres, and deterioration of environmental performance due to unstable operation of the power train. In addition, during intense transient processes, the stability of the bonds between the wheels and the road is disturbed, which directly affects road safety and increases energy losses in the places where the wheels come into contact with the road surface.

It should also be noted that the main feature of vehicles designed for further sale and use is a change in their design parameters relative to the previous models. This fact is not taken into account in the subsequent vehicle operation. In view of this, a method for assessing energy efficiency of light-duty vehicles with regard to changes in

their design parameters has been developed and proposed. The method uses the developed scheme of the parametric structural design of a light-duty vehicle of a generic type (Fig. 1) [5].

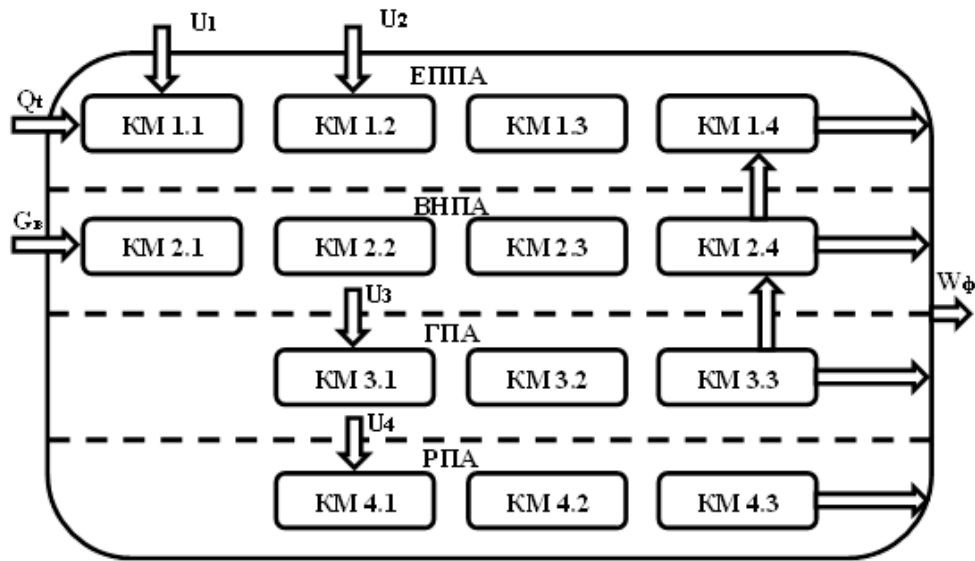


Fig. 1. Scheme of the LDV parametric structural design as a technical means of transport production:

U_1, U_2, U_3, U_4 – control; Q_t – fuel flow; G_v – cargo batch mass; W_f – physical product of transport; ЕППА – energy-converting device of LDV; БНПА – load-carrying device of LDV; ГПА – braking device of LDV; РПА – steering device of LDV; KM – structural modules; KM 1.1 – energy source (engine); KM 1.2 – energy transformation (gearbox, final drive); KM 1.3 – energy distribution (inter-wheel differentials, inter-axle differentials, and power take-offs); KM 1.4 – wheel traction module (a pair of drive wheels); KM 2.1 – body; KM 2.2 – frame (skeleton); KM 2.3 – suspension; KM 2.4 – chassis modules; KM 3.1 – brake pedal and brake actuator; KM 3.2 – brake mechanism; KM 3.3 – brake wheels (axles); KM 4.1 – steering wheel and steering mechanism; KM 4.2 – steering actuator (steering trapezoid and steering rods); KM 4.3 – steering wheels (front)

According to this scheme, the vehicle moving with a load is based on converting the internal energy of the engine into a momentum impulse, namely, the carriers of technological resources of transport (in the form of an equipped car) combined with physical (road properties) and mode (movement time) resources create production resources that are converted into energy consumption for moving the vehicle's operating mass. Then energy consumption is converted into a physical product (controlled momentum impulses of the vehicle's operating mass). Part of these impulses is cargo transportation ΔW . The higher the overall level of energy consumption, the longer the route travelled by the vehicle. The greater the intensity of energy consumption, the higher the vehicle speed and the less the amount of transport resource consumed (the travel time factor).

$$E_{0e} \rightarrow P_m \Delta t \rightarrow q \gamma_{cm} V \Delta t \rightarrow \Delta W \quad (1)$$

where q is the vehicle's carrying capacity; γ_{cm} is the coefficient of using the vehicle's carrying capacity; P_m is the vehicle's traction force; Δt is the vehicle's travel time; V is the vehicle's average speed.

The processes ensuring the vehicle's movement and the conversion of the engine's internal energy are provided by two main devices of the vehicle structure: ECD and LCD. The former converts the chemical energy of the fuel into the kinetic energy of the load, and the latter transfers the load mass to the rolling surface through the wheels. In other words, the generalisation of the vehicle design is achieved by a modular description of its energy-converting and load-carrying devices. The energy conversion and load transportation achieved in the given vehicle design option is ensured by a targeted choice of the structure and parameters of its functional modules. The flexibility of the vehicle's technical parameters within the description of elements of the vehicle size range is based on the representation of the vehicle design as a certain set of parametric structural characteristics. The choice of the characteristics and parameters of these devices should ensure energy efficiency maximisation of the vehicle design [4]. In this case, ECD is the engine and elements of the energy transmission to the wheel-traction module, and the load-carrying device (LCD) is the LDV body.

The scheme of the LDV design base includes four devices: ECD, LCD, BD, and SD. The first two devices consist of four structural modules (SMs). The third and fourth devices include three SMs each.

Assessment and analysis of the technical and economic performance of the fleet should be carried out based on the strategy of improving the energy efficiency indicator accepted as the main indicator of the vehicle consumer property within the concept of saving energy and resources in the transportation process [5]. This indicator is the ratio of transport energy efficiency of the given vehicle in the test operation ρ to transport energy efficiency of the reference vehicle in the reference operation ρ_{et} :

$$\Pi_e = \frac{\rho}{\rho_{em}} = \frac{K_v \gamma_{cm}}{K_e (\eta_o + \gamma_{cm})} \rightarrow \max, \quad (2)$$

where K_v is the speed coefficient (the ratio of the average speed of the vehicle in the test cycle to the speed of the reference vehicle); γ_{st} is the static load capacity utilisation factor; K_e is the energy mileage coefficient (the ratio of the fuel consumption of the vehicle in the cycle to the fuel consumption of the reference vehicle moving at a constant reference speed); η_q is the curb weight coefficient of the vehicle.

Maximisation of P_e indicator ensures an increase in the level of the energy-saving transport technology in accordance with the concept of energy and resource conservation. This indicator must be considered in conjunction with the fuel efficiency indicator P_{eq} , which is the ratio of the fuel consumption of the vehicle in test operation ρ_p to the fuel consumption of the reference vehicle in the reference operation ρ_{pei} :

$$\Pi_{eq} = \frac{\rho_n}{\rho_{nem}} \rightarrow \min \quad (3)$$

To improve the traction and speed properties of vehicles, manufacturers implement a strategy to maximise engine power N_{max} . However, there are no methods for assessing the impact of changes in this feature on the efficiency of light-duty vehicles in small-batch transportation. In their turn, leading auto manufacturers offer engines with different maximum power values for individual orders. It should be noted that these properties are purely promotional, as there is no method to analyse the impact of N_{max} on the performance indicators of LDVs and small-batch transportation.

Having analysed the graphs of the impact of the change in N_{max} on the indicators of its energy efficiency P_e (Fig. 2), it is clear that the curve has a decreasing almost linear nature, and with an increase in the power value, this indicator decreases. This shows that an increase in this feature would be inappropriate, especially since this also has a negative impact on the fuel efficiency indicator P_{eq} .

The mathematical models of the considered indicators have been adapted for modelling and parametric analysis of various factors on the indicator of the transport energy efficiency of LDVs with variable technical and operational characteristics for the requirements of different consumer carriers.

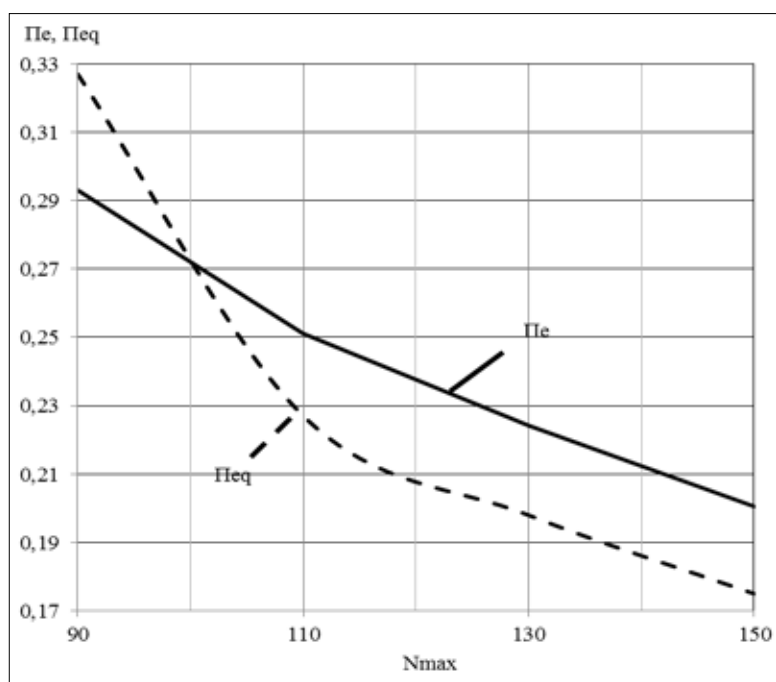


Fig. 2. Graphs of the dependence of the energy efficiency indicators P_e and P_{eq} of Mercedes-Benz Viano on the maximum engine power N_{max} (kW)

Conclusions. It has been established that by creating a system of consumer-oriented and coordinated design and transport innovations of the light-duty vehicle, it is possible to improve the technical and technological properties of the LDVs and the provided road transport services.

The article develops a scheme of the parametric structural design of the LDV, which allows its assessment as a technical means of transport manufacturing, and optimisation of the vehicle parameters to ensure efficient resource-saving provision of road transport services.

The proposed method allows evaluation and selection of the parameters of LDVs that will correspond to the development of the transport system in accordance with the concept of energy and resource conservation.

The results obtained can be used to justify and update the fleet at transport enterprises that serve customers on a regular basis with pre-known routes with specifically defined parameters.

Bibliography:

1. Коваленко В.М., Щуріхін В.К., Машика Н. Б. Вантажні автомобільні перевезення : підручник. Київ : Літера ЛТД, 2006. 304 с.
2. Хабутдінов, Р. А. Підвищення споживчих властивостей автомобілів малої вантажопідйомності, як складних науково-технічних товарів. *Вісник НТУ*. 2011. Вип. 24. Ч. 2. С. 240–243.
3. Pitsyk M., Halona I. Operational analysis method for the light duty vehicles considering the transportation conditions by the criterion of their energy resource efficiency. *Modern engineering and innovative technologies*. 2021. № 15. P 75–79.
4. Хабутдінов Р. А., Піцик М. Г. Аналіз експлуатаційно-технологічних характеристик міських автобусів. *Вісник національного транспортного університету*. 2008. Випуск 17. С.160–163.

References:

1. Kovalenko, V. M., Shchurikhin, V. K., Mashyka, N. B. (2006). Vantazhni avtomobilni perevezennia [*Freight road transportation*]: *Textbook*. K.: Litera LTD.
2. Khabutdinov, R. A. (2011). Pidvyshchennia spozhyvchykh vlastyvostey avtomobiliv maloi vantazhopidymnosti, yak skladnykh naukovo-tekhnichnykh tovariv [Improving the consumer properties of light-duty vehicles as complex scientific and technical goods]. *Bulletin of NTU*, (24), 240–243.
3. Pitsyk, M., Halona, I. (2021). Operational analysis method for the light duty vehicles considering the transportation conditions by the criterion of their energy resource efficiency. *Modern engineering and innovative technologies*, (15), 75–79.
4. Khabutdinov, R. A., Pitsyk, M. G. (2008) Analiz ekspluatatsiino-tekhnologichnykh kharakterystyk miskyykh avtobusiv [Analysis of operational and technological characteristics of city buses]. *Bulletin of the National Transport University*, (17) 160–163.

Лебідь В. В., кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри міжнародних перевезень
та митного контролю
Національного транспортного університету
ORCID: 0000-0002-1260-3760

Мейш Ю. А., доктор технічних наук, професор,
професор кафедри вищої математики
Національного транспортного університету
ORCID: 0000-0001-7492-700X

Майбородіна Н. В., кандидат фізико-математичних наук,
доцент, доцент кафедри природничо-математичних
та загальноінженерних дисциплін
Відокремленого підрозділу Національного університету
біоресурсів і природокористування України
«Ніжинський агротехнічний інститут»
ORCID: 0000-0003-1754-6790

Герасименко В. П., кандидат технічних наук,
старший викладач кафедри електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки
Відокремленого підрозділу Національного університету
біоресурсів і природокористування України
«Ніжинський агротехнічний інститут»
ORCID: 0000-0002-4017-1141

ПОБУДОВА ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ КІЛЬКОСТІ ОФОРМЛЕНИХ МИТНИХ ДОКУМЕНТІВ НА ОСНОВІ ПОПЕРЕДНІХ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ

Сучасна державна політика України у сфері митної справи спрямована на розвиток національної економіки та на її інтеграцію до світової економіки. З метою забезпечення національних інтересів України постійно проводиться моніторинг та регулювання зовнішньої торгівлі. Кабінетом Міністрів України затверджено перелік документів, необхідних для здійснення митного контролю та митного оформлення товарів і транспортних засобів, що переміщуються через митний кордон України. Державна митна служба України постійно збирає, зберігає, обробляє, аналізує, захищає та поширює офіційну статистичну інформацію про товари, які переміщуються через митний кордон України.

В даній роботі на основі статистичних даних про оформлені митні документи побудовано економіко-математичну модель кількості оформлених митних документів із застосуванням методів кореляційно-регресійного аналізу засобами табличного процесору Microsoft Excel. Моделювання є важливим інструментом у сфері митної справи, який допомагає виокремити, узагальнити та проаналізувати суттєві для зовнішньої торгівлі характеристики. Особливого значення моделювання набуває для Державної митної служби України, оскільки дає змогу вивчати зовнішню торгівлю без проведення експериментів над нею. Важливою передумовою якісного аналізу та прогнозування є коректна постановка задачі, правильне застосування математичного апарату, дотримання методики проведення статистичних досліджень. В роботі проведено дослідження достовірності отриманих результатів та доведено достовірність побудованої функції регресії. Одержана регресійна модель дає можливість виконувати прогнозування обсягу оформлених митних документів на 2023 рік. Результати даного дослідження відіграють вагому прикладну роль при плануванні обсягів зовнішньої та внутрішньої торгівлі товарами в Україні на 2023 рік.

Ключові слова: митні документи, математична модель, кореляційно-регресійний аналіз, рівень значущості, достовірність апроксимації.

Lebid V. V., Meish Yu. A., Maiborodina N. V., Gerasymenko V. P. Construction of an economic and mathematical model of the number of formed customs documents based on previous statistical data

The modern state policy of Ukraine in the field of customs affairs is aimed at developing the national economy and integrating it into the world economy. In order to ensure the national interests of Ukraine, foreign trade is constantly monitored and regulated. The Cabinet of Ministers of Ukraine approved the list of documents required for customs control and customs clearance of goods and

© В. В. Лебідь, Ю. А. Мейш, Н. В. Майбородіна, В. П. Герасименко, 2023

vehicles moving across the customs border of Ukraine. The State Customs Service of Ukraine constantly collects, stores, processes, analyzes, protects, and distributes official statistical information about goods that move across the customs border of Ukraine. In this paper, an economic-mathematical model of the number of issued customs documents was built on the basis of statistical data on issued customs documents using the methods of correlation-regression analysis using the Microsoft Excel spreadsheet. Modeling is an important tool in customs affairs, which helps to identify, summarize and analyze the characteristics important for foreign trade. Modeling is particularly important for the State Customs Service of Ukraine, as it makes it possible to study foreign trade without conducting experiments. An important prerequisite for qualitative analysis and forecasting is the correct statement of the problem, the correct application of the mathematical apparatus, and compliance with statistical research methodology. The paper investigated the reliability of the obtained results and proved the reliability of the constructed regression function. The resulting regression model makes it possible to forecast the volume of issued customs documents for 2023. The results of this study play an important applied role in planning the volume of foreign and domestic trade in goods in Ukraine for 2023.

Key words: customs documents, mathematical model, correlation-regression analysis, significance level, approximation reliability.

Постановка проблеми. Задля забезпечення та захисту національних інтересів в Україні впроваджуються різноманітні митні інструменти, одним із яких виступають митні платежі, які використовуються з метою митного регулювання зовнішньоекономічної діяльності країни [1]. Митні платежі виступають в якості одного із джерел наповнення державного бюджету України. За таких умов, митниця відіграє роль не лише у якості фіскального органу, а і у якості економічно-фіскального, тобто впливає на наповнення державного бюджету країни. Цей фактор вимагає постійного оцінювання, прогнозування та корегування функціонуючої системи митно-тарифного регулювання. Такий підхід дозволяє виявляти вплив митно-тарифного регулювання на розвиток подальших зовнішньоекономічних відносин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі вчені-економісти В. Андрущенко, А. Крисоватий, С. Буранов, О. Гребельник, Ю. Іванов, В. Науменко, П. Пашко та інші [1–4] займалися дослідженнями та вдосконаленнями системи оподаткування зовнішньоекономічної діяльності України. Однак, на сьогодні недостатньо вивченим та дослідженим залишається прогнозування податків від сплати митних платежів (мито, митний збір, податок на додану вартість), що надходять до державного бюджету України. У звіті про виконання Плану роботи митниць у розрізі забезпечення індикативних показників доходів та здійснення моніторингу надходжень платежів до бюджету зазначається, що моніторинг надходжень платежів до бюджету здійснюється шляхом щоденного, щотижневого та щомісячного інформування управління адміністрування митних платежів та митно-тарифного регулювання щодо прогнозованих надходжень в розрізі суб'єктів господарювання та очікуваних сум надходжень. Отже прогнозування кількості очікуваних оформлень митних документів на сьогодні є актуальною.

Мета статті. Метою даної роботи є побудова економіко-математичної моделі для прогнозування можливих обсягів оформлення різноманітних митних документів з використанням методів кореляційно-регресійного аналізу статистичних даних, що є в наявності за попередній період.

Виклад основного матеріалу. За інформацією, що оприлюднюється Держмитслужбою, впродовж останніх років митні формальності зазнали значного спрощення та прискорення [5]. Зазначається, що митними органами здійснюється діяльність у напрямку зменшення кількості митних оглядів товарів, оформлених із застосуванням митної декларації на бланку єдиного адміністративного документа, впроваджене електронне декларування, реалізовано функціонування «єдиного вікна», що дозволяє перевозити товар зі значною економією часу та ресурсів. Митна статистика ведеться завдяки наявності оформлених митних декларацій та інших митних документів (як приклад: уніфікована митна квитанція МД-1 – надалі УМК; оглядовий розпис М 15 та митна декларація М-16 і інші), в яких міститься детальна інформація щодо переміщуваних через митний кордон України товарів, цілей переміщення та відомостей для контролю нарахованих митних платежів [6].

Основними підходами до класифікації методів прогнозування податкових надходжень до державного бюджету та контролю нарахування митних платежів є: методи макроекономічних показників, макроекономічний інтегрований метод та метод міжгалузевого балансу; побудова економіко-математичних моделей прогнозування на основі кореляційно-регресивного аналізу. Ці методи та моделі передбачають дослідження і вивчення закономірностей розвитку економічних процесів в зовнішньоекономічній діяльності країни [7].

Інші митні документи, можуть бути застосовані у різних випадках при виконанні митних формальностей, як приклад УМК може бути застосована у трьох випадках: 1) при прийнятті товарів на зберігання митним органом відповідно до законодавства; 2) при справлянні митним органом з фізичних осіб та підприємств платежів, якщо законодавством не передбачено складання вантажної митної декларації на переміщуваних через митний кордон України товари; 3) при справлянні митним органом з фізичних осіб грошової застави у випадках, установлених законодавством). І за результатами аналізу статистичних показників здійснюється підготовка пропозицій з удосконалення форматно-логічного контролю електронних копій митних декларацій та інших митних документів. Зокрема, запроваджено контроль за оформленням окремих товарів у митний режим експорт/імпорт після тимчасового ввезення/вивезення, додатковий контроль за правильністю заповнення граfi «Додаткова одиниця

виміру» при митному оформленні комплектних об'єктів, контроль за правильністю заповнення граfi «Додаткова одиниця виміру» при митному оформленні товарів 44 групи згідно з УКТЗЕД.

Для того, щоб виконати успішне прогнозування щодо кількості оформлених інших митних документів та обрати модель, за якою здійснюватиметься прогнозування, застосуємо методи кореляційно-регресивного аналізу. При обранні такого підходу в роботі враховано спеціальні критерії якості моделі [8–9]. Для перевірки достовірності побудованої математичної моделі перевірено значущість отриманих результатів [10].

Для оцінки якості рівняння моделі застосовано засоби MS Excel, з допомогою якого можна автоматично розрахувати коефіцієнт апроксимації (детермінації) R^2 . Коефіцієнт апроксимації R^2 показує рівень залежності між досліджуваними величинами, залежність тим сильніша, чим значення коефіцієнта R^2 ближче до 1. Для прийняття моделі вважається, що коефіцієнт апроксимації R^2 має бути більше 50%. Модель вважається достатньо адекватною, якщо коефіцієнт апроксимації вище 80%. У разі рівності 1 коефіцієнта апроксимації отримаємо функціональну залежність змінних.

Для задачі, що розглядається оберемо рівень значущості $\alpha = 0,05$ тобто 5%, в такому разі рівень довіри всіх отриманих висновків дорівнюватиме $p = 1 - \alpha = 0,95$; тобто буде набувати ймовірності 95%.

Побудуємо модель оформлених інших митних документів, дані за попередні роки маємо в таблиці 1.

Таблиця 1

Показник	Одиниця виміру	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Оформлено інших митних документів	тис. шт.	1361,1	1502,6	1667,5	1727,2	1620,4	846,0	903,7	494,9

Для побудови економіко математичної моделі прогнозування кількості оформлених митних документів застосуємо засоби Microsoft Excel.

На основі відомих статистичних даних про обсяги оформлених інших митних документів з 2015 року по 2022 рік:

- 1) визначимо тип залежності між даними;
- 2) побудуємо математичну модель;
- 3) за побудованою моделлю виконаємо прогнозування, що включає:
 - а) прогноз обсягів оформлення інших митних документів на 2023 рік;
 - б) обчислення довірчого інтервалу для прогнозованого індивідуального значення оформлених інших митних документів.

1. Для того, щоб визначити тип залежності між даними величинами побудуємо кореляційне поле точок (рис. 1).

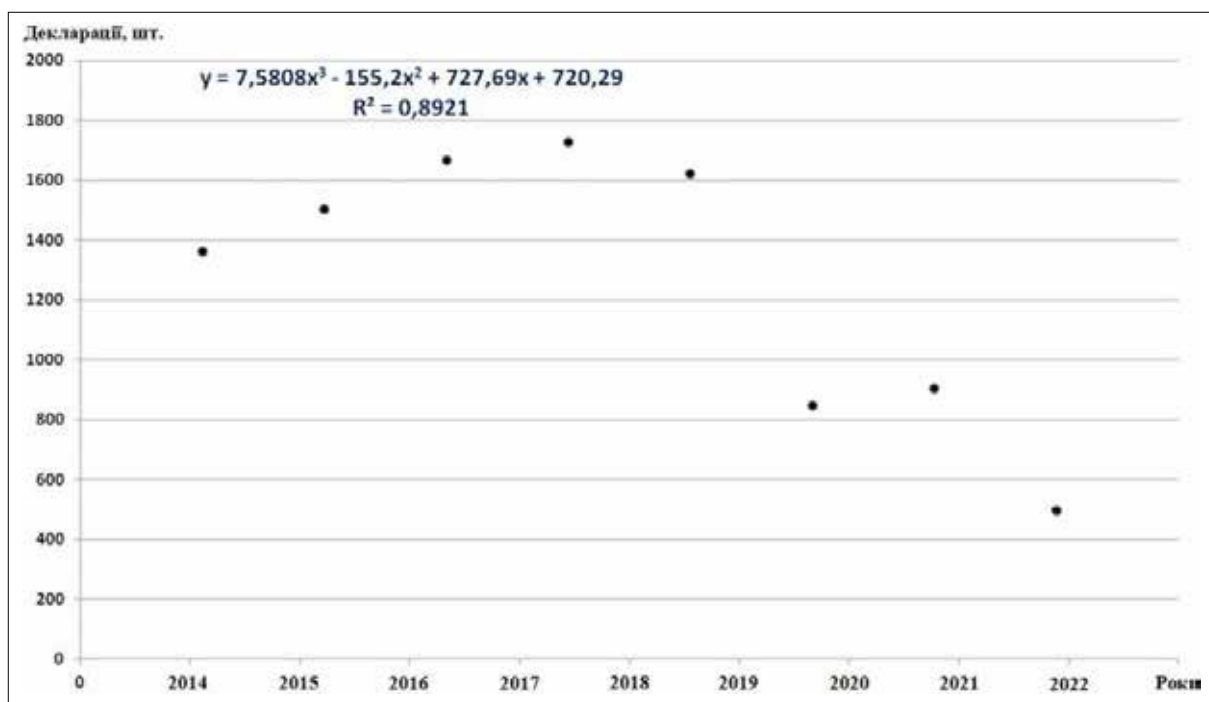


Рис. 1

За розміщенням точок на кореляційному полі припустимо, що обсяг оформлених інших митних документів має нелінійну форму (рис. 2).

2. Засобами табличного процесору MicrosoftExcel здійснюємо вибір моделі. Зупинимо свій вибір на кубічній функції.

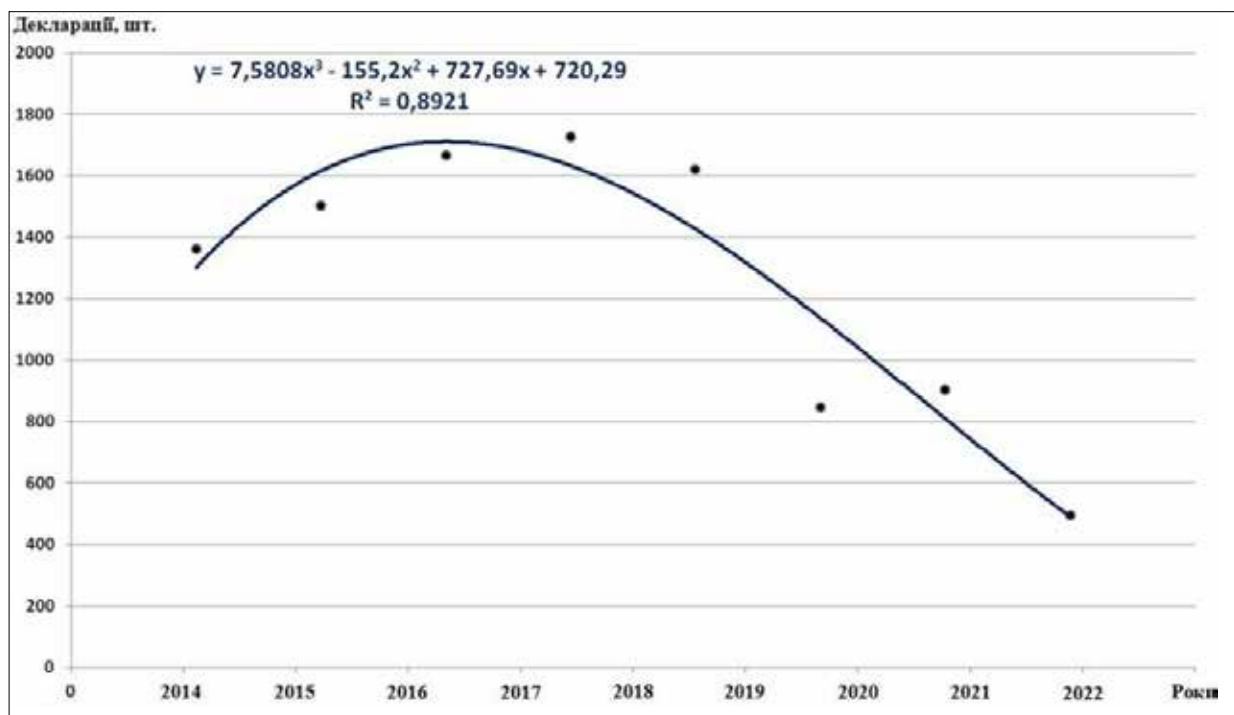


Рис. 2

Отже, на основі даних про обсяг оформлених інших митних документів з 2015 року по 2022 рік ми одержали емпіричну модель:

$$\hat{y} = 7,5808x^3 - 155,2x^2 + 727,69x + 720,29 \quad (1)$$

або теоретичну модель:

$$y = 7,5808x^3 - 155,2x^2 + 727,69x + 720,29 + u, \quad (2)$$

де u – випадкова складова.

3) Для даної моделі достовірність апроксимації (коефіцієнт детермінації) $R^2 = 0,8921$.

Оскільки коефіцієнт детермінації $0,8 \leq R^2 < 1$ – кубічна модель достатньо точно відповідає дійсним значенням обсягу оформлених інших митних документів.

Тобто побудована модель на 89,21% відповідає вхідним статистичним даним.

Обчислимо індекс кореляції R за формулою $R = \sqrt{R^2}$:

$$R = \sqrt{0,8921} = 0,94.$$

Оскільки величини R^2 і R наближаються до одиниці, то для побудованої моделі це свідчить про її достовірність.

Обчислимо емпіричні значення \hat{y}_i , підставивши в модель (1).

Обчислимо залишки моделі u_i за формулою

$$u_i = y_i - \hat{y}_i,$$

відносні похибки залишків моделі δ_i за формулою

$$\delta_i = \frac{u_i}{y_i} \cdot 100\%,$$

середнє значення відносної похибки залишків $\bar{\delta}$ за формулою

$$\bar{\delta} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \delta_i .$$

$$\bar{\delta} = \frac{1}{9} \cdot \sum_{i=1}^n \delta_i = \frac{1}{9} \cdot (-11,27\%) = -1,41\% .$$

Оскільки $\bar{\delta} = -1,41\%$ значно менше 10%, то модель можна вважати достатньо точною.

3. а) обчислимо точковий прогноз \hat{y}_{np} обсягу оформлених інших митних документів для заданого значення x_{np} за побудованою емпіричною моделлю (11), використавши формулу для точкового прогнозу:

$$\hat{y}_{np} = 7,5808x_{np}^3 - 155,2x_{np}^2 + 727,69x_{np} + 720,29 .$$

Значення \hat{y}_{np} обсягу оформлених інших митних документів на 2023 рік за одержаною моделлю:

$$\hat{y}_{np} = 224,7 \text{ (тис. шт.)} .$$

Отже, з ймовірністю 95% можна стверджувати, що обсяг оформлених інших митних документів на 2023 рік: $\hat{y}_{np} = 224,7$ (тис. шт.).

б) обчислимо довірчий інтервал для індивідуального значення y_{np} обсягу оформлених інших митних документів за формулою

$$y_{np} \in \left(\hat{y}_{np} - \Delta y_{np}; \hat{y}_{np} + \Delta y_{np} \right) ,$$

з використанням формули

$$\Delta y_{np} = t_{\text{табл}} \cdot \hat{\sigma}_u \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_{np} - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} .$$

Табличне значення розподілу Стюдента:

$$t_{\text{табл}} = t(0,025; 7) = 2,84 .$$

Обчислимо незміщену оцінку дисперсії залишків $\hat{\sigma}_u^2$ за формулою

$$\hat{\sigma}_u^2 = \frac{1}{n-2} \cdot \sum_{i=1}^n u_i^2 ,$$

$$\hat{\sigma}_u^2 = \frac{1}{9-2} \cdot 158265,9 = 22609,41 .$$

Обчислимо середнє квадратичне відхилення залишків $\hat{\sigma}_u$ за формулою

$$\hat{\sigma}_u = \sqrt{\hat{\sigma}_u^2} ,$$

$$\hat{\sigma}_u = \sqrt{22609,41} = 150,36 .$$

Отже, похибка індивідуального значення y_{np} :

$$\Delta y_{np} = 2,84 \cdot 150,36 \cdot \sqrt{1 + \frac{1}{9} + \frac{(10-5)^2}{60}} = 389,35 .$$

Довірчий інтервал для індивідуального значення y_{np} оформлених інших митних документів:

$$y_{np} \in (224,7 - 389,35; 224,7 + 389,35) ;$$

$$y_{np} \in (-164,65; 614,05) .$$

Отже, з ймовірністю 95% можна стверджувати, що прогнозоване теоретичне (дійсне) значення y_{np} обсягу оформлених інших митних документів на 2023 рік потрапить в інтервал $y_{np} \in (-164,65; 614,05)$.

Висновки з дослідження і перспективи подальшого розвитку у цьому напрямі. В даній роботі з використанням методів регресійного аналізу статистичних даних побудовано модель обсягу оформлених митних документів засобами табличного процесору Microsoft Excel. Проведений в роботі кореляційний аналіз і доведено достовірність побудованої функції регресії. Всі сформульовані висновки в даній роботі виконуються з ймовірністю 95%.

Побудована достовірною функцією регресії дає можливість виконувати прогнозування обсягу оформлених митних документів на 2023 рік. Згідно одержаних в роботі результатів обсяг оформлених митних документів на 2023 рік становить $y_{np} = 224,7$ (тис. шт.). Довірчий інтервал для прогнозованого індивідуального значення оформлених митних документів: $y_{np} \in (-164,65; 614,05)$.

Результати даного дослідження відіграють вагомий прикладний роль при плануванні обсягів зовнішньої та внутрішньої торгівлі товарами в Україні на 2023 рік.

Список використаних джерел:

1. Доходи держбюджету України. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/finance/budget/gov/income/> (дата звернення: 05.12.2022)
2. Митна справа : підручник / А. І. Крисоватий, С. Д. Герчаківський, О. Б. Дем'янюк та ін. ; за ред. А. І. Крисоватого. Тернопіль : ВПЦ «Екон. думка ТНЕУ», 2014. 540 с.
3. Наконечний С.І., Терещенко Т.О., Романюк Т.П. Економетрія : підручник. Київ : КНЕУ, 2004. 520 с.
4. Майбородіна Н.В. Економетрика: навчальний посібник. Ніжин : ПП Лисенко М.М., 2021. 280 с.
5. Свічкарь В. А. Особливості митного регулювання в національних та глобальних логістичних мережах поставок. *Ефективна економіка*. 2018. № 1. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6065> (дата звернення: 27.04.2023)
6. Спрощення процедур торгівлі в Україні: Митні процедури, проблеми та очікування бізнесу під час війни. ГО «Інститут економічних досліджень та політичних консультацій». Київ : 2023. 48с.
7. Статистика та реєстри. Статистика декларування, переміщення товарів та транспортних засобів. URL: <https://customs.gov.ua/statistika-ta-reiestri>
8. Запорожець О. Ф. Адміністрування митних платежів: аналіз та прогнозування надходжень до державного бюджету. *Вісник міжнародного державного університету*. 2012. № 8. С. 78–89.
9. Васильків І.М. Основи теорії ймовірностей і математичної статистики : навч. посібник. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. 184 с.
10. Лебідь В. В., Мейш Ю. А., Майбородіна Н. В., Герасименко В. П. Застосування методів математичної статистики до прогнозування кількості оформлення митних декларацій. *Системи та технології / (правонаступник наукового журналу «Вісник Академії митної служби України. Серія: «Технічні науки»*. № 2 (64), 2022. С. 30–37.

References:

1. *Dokhody derzhbiudzhetu Ukrainy* [Revenues of the state budget of Ukraine]. (2022). <https://index.minfin.com.ua/ua/finance/budget/gov/income/> (data zvernennia: 05.12.2022)
2. Krysovatiy A. I., Herchakivskiy S. D., Demianiuk O. B. & ect. (2014). *Mytna sprava* [Customs business]: pidruch. A. I. Krysovatoho (red.). Ternopil: VPTs "Ekon. dumka TNEU".
3. Nakonechnyi S.I., Tereshchenko T.O., Romaniuk T.P. (2004). *Ekonometriia* [Econometrics]: pidruchnyk. K.: KNEU.
4. Maiborodina N.V. (2021). *Ekonometryka* [Econometrics]: navchalnyi posibnyk. Nizhyn: PP Lysenko M.M.
5. Svichkar V. A. (2018). *Osoblyvosti mytnoho rehuliuвання v natsionalnykh ta hlobalnykh lohistrychnykh merezhakh postavok. Efektyvna ekonomika*. [Peculiarities of customs regulation in national and global logistics supply networks. Efficient economy]. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6065>
6. *Sproshchennia protsedur torhivli v Ukraini: Mytni protsedury, problemy ta ochikuvannia biznesu pil chas viiny* [Simplification of trade procedures in Ukraine: Customs procedures, problems and expectations of business during the war]. (2023). HO "Instytut ekonomichnykh doslidzhen ta politychnykh konsultatsii". Kyiv.
7. *Statystyka ta reiestry. Statystyka deklaruvannia, peremishchennia tovariv ta transportnykh zasobiv* [Statistics and registers. Statistics of declaration, movement of goods and vehicles]. (2022). URL: <https://customs.gov.ua/statistika-ta-reiestri>
8. Zaporozhets O. F. (2012). *Administruvannia mytnykh platezhiv: analiz ta prohnozuvannia nadkhodzen do derzhavnoho biudzhetu* [Administration of customs payments: analysis and forecasting of revenues to the state budget]. *Visnyk mizhnarodnoho derzhavnoho universytetu*. № 8.
9. Vasylykiv I.M. (2020). *Osnovy teorii ymovirnostei i matematychnoi statystyky* [Basics of the theory of probabilities and mathematical statistics]: navch. posibnyk. Lviv: LNU imeni Ivana Franka.
10. Lebid V. V., Meish Yu. A., Maiborodina N. V., Herasymenko V. P. (2022). *Zastosuvannia metodiv matematychnoi statystyky do prohnozuvannia kilkosti oformlennia mytnykh deklaratsii* [The application of mathematical statistics methods to forecasting the number of customs declarations issued] // *Systemy ta tekhnolohii / (pravonastupnyk naukovoho zhurnalalu "Visnyk Akademii mytnoi sluzhby Ukrainy. Serii: "Tekhnichni nauky"*, № 2 (64).

УДК 656.13(075)

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.14>

Леснікова І. Ю., кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри транспортних технологій
та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0002-2750-6031

Халіпова Н. В., кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри транспортних технологій
та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0001-5605-6781

Кузьменко А. І., кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри транспортних технологій
та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0001-7278-3647

Жир С. І., кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри транспортних технологій
та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0002-1493-9401

Шаповалов О. В., кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри транспортних технологій
та міжнародної логістики
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0001-8788-3771

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІЛЬГОСППРОДУКЦІЇ В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ УКРАЇНИ

Стаття присвячена удосконаленню транспортно-технологічної схеми перевезення сільгосппродукції в умовах воєнного стану. Визначено оптимальний маршрут для перевезення. Розраховані показники собівартості перевезення сільгосппродукції.

Україна є одним з найбільших виробників зернових культур, серед яких головне місце посідає пшениця, а також просо, сорго, кукурудза, жито, овес, ячмінь і рис, які використовуються в харчовій промисловості, тваринництві та в секторі відходів тваринництва. В умовах війни дане питання стало чи не найважливішим через загрозу дефіциту запасів зерна у більшості країн, які кожного року закупляли його у нашої держави

Актуальність даної статті обумовлена тим, що в умовах війни перевезення зерна автомобільним транспортом виходять на першу позицію на ринку вантажних перевезень за обсягом на рівні із залізничним, адже це єдині види транспорту, які мають змогу функціонувати в період війни в Україні. Альтернативні види транспорту втратили можливість працювати в повній мірі або ж взагалі недоступні [3]. Авіапростір повністю закритий, більша частина портів знаходяться в тимчасовій окупації або не мають змоги працювати в повній мірі, бо їх інфраструктура частково зруйнована. Отже, автомобільні перевезення стають одним з головних шляхів експорту зернових культур.

Метою даної статті є оптимізація шляхів підвищення ефективності управління процесом перевезення вантажів та організація доставки вантажу (на прикладі зернових культур) в умовах воєнного стану.

Визначено за критерієм мінімізації загальних транспортних витрат і оптимальний план перевезень пшениці від постачальників до підприємств та порту. З'ясовано, яка частина загальних транспортних витрат припадає на перший етап перевезень (від постачальників до розподільчих пунктів), а яка на другий (з розподільчих пунктів до кінцевих пунктів).

В результаті застосування інтернет-ресурсів «ТрипЛя» і «DeGruz» зведені дані про вартість перевезеного вантажу від постачальників до проміжних пунктів і від проміжних пунктів до споживачів.

© І. Ю. Леснікова, Н. В. Халіпова, А. І. Кузьменко, С. І. Жир, О. В. Шаповалов, 2023

За результатами було отримано оптимізований план перевезення, проведено порівняння витрат на перевезення до і після оптимізації, вартість якого суттєво зменшилася у порівнянні з попереднім, а саме на 9%, що в період війни є вагомим результатом.

Ключові слова: воєний стан, оптимізація перевезень, сільгосппродукція, багатоступенна транспортна задача, вартість перевезення.

Lesnikova I. Yu., Khalipova N. V., Kuzmenko A. I., Zhyr S. I., Shapovalov A. V. Optimization of the transport and technological scheme of transportation of agricultural products in the special conditions of Ukraine

The article is devoted to improvement of transport and technological scheme of transportation of agricultural products under martial law. The optimal route for transportation has been determined. Calculated indicators of the cost of transportation of agricultural products.

Ukraine is one of the largest producers of grain crops, among which the main place is occupied by wheat, as well as millet, sorghum, corn, rye, oats, barley and rice, which are used in the food industry, livestock and livestock waste. During the war, this issue became perhaps the most important because of the threat of a shortage of grain stocks in most countries that purchased it from our country every year

The relevance of the bottom article is due to the fact that in the conditions of war, grain transportation by road takes the first position in the freight market in terms of volume on a par with rail, because these are the only modes of transport that can function during the war in Ukraine. Alternative modes of transport have lost the ability to work fully or are not available at all. Airspace is completely closed, most of the ports are under temporary occupation or are unable to work fully because their infrastructure is partially destroyed. Consequently, road transportation is becoming one of the main ways of exporting grain crops.

The article is aimed at optimizing ways to improve the efficiency of management of the process of cargo transportation and organization of cargo delivery (on the example of grain crops) under martial law.

The criterion of minimization of total transport costs and the optimal plan of transportation of wheat from suppliers to enterprises and port are determined. It is found out which part of the total transport costs falls on the first stage of transportation (from suppliers to distribution points), and which on the second (from distribution points to final points).

As a result of the use of Internet resources "Trypillya" and "DeGruz" summary data on the cost of transported cargo from suppliers to intermediate points and from intermediate points to consumers.

According to the results, an optimized transportation plan was obtained, a comparison of transportation costs before and after optimization was made, the cost of which significantly decreased compared to the previous one, namely by 9%, which is a significant result during the war.

Key words: martial law, optimization of transportation, agricultural products, multistage transport problem, cost of transportation.

Постановка проблеми. Україна є одним з найбільших виробників зернових культур, серед яких головне місце посідає пшениця, а також просо, сорго, кукурудза, жито, овес, ячмінь і рис, які використовуються в харчовій промисловості, тваринництві та в секторі відходів тваринництва. В умовах війни дане питання стало чи не найважливішим через загрозу дефіциту запасів зерна у більшості країн, які кожного року закупляли його у нашої держави.

На жаль зернова галузь України зазнала серйозних втрат. За даними Міністерства аграрної політики та продовольства України сумарний валовий збір зернових, зернобобових та олійних культур у 2022 році на рівні 65 млн т [1]. Якщо провести порівняння з мирним 2021 роком, коли було зібрано 106,6 млн т, то можна зробити висновок, що Україна втратила 40% від минулорічного обсягу. Фахівці пояснюють погіршення прогнозу, насамперед, зменшенням майже на 1 млн га площ (до 18 млн га), з яких можливо зібрати врожай, та об'єктивними перешкодами для збору врожаю через заміновані поля, окупацію та знищення посівів.

Найбільше потерпають господарства Миколаївської, Херсонської, Запорізької, Харківської, Одеської та Чернігівської областей. Більша частина цих регіонів перебувала або перебуває до цього часу у тимчасовій окупації, їх поля зазнають втрат через обстріли, замінування та постійний рух ворожої техніки, саме тому достатньо складно оцінити масштаби збитків для зернової галузі [2]

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням розробки раціональних схем доставки специфічних вантажів присвятили свої роботи багато вчених. Серед них: Бондарев С.І., Маруніч В.С., Шморгун Л.Г., Мирошніченко Л.В., Вельможин О.В., Гудков В.О., Перебийніс В.І., Яновицька А.В., Каспорчук О.С., Пасічник О.М., Охота В.О., Панчук В.О., Козіна К.Г. та інші.

Саме тому велика кількість науковців та спеціалістів зі сфери логістики працюють задля нормалізації шляхів експорту даної продукції автомобільним транспортом [3–4].

Актуальність даної статті обумовлена тим, що в умовах війни перевезення зерна автомобільним транспортом виходять на першу позицію на ринку вантажних перевезень за обсягом на рівні із залізничним, адже це єдині види транспорту, які мають змогу функціонувати в період війни в Україні. Альтернативні види транспорту втратили можливість працювати в повній мірі або ж взагалі недоступні [5]. Авіапростір повністю закритий, більша частина портів знаходяться в тимчасовій окупації або не мають змоги працювати в повній мірі, бо їх інфраструктура частоково зруйнована. Отже, автомобільні перевезення стають одним з головних шляхів експорту зернових культур.

Мета статті. Метою даної статті є оптимізація шляхів підвищення ефективності управління процесом перевезення вантажів та організація доставки вантажу (на прикладі зернових культур) в умовах воєнного стану.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі задачі:

- проаналізувати основні особливості вантажних перевезень в умовах воєнного стану;
- провести аналіз математичної моделі перевезення вантажу;
- розробити маршрут перевезення вантажу;
- розрахувати собівартість перевезення вантажу.

Виклад основного матеріалу. Потрібно за критерієм мінімізації загальних транспортних витрат визначити оптимальний план перевезень пшениці від постачальників до підприємств та порту. З'ясувати, яка частина загальних транспортних витрат припадає на перший етап перевезень (від постачальників до розподільчих пунктів), а яка на другий (з розподільчих пунктів до кінцевих пунктів).

За основу було обрано двоетапну транспортну задачу перевезення зерна. Спочатку пшениця буде перевозитися з невеликих господарств на два елеватори, а потім на підприємства, які цього потребують, та порти.

Як вже було зазначено вище вантаж буде прямувати за декількома існуючими маршрутами. Для удосконалення даного перевезення буде використано двоетапну транспортну задачу, коли перевезення продукції здійснюється у два етапи: спочатку від постачальника на проміжний пункт, далі – з цього проміжного пункту до споживача (рис. 1), та багатоетапні – коли на шляху від постачальника до споживача проміжних пунктів є декілька (рис. 2).



Рис. 1. Рух продукції у двоетапній транспортній задачі



Рис. 2. Рух продукції у багатоетапній транспортній задачі

Вважаються відомими запаси продукції у постачальників, пропускні спроможності проміжних пунктів, потреби споживачів, а також пропускні спроможності кожного із маршрутів. За цих умов потрібно визначити найекономічніший план перевезень продукції від постачальників до споживачів.

Треба вирішити задачу про удосконалення транспортно-технологічної схеми перевезення сільгосппродукції в умовах воєнного стану трьох постачальників C_1 , C_2 і C_3 через два розподільчих пункти (елеватори) P_1 і P_2 до чотирьох замовників A_1 , A_2 , A_3 та A_4 . Запас зерна у постачальників дорівнює, відповідно, 1500, 1800 і 3600 тон. Через розподільчий пункт P_1 можна перевезти не більше 3600 т зерна, через пункт P_2 – не більше 4500 т. Потреби замовників складають відповідно, 900, 1500, 2100 і 2400 тон. Зі сховищ до розподільчих пунктів пшениця перевозиться 25-тонними зерновозами, а з розподільчих пунктів до замовників – 18-тонними

Постачальниками зерна будуть виступати аграрні підприємства Запорізької та Дніпропетровської областей, які найбільше потребують вивезення зернової продукції у період воєнного стану, щоб зберегти свою продукцію від ворожих атак:

1. ТОВ «Зоря» м. Зеленодольськ, Криворізького р-ну, Дніпропетровської області;
2. ТОВ «Світанок» м. Марганець, Нікопольського р-ну, Дніпропетровської області;
3. ТОВ «Ромашка» м. Орхів, Полігівського р-ну, Запорізької області.

Проміжні пункти – це елеватори, до яких буде евакуйовано зернову продукцію агропідприємств з метою зберігання та подальшого перевезення до підприємств та портів, відстань від постачальників до яких наведено у табл. 1:

1. Елеватор “Kedorr Agro Group” смт. Вишневе, П’ятихатського р-ну, Дніпропетровської області;
2. Балівський елеватор с. Партизанське, Дніпровського р-ну, Дніпропетровської області.

Таблиця 1

Відстань від постачальників до проміжних пунктів, км

Постачальники	Проміжні пункти	
	Елеватор Kadorr Agro Group	Балівський елеватор
1. ТОВ «Зоря»	130	204
2. ТОВ «Світанок»	160	155
3. ТОВ «Ромашка»	230	195

Детальна схема маршрутів, яка була побудована за допомогою інтернет-ресурсу Google Maps зображено на рис. 3 [6]. Дана схема будувалася за критеріями мінімального часу та найменшої відстані, які є умовними, адже неможливо спрогнозувати тривалість перевезення, бо присутні наступні фактори:

- блокування та черги на них;
- комендантська година, тривалість якої залежить від регіону;
- стан доріг та можливість проїзду по ним відповідним транспортом.

На схемі чорним кольором зображено лінії маршруту, які є найбільш оптимальними за кілометражем, а червоним – шляхи, що мають найбільшу відстань.



Рис. 3. Попередня схема маршрутів перевезення зернової продукції

Споживачами виступають підприємства, які потребують сировину для виробництва борошна та порт, звідки здійснюють експорт зернових культур по міжнародному зерновому коридору [8].

Таблиця 2

Відстань від Балівського елеватора до споживачів, км

Проміжний пункт	Споживачі			
	ТОВ «Дніпромлин»	ТОВ «Хмельницьк-млин»	ТОВ «Вінницький КХП»	ДП «Одеський порт»
Балівський елеватор	30	727	590	690

Можлива схема маршруту від Балівського елеватора до споживачів наведена на рис. 4, але фінальна схема буде визначена лише після розрахунків.



Рис. 4. Схема маршруту від Балівського елеватора до споживачів

Таблиця 3

Відстань від Елеватор Kadorr Agro Group до споживачів, км

Проміжний пункт	Споживачі			
	ТОВ «Дніпромлин»	ТОВ «Хмельницьк-млин»	ТОВ «Вінницький КХП»	ДП «Одеський порт»
Елеватор Kadorr Agro Group	102	625	480	590

На рис. 5 зображено можливу схему маршруту від Елеватор Kadorr Agro Group до споживачів. Фінальну схему можна буде побачити лише після розрахунків.



Рис. 5. Схема маршруту від Елеватор Kadorr Agro Group до споживачів

Позначимо кількість постачальників через m , а обсяг наявної у кожного з них продукції через a_i ($i = \overline{1, m}$). Кількість споживачів позначимо через n , попит кожного споживача – через b_j ($j = \overline{1, n}$). Припускається, що перевезення продукції від постачальників до споживачів здійснюватимуться у два етапи. Спочатку продукція від постачальників надходитиме на проміжні пункти, а вже з проміжних пунктів – до споживачів (рис. 6).

Кількість проміжних пунктів позначимо через p , а пропускну спроможність окремого k -го проміжного пункту – через c_k ($k = \overline{1, p}$).

Витрати на перевезення одиниці продукції від i -го постачальника на k -й проміжний пункт позначимо через s_{ik} ($i = \overline{1, m}; k = \overline{1, p}$), а витрати на перевезення одиниці продукції з k -го проміжного пункту до j -го споживача – через t_{kj} ($k = \overline{1, p}; j = \overline{1, n}$). Пропускні спроможності кожного з маршрутів вважатимемо необмеженими.

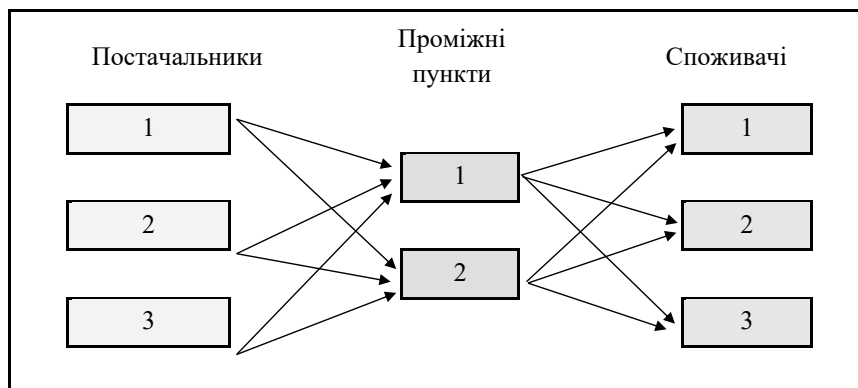


Рис. 6. Транспортна мережа двохетапної транспортної задачі ($m=3, n=3, p=2$)

Потрібно знайти обсяги x_{ik} перевезень продукції від постачальників на проміжні пункти ($i = \overline{1, m}; k = \overline{1, p}$) та обсяги y_{kj} перевезень продукції з проміжних пунктів до споживачів ($k = \overline{1, p}; j = \overline{1, n}$), щоб загальні витрати z на здійснення усіх перевезень були б мінімальними.

За наведених умов і позначень економіко–математична модель двохетапної транспортної задачі набирає вигляду:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p s_{ik} x_{ik} + \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n t_{kj} y_{kj} \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\sum_{k=1}^p x_{ik} \leq a_i, \quad i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^p y_{kj} = b_j, \quad j = \overline{1, n}, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} = \sum_{j=1}^n y_{kj} \leq c_k, \quad k = \overline{1, p}, \quad (4)$$

$$x_{ik} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, p}, \quad (5)$$

$$y_{kj} \geq 0, \quad k = \overline{1, p}, \quad j = \overline{1, n}. \quad (6)$$

Цільова функція задачі (1) – вимога пошуку найбільш економічного плану перевезень продукції. Інші умови задачі означають, відповідно, що:

(2) – обсяг продукції, що вивозитиметься від кожного постачальника, не повинен перевищувати наявного у нього запасу;

(3) – обсяг продукції, що завозитиметься кожному споживачу, має відповідати його попиту;

(4) – вся продукція, що завозитиметься на кожний проміжний пункт від постачальників, має бути потім надісланою до споживачів, причому слід враховувати пропускні спроможності кожного проміжного пункту.

Умовами існування розв'язку задачі є такі:

1) загальний запас продукції у всіх постачальників дозволяє задовольнити сукупний попит усіх споживачів:

$$\sum_{i=1}^m a_i \geq \sum_{j=1}^n b_j, \quad (7)$$

2) пропускні спроможності усіх проміжних пунктів достатні для опрацювання сукупного потоку продукції у транспортній мережі:

$$\sum_{j=1}^n b_j \leq \sum_{k=1}^p c_k, \quad (8)$$

Для повноцінного використання умов (1)–(8) необхідно адекватно визначити тарифікацію витрат на перевезення зернової продукції.

Перевезення зернової продукції дещо відрізняється від перевезення інших вантажів, адже це більш складний та затратний процес, особливо у період воєнного стану. Для повноти картини також необхідно розрахувати вартість перевезення однієї тонни продукції.

Особливо складна ситуація на тих територіях, де відбувалися бойові дії, поки робота не відновлюється. По-перше, пошкоджені транспортні шляхи. По-друге, ще ведеться робота з розмінування територій. Тому водії побоюються туди їздити.

Раніше радіус перевезень зерна автотранспортом складав приблизно 400 км. Все, що більше, – успішно перевозилось залізницею. Зараз радіус транспортування складає до 1 тис. км.

Щодо ціни, то на неї впливають багато факторів:

- зростання кілометражу проїзду, оскільки інфраструктура в багатьох місцях пошкоджена і транспорту треба об'їжджати ці ділянки;
- коливання вартості дизельного палива, та ліміти наливу на один транспортний засіб;
- перевізники закладають у тариф ризики воєнного часу, що тягне за собою значне підвищення вартості.

Також ціна залежить від кожного окремого напрямку. На неї впливають терміновість, об'єм, який потрібно доставити, та ціна на дизельне паливо[9]. Тому для більш точного та аргументованого розрахунку вартості перевезення однієї тонни вантажу було обрано інтернет-ресурс «Трипілля», на якому можна знайти вартість перевезення за конкретним маршрутом у реальному часі. Задля адекватного тарифікування було прийняте рішення обирати середню вартість серед відповідних перевізників (рис. 7).

РОЗРАХУНОК ВІДСТАНИ ТА ВАРТОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ЗЕРНА

Зеленодольськ, Дніпропетровська обл., Амос. → Вишневе, Дніпропетровська обл., Пятихатськ.

Маршрут: Зеленодольськ - Вишневе
Відстань: 130 км
Час в дорозі: 2 ч. 41 мин

Ціни логістичних компаній

Компанія	ПІБ	Телефон	Ціна грн/т	Замовити
	Сероулешко Ігоря Сергєевич	+38 (098) 316-26-10	130\$ грн/т с НДС	Замовити
	Татьяна	+380661047865	250 грн/т с НДС	Замовити
	Група компаній з вантажних перевезень	+380674013338	258 грн/т с НДС	Замовити
	Агротехнос-сервіс	+380634065446	258 грн/т с НДС	Замовити
	Афіна Паллада	+380686944172	258 грн/т с НДС	Замовити

Рис. 7. Приклад розрахунку вартості за допомогою ресурсу «Трипілля» [9]

Також основним економічним показником перевезення є собівартість.

Для правильного та детального розрахунку було використано інтернет-ресурс “DeGruZ”, на якому запропоновано спеціальний калькулятор для підвищеної точності та адекватності оцінки [10]. Було софрмовано чітку модель собівартості для стандартного автопідприємства, яке буде займатися перевезенням зернових культур (табл. 6).

Характеристика автопідприємства

Загальні вихідні дані	
Кількість машин у парку	15
Кількість робочих діб на місяць	22
Пробіг однієї машини в місяць, км	10 000
Витрата палива, л/100 км	38
Вартість палива, грн/л	54
Загальні витрати (на весь автопарк)	
Заробітна плата бухгалтера, грн/міс	10 000
Заробітна плата логіста, грн/міс	13 000
Витрати на утримання та експлуатацію 1 авто	
Заробітна плата водієві, грн/міс	15 000
Відрядження водієві за 1 добу, грн	400

Таблиця 6

В результаті застосування інтернет-ресурсів «Трипілля» і «DeGruz» зведені дані про вартість перевезеного вантажу від постачальників до проміжних пунктів внесено в табл. 7 і від проміжних пунктів до споживачів – в табл. 8.

Таблиця 7
Вартість перевезення вантажу від постачальників до проміжних пунктів, грн/т

Постачальники	Проміжні пункти	
	Елеватор Kadorg Agro Group	Балівський елеватор
1. ТОВ «Зоря»	770	1199
2. ТОВ «Світанок»	1010	957
3. ТОВ «Ромашка»	1345	1067

Таблиця 8

Вартість перевезення вантажу від проміжних пунктів до споживачів, грн/т

Проміжний пункт	Споживачі			
	ТОВ «Дніпромлин»	ТОВ «Хмельницьк-млин»	ТОВ «Вінницький КХП»	ДП «Одеський порт»
Елеватор Kadorg Agro Group	611	3454	2758	3330
Балівський елеватор	166	4042	3321	3918

За наведених умов економіко-математична модель двоетапної задачі виглядає наступним чином:

$$f = 770x_{11} + 1199x_{12} + 1010x_{21} + 957x_{22} + 1345x_{31} + 1067x_{32} + 611y_{11} + 3454y_{12} + 2758y_{13} + 3330y_{14} + 166y_{21} + 4042y_{22} + 3321y_{23} + 3918y_{24} \rightarrow \min$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{11} + x_{12} = 1500 \\ x_{21} + x_{22} = 1800 \\ x_{31} + x_{32} = 3600 \\ x_{11} + x_{21} + x_{31} = 3600 \\ x_{12} + x_{22} + x_{32} = 4500 \\ y_{11} + y_{12} + y_{13} + y_{14} = 3600 \\ y_{21} + y_{22} + y_{23} + y_{24} = 4500 \\ y_{11} + y_{21} = 900 \\ y_{21} + y_{22} = 1500 \\ y_{13} + y_{23} = 2100 \\ y_{14} + y_{24} = 2400 \\ x_{ij} > 0, y_{jk} > 0, \\ i = 1, 3; j = 1, 2; k = 1, 4; \end{array} \right.$$

Наступні розрахунки буде проведено за допомогою табличного процесора Microsoft Excel. Скріншот з екрану підготовки даних до розрахунку та результати вирішення задачі оптимізації наведено на рис. 8–10.

Оптимальному плану перевезень відповідають мінімальні загальні транспортні витрати у розмірі 27 370 500 гривень, у тому числі на першому етапі перевезень (від постачальників до розподільчих пунктів) – 6 897 600 гривень, а на другому етапі (з розподільчих пунктів до споживачів) – 20 472 900 гривень.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Оптимізація плану перевезень пшениці									
2										
3	Постачальники	Запас		Розподільчий пункт	Пропускна спроможність		Споживачі	Потреба		
4	C1	1500		P1	3600		A1	900		
5	C2	1800		P2	4500		A2	1500		
6	C3	3600		Разом:	8100		A3	2100		
7	Разом:	6900					A4	2400		
8							Разом:	6900		
9	Вихідні данні									
10	Витрати на перевезення 1т пшениці			Витрати на перевезення 1т пшениці						
11	Постачальники	Розподільчий пункт		Розподільчий пункт			Споживачі			
12		P1	P2				A1	A2	A3	A4
13	C1	770	1 199		P1		611	3454	2758	3330
14	C2	1 010	957		P2		166	4042	3321	3918
15	C3	1 345	1 067							

Рис. 8. Результати підготовки робочого аркушу

17	Витрати на перевезення пшениці		Витрати на перевезення пшениці				Витрати на перевезення пшениці на 1км			Витрати на перевезення пшениці на 1км					
18	Постачальники	Розподільчий пункт		Розподільчий пункт			Споживачі			Постачальники		Розподільчий пункт		Споживачі	
19		P1	P2				A1	A2	A3	A4					
20	C1	19250	29975		P1		10998	62172	49844	59940	C1	149	147		
21	C2	25250	23025		P2		2988	72756	59778	70524	C2	158	155		
22	C3	33625	26675								C3	147	137		
23	Обсяг перевезень пшениці, т														
24	Постачальники	Розподільчий пункт		Розподільчий пункт			Споживачі			Постачальники		Розподільчий пункт		Споживачі	
25		P1	P2	Всього:											
26	C1	0	1500	1500	P1		900	0	2100	0					
27	C2	1800	0	1800	P2		0	1500	0	2400					
28	C3	1200	2400	3600	Всього:		900	1500	2100	2400					
29	Всього:	3000	3900												
30	Витрати на перевезення														
31		Грн													
32	На першому етапі	7791300													
33	На другому етапі	21807900													
34	Загальні	29599200													
35															
36															

Рис. 9. Продовження підготовки робочого аркушу

25	Постачальники	Розподільчий пункт			Розподільчий пункт	Споживачі					
26		P1	P2	Всього:		A1	A2	A3	A4	Всього:	
27	C1	1500	0	1500	P1	0	1500	0	2100	3600	
28	C2	1800	0	1800	P2	900	0	2100	300	3300	
29	C3	300	3300	3600	Всього:	900	1500	2100	2400		
30	Всього:	3600	3300								
31											
32	Витрати на перевезення		Грн								
33	На першому етапі		6897600								
34	На другому етапі		20472900								
35	Загальні		27370500								
36											
37	Обсяг перевезень пшениці, 25т				Обсяг перевезень пшениці, 18 т						
38	Постачальники	Розподільчий пункт			Розподільчий пункт	Споживачі					
39		P1	P2			A1	A2	A3	A4		
40	C1	60	0		P1	0	84	0	117		
41	C2	72	0		P2	50	0	117	17		
42	C3	12	132								
43											

Рис. 10. Результати розрахунків з оптимізації плану перевезення

Висновки з даного дослідження та перспективи подальших розвідок у даному напрямку. За результатами було отримано оптимізований план перевезення, вартість якого суттєво зменшилася у порівнянні з попереднім, а саме на 9%, що в період війни є вагомим результатом. Порівняння витрат на перевезення до і після оптимізації проведено у табл. 9. Графічно дане порівняння зображено на рис. 11.

Порівняння витрат на перевезення до і після оптимізації

Витрати на перевезення	Грн	
	До оптимізації	Після оптимізації
На першому етапі	7 791 300	6 897 600
На другому етапі	21 807 900	20 472 900
Загальні	29 599 200	27 370 500

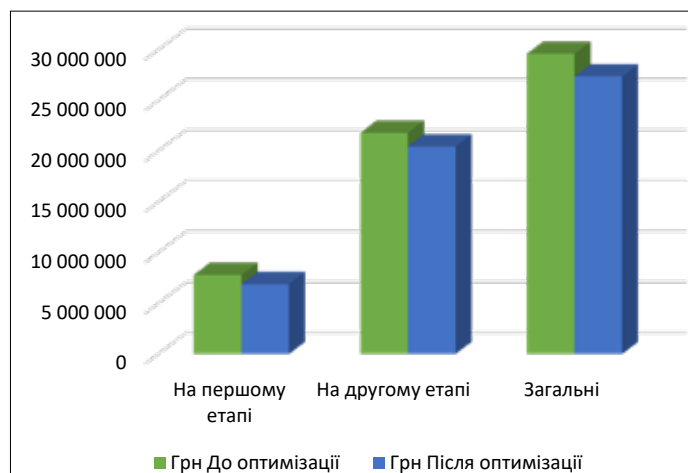


Рис. 11. Порівняння витрат на перевезення до і після оптимізації

При розрахунках було оптимізовано не лише витрати на перевезення, а й обсяг перевезення пшениці за маршрутами. Результати розрахунків обсягів перевезення на першому етапі розташовані у табл. 10. Графічно маршрут зображено на рис. 12.

Таблиця 10

Обсяги перевезення пшениці на першому етапі

Постачальники	Обсяг перевезення пшениці, т	
	Розподільчий пункт	
	Елеватор Kadorr Agro Group	Балівський елеватор
1. ТОВ «Зоря»	1500	0
2. ТОВ «Світанок»	1800	0
3. ТОВ «Ромашка»	300	3300

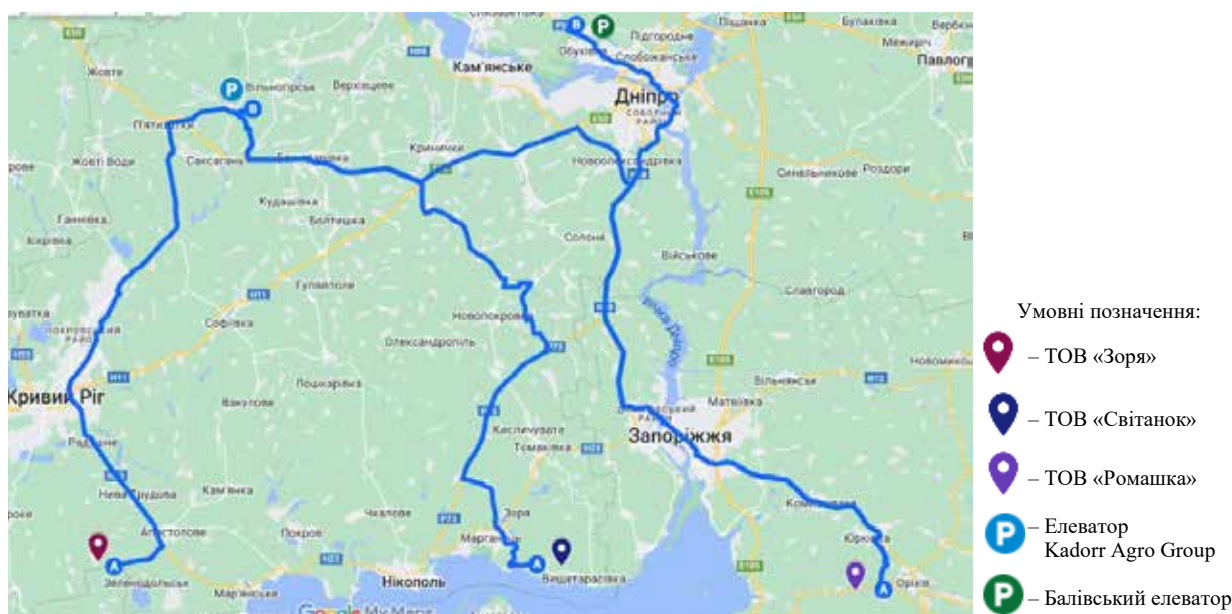


Рис. 12. Маршрути першого етапу перевезення пшениці

Результати розрахунків обсягів перевезення на другому етапі розташовані у табл. 11 і на рис. 13–14.

Таблиця 11

Обсяги перевезення пшениці на другому етапі

Розподільчий пункт	Обсяг перевезень пшениці, т			
	Споживачі			
	ТОВ «Дніпромлин»	ТОВ «Хмельницьк-млин»	ТОВ «Вінницький КХП»	ДП «Одеський порт»
Елеватор Kadorg Agro Group	0	1500	0	2100
Балівський елеватор	900	0	2100	300

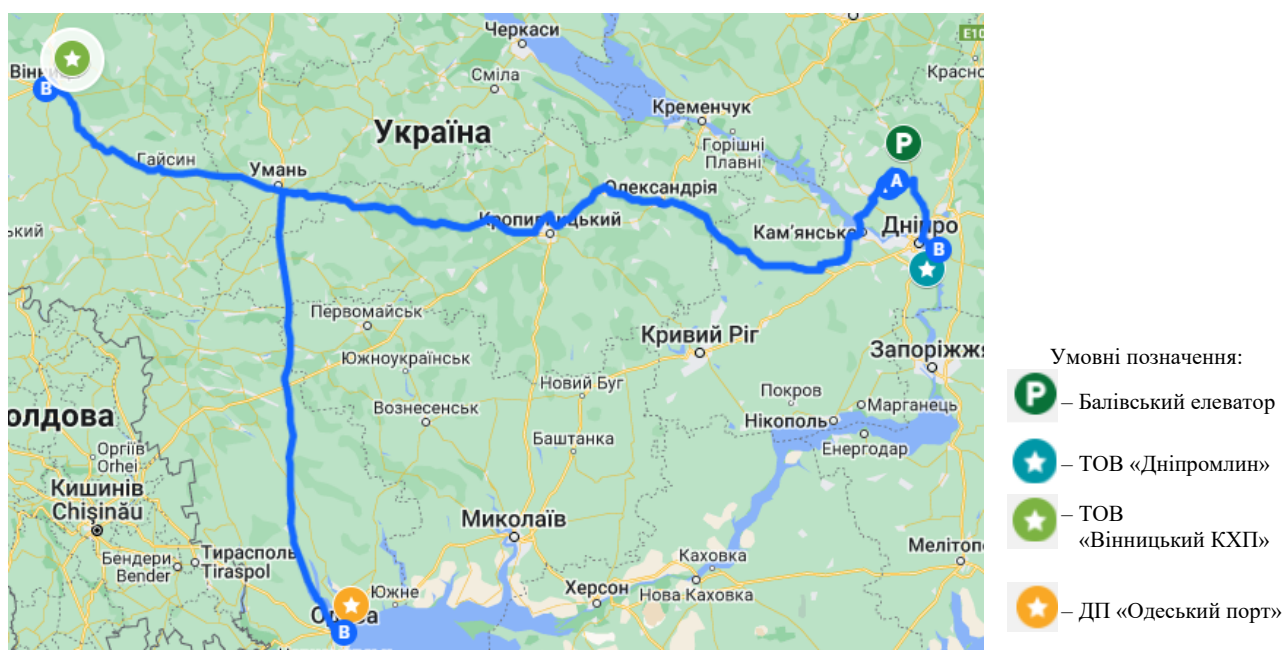


Рис. 13. Маршрути перевезення пшениці від Балівського елеватора до споживачів

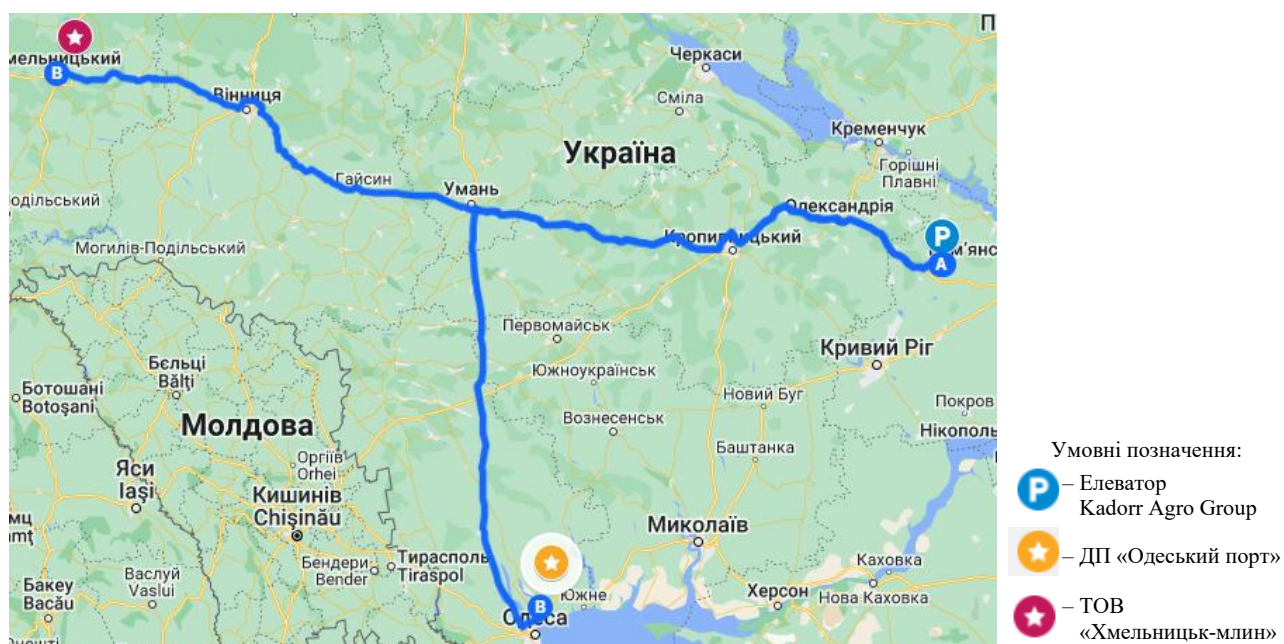


Рис. 14. Маршрути перевезення пшениці від Елеватора КАГ до споживачів

Також було проведено розрахунок собівартості 1 км пробігу вантажівки для стандартного автопідприємства, яке б теоретично могло бути залучене до перевезення. За результатами розрахунків було визначено, що собівартість 1 км пробігу для вантажівки складає 23,34 грн. Для порівняння було розраховано витрати на перевезення 25 т та 18 т пшениці на 1 км у табл. 12 та табл. 13 відповідно.

Таблиця 12

Витрати на перевезення 25 т пшениці на 1 км		
Витрати на перевезення 25 т пшениці на 1км, грн		
Постачальники	Розподільчий пункт	
	Елеватор Kadorg Agro Group	Балівський елеватор
1. ТОВ «Зоря»	149	147
2. ТОВ «Світанок»	158	155
3. ТОВ «Ромашка»	147	137

Таблиця 13

Витрати на перевезення 18 т пшениці на 1 км				
Витрати на перевезення 18 т пшениці на 1км, грн				
Розподільчий пункт	Споживачі			
	ТОВ «Дніпромлин»	ТОВ «Хмельницьк-млин»	ТОВ «Вінницький КХП»	ДП «Одеський порт»
Елеватор Kadorg Agro Group	367	86	85	87
Балівський елеватор	30	117	125	120

З наведених результатів можна зробити висновок, що у період воєнного стану реальні витрати на перевезення особливо з прифронтових районів суттєво відрізняються від теоретичних.

Список використаних джерел:

1. Врожай 2022. URL: <https://latifundist.com/spetstemy/zbyralna-kampaniya-2022>.
2. Урожай воєнного стану: скільки зберуть у 2022 році і як це вплине на наступний рік. URL: https://lb.ua/economics/2022/09/03/528245_urozhay_voennogo_stanu_skilki.html.
3. Очеретенко С. В., Дмитрієва К. С. Дослідження питання удосконалення системи доставки вантажів у міжнародному сполученні на автотранспортних підприємствах. *Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура*. 2018. № 140. С. 76–80.
4. Черемісіна С. Г., Россоха В. В. Ефективність виробництва зернових культур в Україні: аналіз сучасного стану та перспективи підвищення. *Економіка АПК*. 2021. № 6. С. 54–67.
5. Обсяг виробництва, урожайність та зібрана площа сільськогосподарських культур за їх видами по регіонах. *Держстат України*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
6. Google Maps. URL: <https://www.google.com.ua/maps/@48.4613372,35.0627573,13z?hl=uk&authser=0>.
7. Логістика експорту зерна. URL: <https://ambarexport.ua/blog/grain-export-logistics>.
8. Автомобільна логістика у воєнний час: ціни, стан доріг та перетин кордону. URL: <https://latifundist.com/spetsproekt/968-avtomobilna-logistika-u-voyennij-chas-tsini-stan-dorig-ta-peretin-kordonu>.
9. Розрахунок відстані та вартості перевезення зерна. URL: <https://tripoli.land.ua/logistics/zelenodolsk-to-vishnevoe-ryatihatskiy>.
10. Аулін В.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В. Методичні вказівки для самостійної роботи студентів з навчальної дисципліни «Організація послуг та управління на в автомобільному транспорті» студентів напряму підготовки спеціальностей 274 «Автомобільний транспорт» та 275.

References:

1. Vrozhai 2022 [Harvest 2022]. URL: <https://latifundist.com/spetstemy/zbyralna-kampaniya-2022>.
2. Urozhai voiennoho stanu: skilky zberut u 2022 rotsi i yak tse vplyne na nastupnyi rik. [Martial law harvest: how much will be harvested in 2022 and how it will affect next year]. URL: https://lb.ua/economics/2022/09/03/528245_urozhay_voennogo_stanu_skilki.html.
3. Ocheretenko, S. V., Dmitrieva K. S. Doslidzhennia pytannia udoskonalennia systemy dostavky vantazhiv u mizhnarodnomu spoluchenni na avtotransportnykh pidpriemstvakh [Research on the issue of improving the system of cargo delivery in international traffic at motor transport enterprises]. *Municipal services of cities. Series: Technical Sciences and Architecture*, 2018, 140: 76-80.

-
4. Cheremisina S.G., Rossokha V.V. Efektyvnist vyrobnytstva zernovykh kultur v Ukraini: analiz suchasnoho stanu ta perspektyvy pidvyshchennia [Efficiency of grain production in Ukraine: analysis of the current state and prospects for improvement]. *Economy of agro-industrial complex*. 2021. № 6. P. 54 – 67.
 5. Obsiah vyrobnytstva, urozhainist ta zibrana ploshcha silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy po rehionakh [Volume of production, yield and harvested area of crops by their types by region]. *State Statistics Service of Ukraine*. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
 6. Google Maps. URL: <https://www.google.com.ua/maps/@48.4613372,35.0627573,13z?hl=uk&authuser=0>.
 7. Lohistyka eksportu zerna [Logistics of grain export]. URL: <https://ambarexport.ua/blog/grain-export-logistics>.
 8. Avtomobilna lohistyka u voiennyi chas: tsiny, stan dorih ta peretyn kordonu [Automotive logistics in war-time: prices, road conditions and border crossing]. URL: <https://latifundist.com/spetsproekt/968-avtomobilna-logistika-u-voyennij-chas-tsini-stan-dorig-ta-peretin-kordonu>.
 9. Rozrakhunok vidstani ta vartosti perevezennia zerna [Calculation of the distance and cost of grain transportation]. URL: <https://tripoli.land/ua/logistics/zelenodolsk--to--vishnevoe-pyatihatskiy>.
 10. Aulin V.V., Hrynkiv A.V., Golub D.V., Lysenko S.V. Metodychni vkazivky dlia samostiinoi roboty studentiv z navchalnoi dystsypiny “Orhanizatsiia posluh ta upravlinnia na v avtomobilnomu transporti” sudentiv napriamu pidhotovky spetsialnosti 274 “Avtomobilnyi transport” ta 275. [Methodical instructions for independent work of students on educational discipline “Organization of services and management in road transport” of vessels of the direction of training specialties 274 “Road transport” and 275].

Разумова К. М., доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри організації авіаційних робіт та послуг Національного авіаційного університету
ORCID: 0000-0001-6385-2823

Новальська Н. І., кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри організації авіаційних робіт та послуг Національного авіаційного університету
ORCID: 0000-0002-6331-9217

Клименко В. В., кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри організації авіаційних робіт та послуг Національного авіаційного університету
ORCID: 0000-0002-4168-3296

ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНОГО ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО БІЗНЕСУ

Стаття присвячена дослідженню особливостей транспортно-експедиторського бізнесу в Україні. Досліджено, що діяльність сучасних транспортно-експедиторських підприємств спрямована на комплексне обслуговування клієнтів задля інтегрованого задоволення їхніх потреб (зменшення ризику втрати або пошкодження вантажу, мінімізації фінансових та часових витрат відправника на транспортування вантажу).

Визначено, що останніми роками розвиток транспортно-експедиторського бізнесу відбувався в умовах світової глобалізації виробництва та розподілу; формування організаційних та нормативно-правових засад діяльності експедиторів; інтеграції видів транспорту та розвитку інтермодальних та мультимодальних технологій транспортування; формування сучасної концепції складського обслуговування; інтеграції матеріальних потоків в системі міжнародного руху товарів. Обґрунтовано, що організація діяльності транспортних експедиторів здійснюється як у відповідності до нормативно-правових актів, так і в межах саморегульованих організацій, які об'єднують професіоналів транспортно-логістичного бізнесу, розробляють стандарти, норми та правила роботи експедиторів, відстоюють їх інтереси. Виявлено, що наявність широкої та розвиненої мережі експедиторських компаній є невід'ємною частиною інфраструктури транспортних систем.

Окрему увагу приділено виявленню проблем і особливостей діяльності транспортно-експедиторських компаній в умовах повномасштабної російської агресії. У цей час український транспортно-експедиторський бізнес зіткнувся з численними негативними факторами, зокрема припинення авіасполучення, блокування портів, черги на кордоні, руйнування вітчизняної транспортної інфраструктури та неготовність інфраструктури країн Східної Європи до нових форматів роботи з Україною.

Нині в Україні відбуваються процеси, які сприяють відновленню транспортної інфраструктури, покращенню організації транспортно-експедиторської та логістичної діяльності, розробляються нові логістичні шляхи та відновлюються старі для транспортування вантажів в міжнародному сполученні, розвивається прикордонна інфраструктура.

Ключові слова: експедитор, транспортно-експедиторський бізнес, вантажні перевезення, транзит, транспортна інфраструктура, митні пункти пропуску.

Razumova K. M., Novalska N. I., Klymenko V. V. Features of modern transport forwarding business

The article is devoted to the study of the peculiarities of the transport and forwarding business. It has been investigated that the activities of modern transport and forwarding companies are aimed at comprehensive customer service for the integrated satisfaction of their needs (reducing the risk of loss or damage to the cargo, minimizing the sender's financial and time costs for transporting the cargo).

It was determined that in recent years the development of the transport and forwarding business took place in the conditions of globalization of production and distribution; formation of organizational and legal frameworks for the activities of freight forwarders; integration of transport modes and development of intermodal and multimodal transportation technologies; formation of a modern concept of warehouse service; integration of material flows in the system of international movement of goods. It was substantiated that the organization of the activities of transport forwarders is carried out both in accordance with regulatory and legal acts, and within the framework of self-regulatory organizations that unite professionals of the transport and logistics business, develop standards, norms and rules for the work of forwarders, and defend their interests. It was found that the presence of a wide and developed network of forwarding companies is an integral part of the infrastructure of transport systems.

Particular attention is paid to the identification of problems and peculiarities of the activities of transport and forwarding companies in the conditions of full-scale russian aggression. At that time, the Ukrainian transport and forwarding business

faced numerous negative factors, including the suspension of air traffic, blocking of sea and river ports, queues at the border, the destruction of the domestic transport infrastructure and the unpreparedness of the infrastructure of Eastern European countries for new formats of work with Ukraine. Currently, processes are taking place in Ukraine that contribute to the restoration of the transport infrastructure, the improvement of the organization of transport forwarding and logistics activities, new logistics routes are being developed and old ones are being restored for the transportation of goods in international traffic, and the border infrastructure is developing.

Key words: freight forwarder, freight forwarding business, cargo transportation, transit, transport infrastructure, customs checkpoints.

Постановка проблеми. Нині транспортно-експедиторський бізнес виступає невід’ємною частиною усіх фаз суспільного виробництва, оскільки забезпечує взаємодію всіх учасників перевізного процесу: вантажовласників, вантажовідправників, вантажоодержувачів, перевізників та операторів транспортної інфраструктури. Посилення конкуренції на ринку та підвищення вимог клієнтів змушують експедиторів інтегруватися в інформаційно-логістичне управління та збільшувати свою роль в логістичних операціях. Російсько-українська війна внесла свої корективи у діяльність транспортно-експедиторських компаній, які змушені були перебудувувати логістичні шляхи, шукати нові джерела вантажної бази, змінювати умови праці для своїх співробітників, забезпечити схоронність транспортних засобів, шукати можливості для розвитку логістики на кордоні з країнами Європейського Союзу (особливо, що стосується водного та повітряного видів транспорту).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання організації та удосконалення транспортно-експедиторського бізнесу викликають певний науковий інтерес. Зокрема, Гаврилко Т.О. та Сафонова Т.І. досліджували напрями підвищення якості транспортно-експедиторських послуг та забезпечення ефективності діяльності транспортно-експедиторської компанії [1]. Праці Стаднік В.Г. присвячені дослідженню умов, розробці методичних основ і практичних рекомендацій щодо підвищення ефективності діяльності транспортно-експедиторських компаній на засадах удосконалення системи управління якістю [2], а також тенденціям розвитку міжнародного транспортно-експедиторського бізнесу [3]. В публікаціях Цьонь О.П. та Плекан У.М. визначено перспективи відбудови транспортної системи задля розвитку транспортно-експедиторської діяльності в Україні [4].

Метою статті є визначення основних умов розвитку транспортно-експедиторського бізнесу; обґрунтування ролі саморегулювальних організацій на ринку транспортно-експедиторських послуг; виявлення проблем і особливостей діяльності експедиторських компаній в умовах повномасштабної російської агресії.

Виклад основного матеріалу. Останніми роками розвиток транспортно-експедиторського бізнесу відбувався в умовах:

- 1) світової глобалізації виробництва та розподілу;
- 2) формування організаційних та нормативно-правових засад діяльності експедиторів (рис. 1);
- 3) інтеграції видів транспорту та розвитку нових технологій транспортування (інтермодальних / мультимодальних);
- 4) формування сучасної концепції складського обслуговування;
- 5) інтеграції матеріальних потоків в системі міжнародного руху товарів.

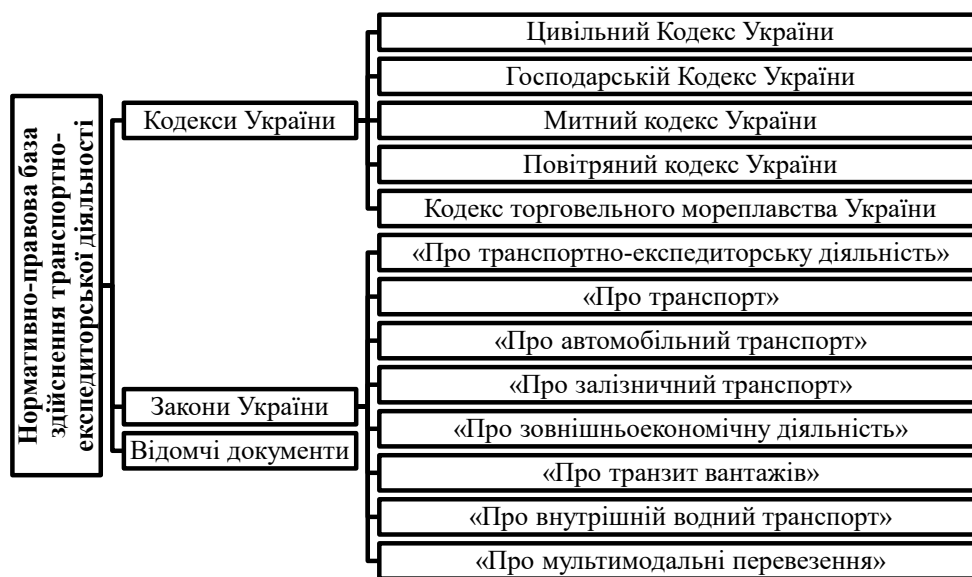


Рис. 1. Нормативно-правова база здійснення транспортно-експедиторської діяльності

Науково-технічна революція другої половини ХХ століття в транспортній галузі проявилася через розвиток контейнеризації, трейлерної системи транспортування, мультимодальних та інтермодальних перевезень, збільшення вантажопідйомності водного виду транспорту (танкерний і балкерний флот), спеціалізованих видів транспортних засобів, термінальних технологій, електронних та телескопічних комунікацій, екології [3, с. 298].

Організація діяльності транспортних експедиторів здійснюється як у відповідності до нормативно-правових актів, так і в межах саморегулювних організацій, які об'єднують професіоналів транспортно-логістичного бізнесу, розробляють стандарти, норми та правила роботи експедиторів, відстоюють їх інтереси.

Зокрема, у 1991 році було створено Асоціацію міжнародних автомобільних перевізників України (АсМАП України), до завдань якої відноситься сприяння в здійсненні перевезень вантажів автомобільним транспортом у міжнародному сполученні. В поточному році було проведено регіональні збори учасників АсМАП України, під час яких обговорювалися проблеми у взаємовідносинах між перевізниками та транспортно-експедиторськими організаціями, а саме не отримання винагороди експедиторами за надані послуги з міжнародних перевезень вантажів.

У 1992 році дванадцять транспортно-експедиторських підприємств колишнього «Союззовніштрансу» заснували першу галузеву суспільну організацію – Асоціацію транспортно-експедиторських та логістичних організацій України «Укрзовніштранс», місія якої полягала у використанні та вдосконаленні стандартів транспортно-експедиторської діяльності. На початку 90-х рр. Асоціація ставила собі за мету захист інтересів об'єднаних експедиторських компаній на транспортно-експедиторському ринку, вирішення актуальних питань щодо формування тарифів на транзитні вантажі експедиторськими компаніями.

Серед цілей асоціації виокремлюють:

- спрощення процедур торгівлі;
- підготовка компетентного персоналу; використанні документів та форм FIATA;
- співробітництво з національними та міжнародними організаціями.

З 1994 року здійснює свою діяльність Асоціація міжнародних експедиторів України (АМЕУ), яка заснована за ініціативою більше 100 транспортно-експедиторських організацій та має за мету здійснювати координацію зусиль експедиторів України для вирішення проблем їх професійної діяльності.

Світовий досвід свідчить, що наявність широкої та розвинутої мережі експедиторських компаній є невід'ємною частиною або елементом інфраструктури транспортних систем. Наприклад, в США зареєстровано понад 10 тис. експедиторських фірм, у Франції – понад 1 тис., в одному лише Гамбургському транспортному вузлі Німеччини їх понад 500.

Інформацію про найбільші морські та авіаційні транспортно-експедиторські компанії, відомі в світовому бізнесі, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Найбільші морські та авіаційні експедитори світового бізнесу [5]

Морські експедитори	Авіаційні експедитори	Країна
Kuehne+Nagel Inc.		Компанія заснована в Німеччині. Штаб-квартира в місті Шенделег (Швейцарія). Має понад 1395 відділень в 109 країнах
DHL Supply Chain & Global Forwarding		Головний офіс в Бонні, Німеччина. Вибудовує ланцюжок поставок і здійснює глобальне експедирування
Panalpina Inc.		Великий міжнародний холдинг зі штаб-квартирою в Базелі, Швейцарія
Expeditors International		Глобальна логістична та транспортно-експедиційна компанія зі штаб-квартирою у Сієтлі, США
SDV/Bollere Group		Штаб-квартира компанії розташована в Пюто, на західній околиці Парижа, Франція. Компанія керує глобальною мережею з 600 агентств
Sinotrans Limited		Головний офіс в Пекіні, Китай
DB Schenker Logistics		Німеччина
Kintetsu World Express		Японська транспортно-експедиційна компанія. Це дочірня компанія японського холдингу Kintetsu Group Holdings. Надає послуги авіаційного та морського експедирування, митного брокерства та управління складськими запасами.
Pantos Logistics		Сеул, Південна Корея
Hellmann Worldwide Logistics		Німецька компанія з головним офісом у Оснабрюку

В Україні на даний час пропонують свої послуги численні транспортно-експедиторські компанії. Зокрема, восени 2022 р. АТ «Укрзалізниця» запланувала індивідуально визначати перелік послуг з експедирування вантажів в залежності від своїх можливостей на конкретних станціях та потреб клієнтів [6].

Сучасні транспортно-експедиторські підприємства спрямовані в організації своєї бізнес-діяльності до комплексного обслуговування клієнтів задля інтегрованого задоволення їхніх потреб, зокрема зменшення ризику втрати або пошкодження вантажу, мінімізації фінансових та часових витрат відправника на транспортування вантажу.

Робота експедитора не обмежується лише підписанням договору-заявки. Експедитор повинен завжди володіти інформацією щодо місцезнаходження вантажу та транспортного засобу (відстеження транспортного засобу в дорозі) задля своєчасного вирішення можливих проблем. Певною мірою експедитор може виступати в ролі посередника між вантажовласником та постачальниками послуг (транспортування, митного очищення вантажу, консолідації на транзитних складах, оформлення супутніх документів тощо). Організуючи перевезення вантажу, експедитор як суб'єкт господарювання може укласти від свого імені або від імені клієнта договори на перевезення з третіми особами, забезпечувати відправлення та отримання вантажу, надавати додаткові послуги, визначені договором транспортно-експедирування (діючи на підставі договору-доручення або агентського договору), відповідати перед клієнтом за порушення договору. В такому випадку укладається договір посередницького типу.

Водночас транспортний експедитор може бути і безпосереднім виконавцем усього комплексу послуг з експедирування вантажів (відповідно до технологій роботи мати склади, різні види транспортних засобів, виробничі приміщення, контейнери тощо). У такому випадку оформлюється прямий договір, згідно з яким експедитор всі або певні послуги надає самостійно, а також він повинен мати необхідні дозвільні документи (наприклад, ліцензію на вантажні перевезення).

Експедитори за дорученням клієнтів:

- забезпечують оптимальне транспортне обслуговування;
- фрахтують судна та інші транспортні засоби для своєчасного відправлення вантажів;
- здійснюють роботи з приймання, накопичення, подрібнення, сортування, складування, зберігання та перевезення вантажів;
- організують охорону вантажів під час їх перевезення, перевалки та зберігання;
- надають заявки та відправлення вантажів та наряди на їх відвантаження усім учасникам транспортно-експедиторської діяльності;
- здійснюють страхування вантажу та своєї відповідальності згідно законодавства та договору транспортно-експедирування;
- здійснюють підготовку та додаткове обладнання транспортних засобів та вантажів;
- проводять фінансові розрахунки з усіма учасникам транспортно-експедиторської діяльності;
- оформлюють товарно-транспортну документацію та організують роботи відповідно до митних, карантинних та санітарних вимог;
- надають допоміжні та супутні послуги згідно договору транспортно-експедирування (сплата мита та зборів, зберігання вантажу в пункті призначення до його отримання, виконання митних формальностей та отримання необхідних документів для здійснення міжнародних перевезень, перевірка кількості і стану вантажу тощо).

В структурі транспортно-експедиторського обслуговування можна виокремити три взаємозалежні складові: транспортне обслуговування, експедиційне обслуговування, посередницьке обслуговування.

Посилення конкуренції на ринку транспортних, транспортно-експедиторських та транспортно-логістичних послуг, підвищення вимог клієнтів щодо якості надання послуг, змушують експедиторів не обмежуватися лише наданням традиційних послуг, а й інтегруватися в інформаційно-логістичне управління та збільшувати свою роль в логістичних операціях.

В період повномасштабного російського вторгнення український транспортно-експедиторський бізнес зіштовхнувся з численними негативними факторами, зокрема блокування портів, черги на кордоні, неготовність інфраструктури країн Східної Європи до нових форматів роботи з Україною, дефіцит контейнерного обладнання, заборгованість клієнтів. Через воєнну агресію скоротилася чисельність транспортно-експедиторських компаній в Україні, зупинилося морське (за винятком в деяких часових проміжках функціонування «зернового коридору») та авіасполучення, значно пошкоджена транспортна інфраструктура та скорочено обсяги виробництва. Транспорт – одна з сфер національного господарства, якій завдана найбільша пряма шкода (35,7 млрд дол.), і для відновлення якої необхідна найбільша сума коштів – 92,1 млрд дол. (рис. 2).

Ті підприємства, які змогли адаптуватися до змін умов господарювання також внесли корективи в організацію своєї бізнес-діяльності. Транспортно-експедиторська та логістична діяльність в Україні перебудувалася, підлаштувалася та здійснюється через порти та аеропорти в країнах Європи.

Наприклад, міжнародна компанія родом з України UNI-LAMAN GROUP переобладнала та розширила свої автопарки в Одесі, Кишиневі та Варшаві оскільки відсутність морських перевезень та авіасполучення безпосередньо в Україні суттєво збільшило частку автоперевезень. А також з урахуванням того, що деякі

українські товаровиробники скоротили обсяги виробництва продукції, UNI-LAMAN GROUP розвинула сервіс доставки невеликих об'ємів та відкрила додатковий склад для консолідації вантажів у Польщі для доставки їх в Україну. Компанія є членом АМЕУ, FIATA (Міжнародної федерації експедиторських асоціацій), WCA (Всесвітнього Вантажного Альянсу).



Рис. 2. Завдана шкода та потреби відновлення України [7]

На даний час в Україні та країнах Європи відбуваються процеси, які сприяють відновленню транспортної інфраструктури, покращенню організації транспортно-експедиторської та логістичної діяльності, міжнародних перевезень тощо. Україна успішно пройшла відбір для участі в пілотному проєкті EU4Digital, який передбачає приєднання до єдиної системи електронної товарно-транспортної накладної ЄС (e-CMR). Працювати з електронною формою ТТН в режимі реального часу зможуть всі основні учасники вантажоперевезення (відправник, перевізник, отримувач). Новий сервіс дозволить покращити умови ведення бізнесу шляхом: скорочення обсягу паперового документообігу, прискорення обігу ТТН, оперативного здійснення взаєморозрахунків за надані послуги, ліквідації корупційних ризиків.

З кінця 2022 року здійснюють фідерні контейнерні перевезення між портом Констанца (Румунія) – Рені (Україна), з березня 2023 року контейнерний фідер T-Moon вітчизняного оператора, здійсни свій рейс в порт Ізмаїл. Контейнери транспортують в режимі траншшипента, який не передбачає оформлення транзитних митних документів в порту Констанца.

До основних проблем річкових перевезень в 2022 р. слід віднести необхідність побудови нових логістичних маршрутів. Використання портових терміналів Німеччини, Нідерландів, країн Балтії здорошували доставку вантажу з розрахунку на 1 т. Перевага віддавалася Польщі та південним портам (наприклад, Констанца, Бургас). Вітчизняні транспортно-експедиторські компанії зіштовхнулися з логістичними перепонами, а саме відсутність місця на складах перетарки вантажу та високе навантаження в портах.

Спрошено транзит залізничних вантажоперевезень між Молдовою та Україною через ліквідацію операцій подвійного та потрійного контролю на митних пунктах пропуску (пунктом призначення може бути Україна, Молдова, Румунія). Зазначене дозволить: прискорити час доставки вантажів в або з портового комплексу Джурджулешти на річці Дунай (Молдова) або Румунію; зменшити кінцеву вартість експортованого чи імпортованого товару через скорочення розміру транспортної складової в повній собівартості товарів. Шляхом перенаправлення вантажу з сегменту автомобілеперевезень на сегмент залізничних перевезень відбудеться зміна Supply Chain, результатом якого стане зменшення навантаження на автошляхи Молдови.

До основних проблем в інфраструктурі залізничного транспорту, які вплинули на організацію транспортно-експедиторського процесу в 2022 – I кв. 2023 р. стали:

- низька пропускна спроможність прикордонних переходів переважно через різну ширину залізничної колії в Україні та Європі;
- недостатній обсяг перевантажувальних потужностей на митному кордоні;
- обмеження вагонного парку у європейських перевізників;
- дублювання митних процедур під час проходження митного контролю.

В Україні відбувається побудова нових логістичних шляхів та відновлення старих для транспортування вантажів в міжнародному сполученні. Відновлено рух потягів на двох ділянках на кордоні з Польщею, відремонтовано 70 км колій, оновлено 10 мостів, реконструйовано та електрифіковано ділянки Ковель – Ізов – Держкордон. Таким чином створюються умови для розвитку логістики на кордоні з ЄС.

Укрзалізниця запропонувала учасникам ринку вантажних перевезень в межах нової сервісної послуги з контейнерних перевезень стати «оператором інтермодального поїзда» шляхом викупу частини обсягів перевезень в складі певного інтермодального потяга. Таким чином оператор матиме можливість інтегруватися до європейської системи контейнерних поїздів, прогнозувати вартість та час доставки.

Відкриття індустріального парку NOVO в м. Нововолинськ (Україна) на кордоні з Польщею підвищить інвестиційну привабливість регіонів (нова траса Ковель – Жовква, недалеко від Львова, залізничне сполучення). Попередньо визначено, що до його складу увійдуть виробничі та переробні підприємства, логістичні компанії.

З урахуванням зростаючого потоку пасажирів та вантажів розбудовується прикордонна інфраструктура. Відкрито новий міжнародний автомобільний пункт пропуску «Красноільськ – Викова де Сус» на україно-румунському кордоні. Пункт пропуску «Порубне – Сирет» на даний час найбільш завантажений, через нього пролягає дорога в європейські порти і для вантажного транспорту не має інших варіантів проїзду з України в Румунію. Попередньо проїзд в ПП «Красноільськ – Викова де Сус» дозволено для легкових автомобілів та порожніх вантажівок, а далі вантажного понад 3,5 т.

В цілому за підсумками 2022 року змінилася структура вантажних перевезень за видами транспорту. Автомобільний транспорт забезпечив ввезення на територію України майже 10,67 млн т імпорتنих товарів (35% загального імпорту). Друге місце посідає залізничний транспорт за обсягом завезеного в країну імпорту – 9,89 млн т (33% загального імпорту). В транспортуванні вантажів на експорт значно переважає морський транспорт 53,86 млн т або 54% загального експорту (рис. 3).

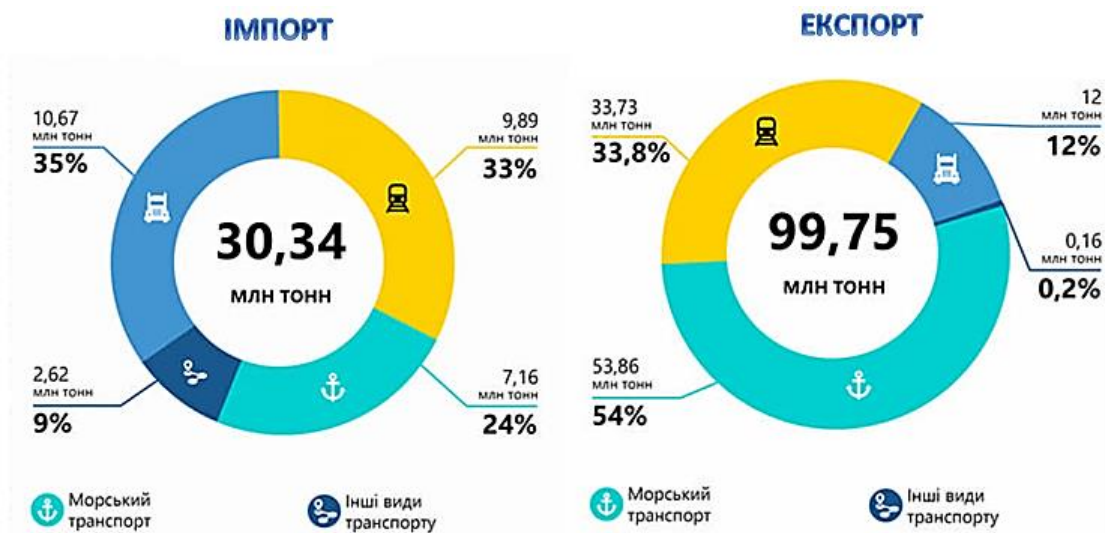


Рис. 3. Структура обсягу імпорту та експорту продукції видами транспорту в 2022 році [8].

В нинішніх умовах важливими факторами нормалізації транспортних процесів стали:

- укладання Угоди між Україною та Європейським Союзом про вантажні перевезення автомобільним транспортом на строк до 30.06.2023 року, яка передбачає тимчасове полегшення автомобільних вантажних перевезень, надання додаткових прав на транзит, спрощення визнання водійських документів;
- розвиток прикордонної інфраструктури, зокрема шляхом відкриття нових або реконструкції існуючих автомобільних та залізничних пунктів пропуску на митному кордоні України;
- нарощування обсягів вантажоперевалки у портах Дунайського портового кластеру.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. Сучасні транспортно-експедиторські підприємства спрямовані на комплексне обслуговування клієнтів задля інтегрованого задоволення їхніх потреб, зокрема зменшення ризику втрати або пошкодження вантажу, мінімізації фінансових та часових витрат відправника на транспортування вантажу.

На організацію бізнес-діяльності транспортних експедиторів впливають численні фактори зовнішнього середовища, зокрема нормативно-правова база та функціонування саморегульованих організацій. Широка та розвинена мережа експедиторських компаній є важливою частиною інфраструктури світової та національної транспортних систем.

В період повномасштабної російської агресії відбулися зміни щодо умов здійснення транспортно-експедиторського бізнесу в Україні: припинено авіасполучення, заблоковано порти, пошкоджено вітчизняну транспортну інфраструктуру. Спостерігається неготовність інфраструктури країн Східної Європи до нових форматів роботи з Україною.

На перспективу потребують вирішення питання щодо відновлення інфраструктури річкових та морських портів, подальшого розвитку прикордонної інфраструктури, техніко-економічного обґрунтування будівництва потужних транспортних терміналів та транспортно-логістичних центрів, інтенсифікації мультимодальної та інтермодальної технологій транспортування.

Список використаних джерел:

1. Гаврилко Т.О., Сафонова Т.І. Транспортно-експедиторські послуги: чинники впливу та напрями підвищення якості. URL: <https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/PPEI/article/view/247/236>.
2. Стаднік В. Г. Теоретико-методичні основи оцінки якості послуг транспортно-експедиторських компаній : автореф. дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04. Запоріжжя, 2018. 22 с.
3. Стаднік В.Г. Тенденції розвитку міжнародного транспортно-експедиційного бізнесу. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2011. № 6, Т. 2. С. 297–300.
4. Цьонь О.П., Плекан У.М. Транспортно-експедиторська діяльність в Україні. Перспективи відбудови. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/12/147.pdf>.
5. Довідник експедитора та NVOCC International Cost & Companies Guide. URL: <https://moverdb.com/uk/%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80/>
6. Кубраков О. Презентовано оновлений звіт про потребу відновлення України. URL: <https://mtu.gov.ua/news/34139.html>
7. УЗ планує індивідуально визначати перелік послуг з експедирування. URL: <https://www.railinsider.com.ua/uz-planuye-individualno-vyznachaty-perelik-poslug-z-ekspedyruvannya/>
8. Торгівля 2022 року за видами транспортних перевезень. URL: https://export.gov.ua/news/4413-torgivlia_2022_roku_za_vidami_transportnykh_perevezen

References:

1. Gavrylko T.O., Safonova T.I. Transportno-ekspedytorski posluhy: chynnyky vplyvu ta napryamy pidvyshchennya yakosti [Transport and forwarding services: influencing factors and directions for improving quality]. URL: <https://jrn1.nau.edu.ua/index.php/PPEI/article/view/247/236>
2. Stadnik V. G. Teoretyko-metodychni osnovy otsinky yakosti poslug transportno-ekspedytors'kykh kompaniy [Theoretical and methodological foundations of service quality assessment of transport and forwarding companies]: autoref. thesis ... candidate economy sciences: 08.00.04. Zaporizhzhia, 2018. 22 p.
3. Stadnik V.G. Tendentsiyi rozvytku mizhnarodnoho transportno-ekspedytsiynoho biznesu [Trends in the development of international transport and forwarding business]. Bulletin of the Khmelnytskyi National University. 2011, No. 6, T. 2. P. 297-300.
4. Tsyon O.P., Plekan U.M. Transportno-ekspedytorska diyalnist v Ukrayini. Perspektyvy vidbudovy [Transport and forwarding activities in Ukraine. Reconstruction prospects]. URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/12/147.pdf>
5. Forwarder and NVOCC International Cost & Companies Guide. URL: <https://moverdb.com/uk/%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80/>
6. Kubrakov O. Prezентовано onovlenyy zvit pro potrebu vidnovlennya Ukrayiny [An updated report on the need to restore Ukraine was presented]. URL: <https://mtu.gov.ua/news/34139.html>
7. UZ planuye individualno vyznachaty perelik poslug z ekspedyruvannya [UZ plans to individually determine the list of forwarding services]. URL: <https://www.railinsider.com.ua/uz-planuye-individualno-vyznachaty-perelik-poslug-z-ekspedyruvannya/>
8. Torhivlya 2022 roku za vydamy transportnykh perevezen [Trade in 2022 by types of transport]. URL: https://export.gov.ua/news/4413-torgivlia_2022_roku_za_vidami_transportnykh_perevezen

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА

UDC 681.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.16>

Semenov A. O., Doctor of Technical Sciences,
Professor at the Department of Information Radioelectronic
Technologies and Systems
Vinnytsia National Technical University
ORCID: 0000-0001-9580-6602

Stalchenko O. V., Candidat of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Infocommunication Systems
and Technologies
Vinnytsia National Technical University
ORCID: 0000-0003-4764-1502

Voitsekhovska O. O., Ph.D.,
Assistant at the Department of System Analysis
and Information Technologies
Vinnytsia National Technical University
ORCID: 0000-0001-8504-1204

Khloba A. A., Master Student at the Department
of Information Radioelectronic Technologies and Systems
Vinnytsia National Technical University
ORCID: 0009-0007-6743-2456

Krystoforov A. V., Postgraduate Student
at the Department of Information Radioelectronic Technologies
and Systems
Vinnytsia National Technical University
ORCID: 0000-0003-0616-667X

SYNTHESIS OF A DEVICE FOR REMOTE CONTROL OF A VIDEO CAMERA USING THE LANC PROTOCOL

The expediency of using video camera remote control devices when using auxiliary video equipment is proven by the ever-increasing level of complexity and improvement of modern video shooting technologies. Companies producing systems for remote control of video equipment offer control systems with wireless radio interfaces for high-budget projects. But the price of such an interface can exceed the cost of a high-budget professional video camera. In most cases, management interfaces differ from manufacturer to manufacturer and are implemented based on leading wired management protocols. The use of these protocols is largely due to the need to implement very high-speed information transmission and its strict synchronization with the frame pulse generator of the video camera, which in turn provides control of entire groups of objects with high speed and fairly accurate synchronization in time, as well as wired information transmission lines are more secure and reliable. The object of research in the work is the widespread LANC protocol (CONTROL-L), which is used by two-way data exchange systems and is necessary for the remote control of video cameras. The paper proposes a device based on this protocol that allows remote control of the camera (data exchange takes place via cable). For this, an overview of existing video camera control devices was conducted. The analysis of the LANC protocol was carried out, and its working principle was considered. The protocol allows you to use 14 steps of changing the zoom speed (7 speeds in the direction of increasing the image and 7 speeds in the direction of reducing the image), so for an almost smooth gradual increase or decrease in the speed of the zoom; it is advisable to use not discrete buttons, but an analog variable resistor-joystick. The proposed electric circuit of the

© A. O. Semenov, O. V. Stalchenko, O. O. Voitsekhovska, A. A. Khloba, A. V. Krystoforov, 2023

video camera remote control device is based on the Microchip microcontroller – PIC16F84. Modern microcontrollers have low consumption currents, so it becomes possible to use the power supply line of external devices built into the LANC connector to power the remote control controller, which allows you to connect a load with a current of up to 100 mA. The operation of the device was checked during the simulation. The correct operation of the algorithm for converting the resistance of the “joystick” resistor of the zoom into the command code has been confirmed. The given oscillograms are obtained from the device layout. The obtained results confirm the protocol’s theory and the device’s correct functioning.

Key words: LANC protocol, CONTROL-L protocol, video camera, remote control, auxiliary video equipment.

Семенов А. О., Стальченко О. В., Войцеховська О. О., Хльоба А. А., Кристофоров А. В. Синтез пристрою дистанційного керування відеокамерою з протоколом LANC

Доцільність використання пристроїв дистанційного керування відеокамерами при застосуванні допоміжного відеообладнання доведена постійно зростаючим рівнем складності та поліпшенням сучасних технологій відео зйомки. Фірми-виробники систем дистанційного керування відеообладнанням пропонують для високобюджетних проектів системи керування з бездротовими радіоінтерфейсами. Але такий інтерфейс по ціні може перевищувати вартість високобюджетної професійної відеокамери. В більшості випадків інтерфейси керування відрізняються у різних фірм-виробників та реалізуються на основі провідних протоколів керування з дротовим зв'язком. Використання цих протоколів більшою мірою обумовлено необхідністю реалізації дуже високої швидкодії передачі інформації та її жорсткої синхронізації з генератором кадрових імпульсів відеокамери, що в свою чергу, забезпечує керування цілими групами об'єктів з високою швидкістю та досить точною синхронізацією у часі, також дротові лінії передавання інформації є більш захищеними та надійними. Об'єктом дослідження у роботі є розповсюджений протокол LANC (CONTROL-L), який використовується системами двостороннього обміну даними і необхідний для дистанційного керування відеокамерами. В роботі запропоновано пристрій який ґрунтується на даному протоколі і дозволяє керувати камерою на відстані (обмін даними відбувається по кабелю). Для цього було проведено огляд існуючих пристроїв керування відеокамерами. Проведено аналіз протоколу LANC, розглянутий його принцип роботи. Протокол дозволяє використовувати 14 кроків зміни швидкості трансфокатора (7 швидкостей в сторону збільшення зображення та 7 швидкостей в сторону зменшення зображення), тому для майже плавного поступового збільшення чи зменшення швидкості трансфокатора доцільно використовувати не дискретні кнопки, а аналоговий змінний резистор-“джойстик”. Запропонована електрична схема пристрою дистанційного керування відеокамерою на базі мікроконтролера фірми Microchip – PIC16F84. Сучасні мікроконтролери мають малі струми споживання, тому стає можливим використати для живлення контролера дистанційного керування, вбудовану в роз'єм LANC лінію живлення зовнішніх пристроїв, яка дозволяє під'єднати навантаження зі струмом до 100 мА. Роботу пристрою перевірено при моделюванні. Підтверджено правильність роботи алгоритма перетворення опору резистора “джойстика” трансфокатора в код команди. Наведені осцилограми отримані з макету пристрою. Отримані результати підтверджують теорію роботи протоколу і коректність функціонування пристрою.

Ключові слова: протокол LANC, протокол CONTROL-L, відеокамера, дистанційне керування, допоміжне відеообладнання.

Formulation of the problem. Modern video production is characterized by a high level of competition. Special small operator cranes, carts, and Steadycam systems have become an important part of the range of tools used by modern teleoperators of medium and small television studios. Also, in reportage shooting, such auxiliary camera equipment as all kinds of tripods, poles, monopods, etc., are widely used [1]. It becomes obvious that when using larger auxiliary camera equipment, the contact of the videographer with the control bodies of the video camera becomes difficult or, in many cases, completely impossible.

In order to solve the problems of remote interactive information exchange and control commands between a person and video recording equipment, video equipment manufacturers have developed appropriate information interfaces. These control interfaces can not only accept commands from the videographer but also transmit data back from the video device to the person. These data, as a rule, contain a lot of useful information, namely information about the state of the video camera (turning on, recording, etc.), the time code of the recording, the state of the controllers and their setting parameters, self-diagnostic signals (state of the batteries, contamination of the LPM, etc. .p.) and much more.

The initial price range of professional video recording equipment includes three leading manufacturers of video cameras, which are in particular demand in Ukraine and many countries worldwide – Panasonic, Sony, and Canon. Manufacturers Sony and Canon use a unified three-wire interface called CONTROL-L, also known as LANC, for the remote control of their camcorders.

Therefore, developing and researching a device for remote control of video cameras that uses this widespread interface is an urgent technical task, the solution of which is given in this article.

Analysis of recent research and publications. Systems and means of remote control of stationary and television video cameras are actively being developed and improved; they are gradually moving away from the leading means of control and beginning using Bluetooth and WiFi, infrared remote controls, and control using web services [2]. Camera control systems using vision are being developed [3] for remote observation of meteors [4]. Today, a large

number of companies are engaged in the production of various tools for remote camera control [5]. They are mainly divided into those that work using the LANC protocol, CCU remotes, and PTZ cameras [6].

The interface for remote control and synchronization of video equipment LANC is currently the most widespread interface of this type because it is supported by the two most massive manufacturers of quality equipment, these are Sony and Canon, whose video equipment is very widespread and popular in most countries of the world. Secondly, it allows you to implement almost all functions necessary for portable remote control and data exchange with video equipment at a professional level. Developments based on it are successfully implemented [7].

LANC controllers of different manufacturing companies with different technical and operational characteristics, different design complexity, and a fairly large fluctuation in the price range – from a few tens of dollars to a thousand or more. Even quite simple controllers with a set of the most necessary functions do not fall below \$100 in price. Given the openness of the protocol, there is an opportunity to develop a fairly functional low-cost LANC video camera remote control device with a small price.

The purpose of the article: synthesis of a device for remote control of a video camera that uses the protocol LANC on a widespread elemental base with simple management. To achieve the goal, the following tasks must be solved: 1) understand the features of the LANC protocol; 2) take into account the peculiarities of the protocol and synthesize a schematic diagram; 3) get the results of the protocol from the designed device.

Presenting main material. The LANC (Local Application Control Bus System) protocol is used to create systems of wired two-way data exchange between the remote control object and the controller.

Controllers for video camera remote control systems using the LANC protocol are usually designed and manufactured based on serial or specially developed microcontrollers [8]. These microcontrollers scan the position of the controls and accordingly form, according to the LANC protocol specification, a serial code containing commands to control the functions of the video camera. The generated code is rigidly synchronized from the generator of frame sync pulses; that is, the remote controller is constantly in “slave” mode to the device it controls. The controlled device constantly “interrogates” the control panel with the frequency of frame pulses. This is the main difference in the operation of this protocol and makes it possible to organize the two-way exchange of information over one wire in synchronous mode [8].

The LANC remote control device is connected to the video camera itself using a flexible three-wire (for the option of powering the remote controller from the video camera) or two-wire (for the option of powering the remote controller from an independent voltage source) cable, at the end of which there is a plug of the “mini” standard -jack” with a diameter of 2.5 mm.

LANC serial bidirectional communication protocol for communication between two devices. Data exchange is organized according to a one-wire circuit with an open collector. An example of controlling such a bus is shown in Figure 1 [9].

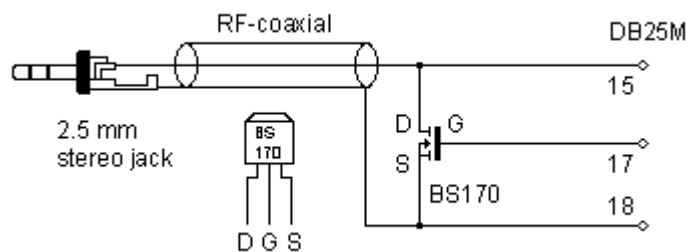


Fig. 1. An example of an open-collector circuit for controlling a LANC data link [9]

A camcorder or stationary video camera to which a remote control device is connected can receive commands and send back information about the status of the device.

The camcorder provides a large amount of feedback: time code, data codes, counter code, remaining time code, warning signal codes, and control feedback codes.

The essence of the protocol construction is that the “master device” (camcorder or stationary video camera) generates a message frame by creating 8 start bits, each of which is followed by 8 information bits (1 byte) and a long stop bit. After that, everything starts over [10]. The general appearance of a LANC protocol message is shown in Figure 2. The duration of one bit is 104 μ s. The distance between two start bits can vary from 1200 μ s to 1400 μ s depending on the model and type of video camera.

The distance between two information messages is 20 ms for the PAL/625 television system and 16.6 ms for the NTSC/525 television system. These time intervals are consistent with the time intervals of the RS232 data transfer protocol with a speed of 9600 Baud [11].

Due to the fact that the LANC data bus is built according to the open-collector circuit, the normal state of the bus is a high logic level (5 V), and when a data bit is transmitted, this bus is “pulled” to “ground”. As mentioned above, this bus is compatible with the RS232 protocol according to the timing diagrams, but if it is necessary to connect the video camera to a personal computer directly, the signal must be inverted before it is used (otherwise, the byte with the value 00 will be perceived as FF).

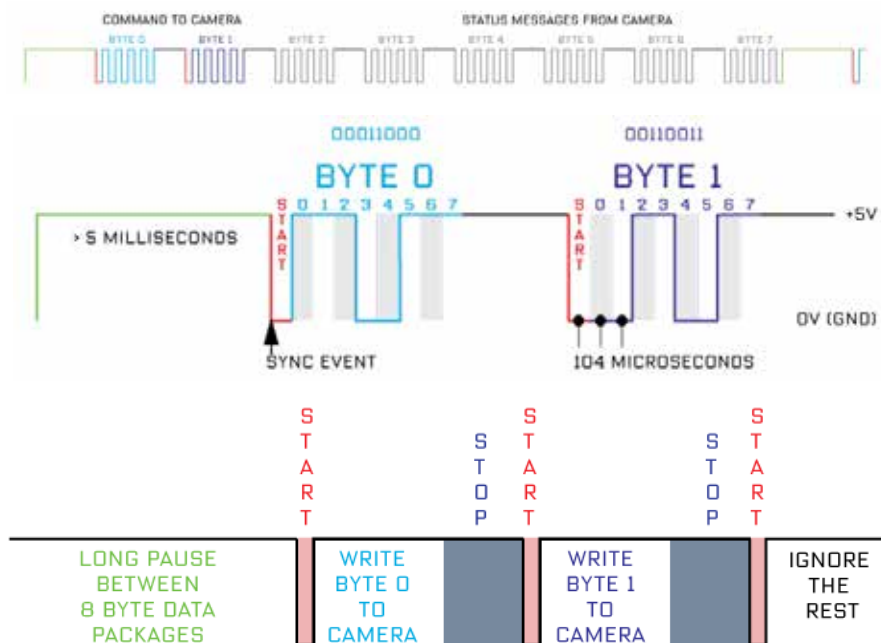


Fig. 2. General view of the timing diagram of the LANC protocol message [11]

The formation of the protocol is carried out as follows. With each frame pulse of the internal synchro generator, the video camera forms eight consecutive byte data packets on the corresponding contact of the LANC connector. The purpose of these bytes is as follows: the first two are intended for the video camera command manager (controller); the next two to control the tuner; the last four – for transmitting information about the status of the video camera or VCR, counter data, time code and some other service bits. That is, the first four bytes are used to transmit information from the control controller to the video camera, and the last four are for feedback (transmission of data from the video camera to the control controller).

In order to send a command from the controller to the video camera, it is necessary to wait until the start bit of the first byte in the message frame appears on the line [12]. After that, it is necessary (observing all necessary time intervals) to add your necessary signal within this byte to the LANC line (we are dealing with an open collector and an inverted signal – “pull-up” only to “0” to form the command bit).

The serial data line has a normal high state (+5 V), and the start bit has an active low state (0 V). Data bits are transmitted inverted, i.e., “1” -> 0 V; “0” -> 5 V. The stop bit has a high (+5 V) state. The video camera sends a set of 8 bytes once, synchronously, with each field of the video signal (50 times per second for the PAL system). Apart from the start and stop bits, no other information is transferred between the 8-byte packets, but there is a large time gap between each 8-byte packet. In order to know exactly with which byte the packet begins, it is necessary to observe the duration of this long time interval for its detection.

When forming a data packet from 8 bytes, the video camera does not fill the first four bytes with information, always leaving them free (leaves the line open for the +5V control device) and instead simultaneously reads data from the first four bytes on its side. Generating, shaping, and filling the first four bytes is the task of the remote control device. When forming the next and last four bytes, the video camera fills them with bits intended for sending to the control device. Therefore, the task of the remote control device is to switch to the information-receiving mode after sending the fourth byte, although this is not mandatory and depends on the functional features of the remote control device [12].

The remote control device (controller) that wants to send a command to the video device must wait for the start bit of the first byte from it and then start the transmission mechanism of the correct 8-bit data code, which is synchronized with the video device at the required transmission rate.

The interference protection system of the LANC protocol requires from the control device that the command code transmitted to the video device is duplicated in at least four fields in a row. Otherwise, the command will not be received and executed by the command decoder [13].

The length of the connecting cable (from the camcorder to the remote control device) can easily be exceeded 10 m, and when using additional intermediate repeater amplifiers (repeaters), it may exceed distances of 100 m and more.

Taking into account the above functionality of the remote control device, the following functions will be implemented:

1. Entering control commands from the keyboard (zoom – 14 commands, record, backlight) a total of 16 commands;
2. Entering zoom control commands using a resistor-joystick (smooth change of zoom speed) 7 speeds for zooming in and 7 speeds for zooming out;
3. Formation and transmission of control commands to the video camera according to the LANC protocol, reception of the “recording” mode status command from the video camera;
4. Display the “recording” mode on the LED indicator power supply on the LED indicator.

The command generation and transmission functions can be easily changed by replacing the command code constants in the program [14]. That is, if some command is unnecessary, it can be easily replaced with the necessary one.

This command formation principle is very flexible and can be applied when adapting the remote control device to different video camera models because not all LANC video cameras use the same control command codes.

A keyboard with non-locking buttons (matrix 4x4) and a joystick-type command input device based on a variable resistor with a normal middle position of the slider will be used as controls.

A special need often arises in using different zoom speeds and their smooth change. The commands that will be generated by the “joystick” (instead of discrete buttons) of the zoom in the microcontroller program will also be duplicated on the keyboard in case it is necessary to get direct access to the fixed speed of the zoom. The status of the “recording” mode will be displayed in the indicator block, the code of which will be received from the video camera via the return channel of the LANC line. The basic electrical diagram of the device is shown in Figure 3.

A microcontroller manufactured by Microchip Technology PIC16F84-04 will be used to build the device. This microcomputer has 1 kb of program memory, 36 bytes of RAM (which is quite enough), quite high speed, two input/output ports (one for the keyboard matrix 4x4, and the second port for connecting the LANC line, measuring the resistance of the variable resistor “joystick” of the zoom and connecting the “recording” indicator) [15]. Low power consumption will allow the device to be powered directly from the video camera through the LANC connector without using an external or built-in power source [16].

Microcontrollers of this series have a built-in reset circuit on a timer with a fixed time interval for turning on the clock generator. This time is approximately 70 μ s. But with a slower rise of the supply voltage, it is recommended to use an external delay circuit, and the resistor R2 is connected to the microcontroller’s supply circuit with the left terminal. In addition, a forced manual reset of the processor will be introduced in case of a non-stationary situation. The reset will be carried out by closing the button SA1, installed in parallel with the capacitor C3. To limit the current at input 4, the manufacturer of this microcontroller recommends installing a 100-300 Ohm resistor in series with the input.

The clock generator will be made according to an external circuit with quartz frequency stabilization. This is necessary for strict binding to the time intervals of the LANC protocol formation algorithm.

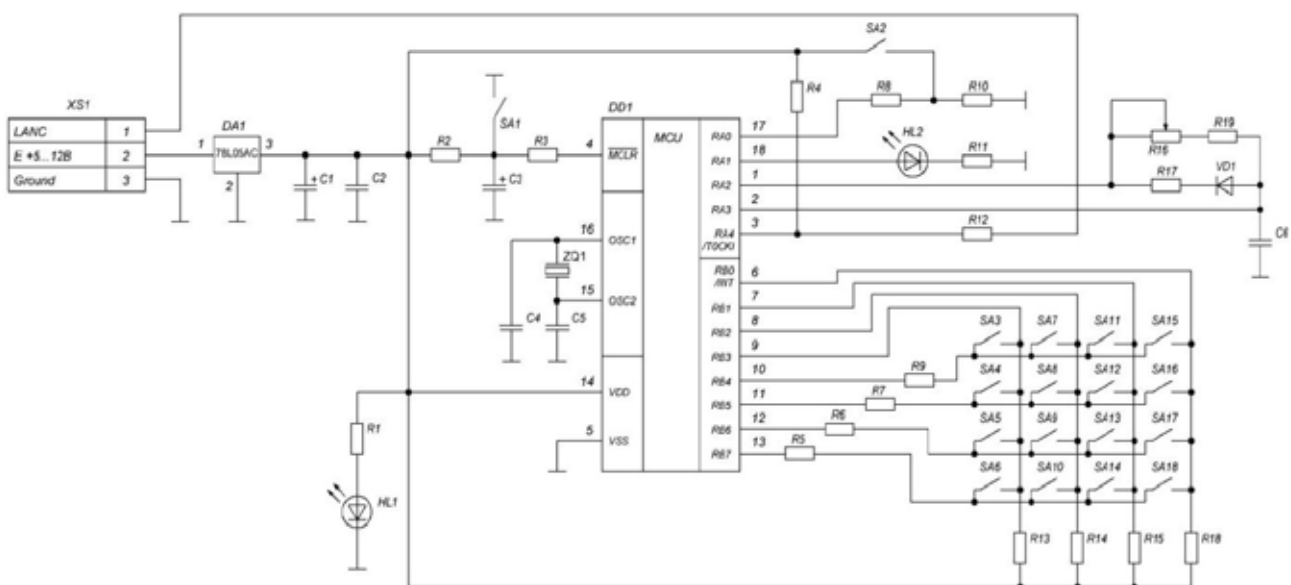


Fig. 3. Basic electrical diagram

We choose a quartz resonator at a frequency of 4 MHz, and all procedures for forming time intervals in the microcontroller firmware program will be tied to this frequency. Additional capacities C4 and C5, necessary for the stable start-up of the generator, are recommended by the manufacturer [17].

Port B of the microcontroller is used to scan the keyboard. The four lower bits of the port (RB0-RB3) are used as inputs, and the four higher bits (RB4-RB7) are alternately supplied with a low logic level.

To set high levels at inputs RB0-RB3 in the mode where the button is not pressed, “pull-up” resistors R13-R15 and R18 are used, which are connected to the +5V power supply line. The ratings of these resistances are chosen in the range of hundreds of kilohms based on considerations of high resistance in the input mode (for field-effect transistors, this is megohms) and the limitation of the maximum current through the output lines (RB4-RB7). We choose the standard values of these resistors of 100 k Ω .

Resistors R5-R7 and R9 protect Port B outputs RB4-RB7 from simultaneous button presses and reduce the current flowing through the pressed buttons and port outputs to a safe level. We choose 10 k Ω .

To connect the “record” indicator, the output of RA1 port A is used and configured to output. The load capacity of the microcontroller ports of this series allows you to disconnect LED indicator devices without using additional drivers.

The principle of operation of the variable resistor “joystick” zoom control circuit is based on the principle of measuring the constant time of the charging circuit of the capacitors R16, R19, and C6. The charge time of the capacitor C6 is directly proportional to the position of the knob of the variable resistor R16. The input of the circuit is connected to the output of port A – RA2, configured as an output, and the output of the circuit is connected to the output of port A – RA3, configured as an input. Initially, capacitor C6 is discharged. In the measurement cycle, a high level is applied to the RA2 output, and the time is calculated, after which the voltage on the capacitor C6 reaches the level of logical “1”. This time will be proportional to the resistance of resistors R16, R19. After the voltage on C6 reaches level “1” (approximately 1.3 V), the value of the measured time is stored in the corresponding register of the microcontroller, after which the high level at the output of RA2 changes to low and the capacitor is quickly discharged through the circuit R17, VD1. The discharge time constant of capacitor C6 is chosen much less than the average charge time, so the capacitor has time to fully discharge before the next measurement cycle.

Let’s take the resistance of the variable resistor “joystick” of zoom control R16-10k Ω . We set the maximum voltage on capacitor C6, which will be perceived by the input of port A as the level of logic “1” – 1.3 V. The resistance of resistor R19 is based on the condition of the maximum permissible current through the output of the port, and the minimum resistance of variable resistor R16 (about 0 Ohm) is equal to 200 Ohm. Taking into account that the capacitor C6 will be completely discharged at the beginning of the measurement cycle, the current value at this time will be maximum.

The LANC line is an open-collector line, so a “pull-up” resistor must be used to produce a normal operating voltage level in the line. Output is arranged through port line A RA4. Depending on the performed actions, this line works for input or output. The “pull-up” resistor to the logic level “1” – R4 is chosen to be about 10 k Ω . The resistance of resistor R12 is calculated from the condition of protection of the output of port A of the microcontroller against short circuits in transmission modes [18].

The program consists of three main modules:

1. The main part, the function of which is the synchronization and formation of the data exchange protocol over the LANC line, reading the bytes of the video camera status and transmitting the control commands of the video camera;
2. Subroutine for scanning the keyboard matrix, forming or preventing the repetition of command transmission, the anti-chatter function of the keyboard buttons, measuring the resistance of the zoom “joystick” resistor;
3. The subroutine of the command decoder, the task of which includes processing the received code of the pressed button, assigning it a command code, and forwarding this command to the formation and transmission module using the LANC protocol.

For computer modeling, let’s choose a part of the program that is responsible for measuring the resistance of the variable resistor “joystick” of the zoom and turns it into a four-bit code [19]. The resulting code is fed into the four lower bits of port B.

The resistance measurement routines work as follows. A high level is applied to the output of port A, bit 2, to which the input of the measuring RC circuit is connected. The charging of the capacitor C1 through the resistor R1 begins. After that, the measurement time constant is recorded in the counter. The value of the constant is then decremented by one and checked to see if the constant has reached zero. If the time constant is exhausted, the measurement ends, then the current value of the time counter is stored and output to port B. If the time constant is not equal to zero, the value of bit 3 of port A (capacitor voltage) is read. If the voltage on the capacitor has not reached a high logic level, the time counter is once again reduced by one unit, and the measurement cycle is repeated.

Modeling is carried out in the Proteus 7.2 program. We will connect a measuring RC circuit to port A, a virtually programmed microcontroller, and a digital indicator of a four-bit code to port B. We also connect a two-channel oscilloscope to the measuring RC circuit, channel A to the output of the circuit (in parallel with capacitor C1 – input 3 of port A), and channel B to the input of the circuit (input 2 of port A).

Resistor R1 simulates the variable resistor “joystick” of the zoom; the simulation will be carried out at two of its values: the minimum resistance value, average resistance value, the maximum resistance value.

The results of measurements at the minimum resistance value of the resistor R1 are shown in Figure 4, a. We see that at the minimum resistance value of the resistor (0.2kΩ), the number of commands transmitted to the decoder is equal to 0Fh. This value in the command decoder corresponds to the zoom zoom maximum approach speed command. We see that at the average value of the resistance of the resistor (5.2 kΩ), the number transmitted to the command decoder is equal to 08h (Figure 4, b). This value in the command decoder corresponds to the absence of any action.

Computer modeling confirms the correct operation of the algorithm for converting the resistance of the “joystick” zoom resistor into the command code. In the middle position of the joystick, a code of no action (08h) is generated.

As the “joystick” handle is deflected in the direction of decreasing resistance, codes from 09h to 0Fh will be formed in turn, which will be interpreted by the decoder as an increase in the speed of the zoom zoom. When the “joystick” knob is moved in the direction of increasing resistance, codes from 07h to 00h will be formed in turn, which will be interpreted by the decoder as an increase in the speed of the zoom zoom.

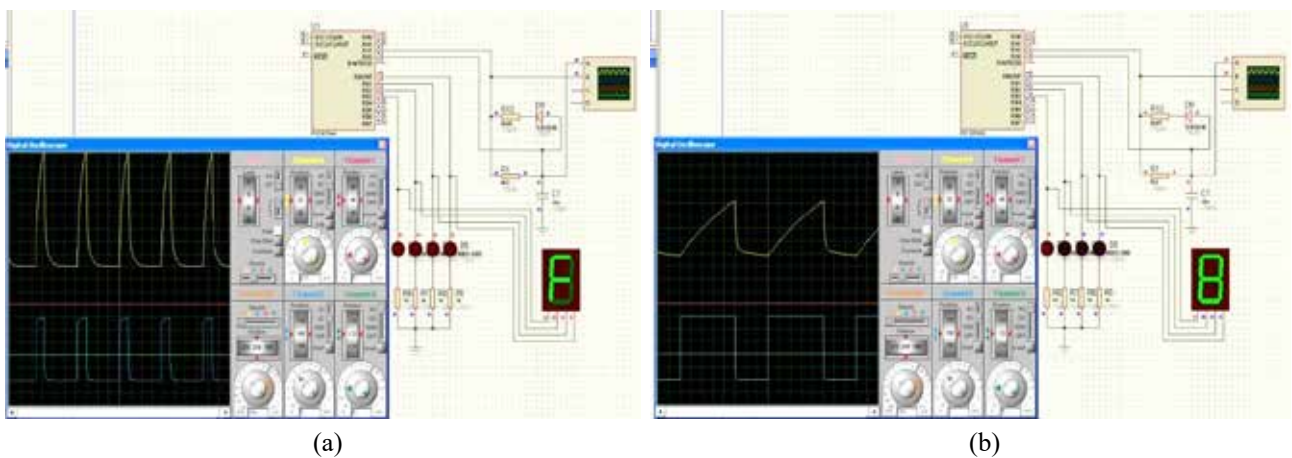


Fig. 4. Simulation at: the minimum value of the resistance of the resistor R1 (a), the average value of the resistance of the resistor R1 (b)

On the device layout, oscillograms were obtained (Figure 5), confirming the above theory regarding the operation of the LANC protocol and the correct operation of the device.



Fig. 5. General view of the timing diagram of the LANC protocol

Figure 5 clearly shows 8 bytes of information, start and stop bits, pulse duration, and total transmission time. In Figure 6, a timing diagram of one message frame is shown when the “Start Recording” command is transmitted (the command is only transmitted), and the distinction between the selection of a group of commands, the command itself, and the status byte from the camera is visible. Figure 6b shows the timing diagram of one frame of the message after sending the “Start Recording” command (the command has already been sent, and a response from the camera has been received).

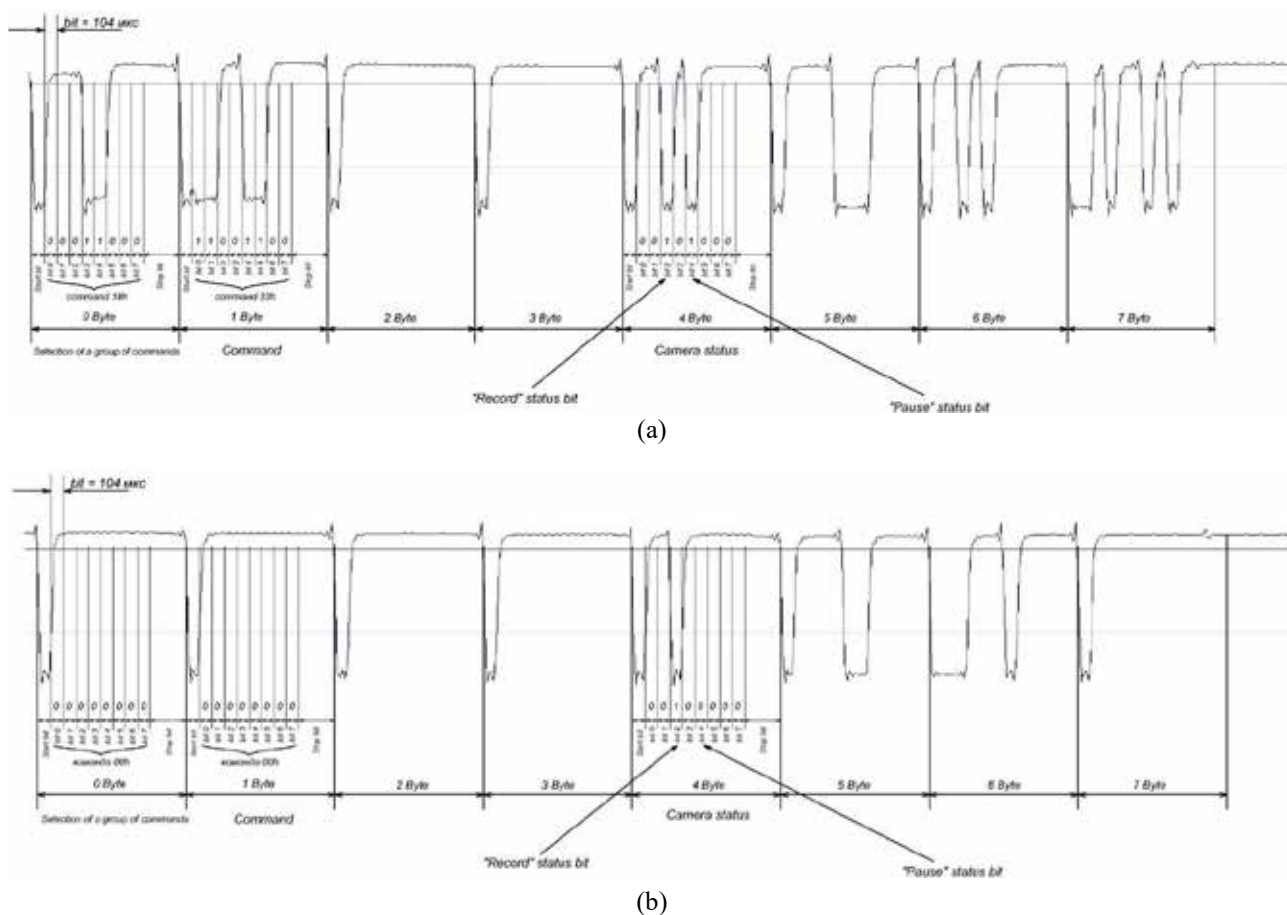


Fig. 6. Oscillogram of transmission of the "Start Recording" command (a), after transmission of the "Start Recording" command (b)

Conclusions from this study and prospects for further research in this direction. A video camera remote control device was synthesized based on the LANC protocol. Control commands are entered using a keyboard or "joystick". The operation of the device was checked by simulation and on the model. The further development of research in this direction consists of the transition to radio frequency options for controlling the camera, which will expand the distance and the number of possible locations.

Bibliography:

1. How Do Camera Accessories Help in Producing Quality Images? URL: https://forum.smallrig.com/thread/54?siteCode=en_US (дата звернення: 24.04.2023).
2. Geng Z., Wang Z., Zhang Q., Zhu Z., Gu J., Zheng Z., Zhu L., Ge K., Liu H., Zhang H. Design of a remote control system for a camera system based on EPICS and web technology. *Proc. SPIE*, Vol. 12189, Software and Cyberinfrastructure for Astronomy VII, 121891X (29 August 2022). DOI: <https://doi.org/10.1117/12.2628783>
3. Zhu D., Gedeon T., Taylor K. "Moving to the centre": A gaze-driven remote camera control for teleoperation. *Interacting with Computers*, Volume 23, Issue 1, 2011, pp. 85–95. Oxford University Press (OUP). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2010.10.003>
4. Albin T., Koschny D., Molau S., Srama R., Poppe B. Analysis of the technical biases of meteor video cameras used in the CILBO system. *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems*. 2017. Vol. 6, Issue 1, pp. 125–140. Copernicus GmbH. <https://doi.org/10.5194/gi-6-125-2017>
5. 10 Best Remote Shutter Release for Canon in 2023. URL: <https://expertphotography.com/best-camera-remote/> (дата звернення: 24.04.2023).
6. CCU & remote control buyers guide. URL: <https://www.scan.co.uk/buying-guides/video/camera-control-units> (дата звернення: 24.04.2023).
7. Lianyu Z., Feng W., Yu Z. VCRs control system based on LANC bus protocol. *2011 International Conference on Uncertainty Reasoning and Knowledge Engineering (URKE)*. Bali, Indonesia, 04-07 August 2011, pp. 55–57. DOI: <https://doi.org/10.1109/urke.2011.6007906>

-
8. ELM624 Control L (LANC) to RS232 Interpreter. URL: <https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2016/07/ELM624DS.pdf> (дата звернення: 24.04.2023).
 9. Sony LANC cable pinout. URL: https://pinoutguide.com/DigitalCameras/sony_lanc_cable_pinout.shtml (дата звернення: 24.04.2023).
 10. How SONY's LANC(tm) protocol works. URL: <http://www.boehmel.de/lanc.htm> (дата звернення: 24.04.2023).
 11. Arduino controlled video recording using the LANC port. URL: <http://controlyourcamera.blogspot.com/2011/02/arduino-controlled-video-recording-over.html> (дата звернення: 24.04.2023).
 12. Anderson J. D. LANC Video Camera Control. URL: https://jda.tel/pdf/lanc_video_camera_control.pdf (дата звернення: 24.04.2023).
 13. Hösl A. Understanding and Designing for Control in Camera Operation. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München, 2019. 375 p. URL: https://edoc.ub.uni-muenchen.de/25100/1/Hoesl_Axel.pdf
 14. Camera LANC Controller. URL: <https://forums.parallax.com/discussion/170102/camera-lanc-controller> (дата звернення: 24.04.2023).
 15. Cheap PIC Controlled Helmet Camera Using Sony LANC (Good for Extreme Sports). URL: <https://www.instructables.com/Cheap-PIC-controlled-Helmet-Camera-using-Sony-LANC/> (дата звернення: 24.04.2023).
 16. Réalisation du pilotage du caméscope URL: <http://matthieu.todac.free.fr/realisation/lanc.php> (дата звернення: 24.04.2023).
 17. PIC16F84A-04-P Datasheet (PDF) – Microchip Technology URL: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/525449/MICROCHIP/PIC16F84A-04-P.html> (дата звернення: 24.04.2023).
 18. Ulrich T., Christoph S., Eberhard G. Electronic Circuits: Handbook for Design and Application. Laszlo-Balogh, 2015, 1543 p.
 19. Havrilov D., Volovyk A., Koval L., Vasylykivskyi M., Semenov A., Havrilova N. Design of Digital Data Selectors on FPGA in a Laboratory Environment. *2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kharkiv, Ukraine, 05-07 October 2021, pp. 495–500. DOI: <https://doi.org/10.1109/PICST54195.2021.9772137>

References:

1. How Do Camera Accessories Help in Producing Quality Images? URL: https://forum.smallrig.com/thread/54?siteCode=en_US
2. Geng, Z., Wang, Z., Zhang, Q., Zhu, Z., Gu, J., Zheng, Z., Zhu, L., Ge, K., Liu, H., Zhang, H., & Wang, J. (2022). Design of a remote control system for a camera system based on EPICS and web technology. In G. Chiozzi & J. Ibsen (Eds.), *Software and Cyberinfrastructure for Astronomy VII*. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2628783>
3. Zhu, D., Gedeon, T., & Taylor, K. (2011). "Moving to the centre": A gaze-driven remote camera control for teleoperation. In *Interacting with Computers* (Vol. 23, Issue 1, pp. 85–95). Oxford University Press (OUP). <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2010.10.003>
4. Albin, T., Koschny, D., Molau, S., Srama, R., & Poppe, B. (2017). Analysis of the technical biases of meteor video cameras used in the CILBO system. In *Geoscientific Instrumentation, Methods and Data Systems* (Vol. 6, Issue 1, pp. 125–140). Copernicus GmbH. <https://doi.org/10.5194/gi-6-125-2017>
5. 10 Best Remote Shutter Release for Canon in 2023. Retrieved from: <https://expertphotography.com/best-camera-remote/>
6. CCU & remote control buyers guide. Retrieved from: <https://www.scan.co.uk/buying-guides/video/camera-control-units>
7. Lianyu, Z., Feng, W., & Yu, Z. (2011). VCRs control system based on LANC bus protocol. In 2011 International Conference on Uncertainty Reasoning and Knowledge Engineering. 2011 International Conference on Uncertainty Reasoning and Knowledge Engineering (URKE). IEEE. <https://doi.org/10.1109/urke.2011.6007906>
8. ELM624 Control L (LANC) to RS232 Interpreter. Retrieved from: <https://www.elmelectronics.com/wp-content/uploads/2016/07/ELM624DS.pdf>
9. Sony LANC cable pinout. Retrieved from: https://pinoutguide.com/DigitalCameras/sony_lanc_cable_pinout.shtml
10. How SONY's LANC(tm) protocol works. Retrieved from: <http://www.boehmel.de/lanc.htm>
11. Arduino controlled video recording using the LANC port. Retrieved from: <http://controlyourcamera.blogspot.com/2011/02/arduino-controlled-video-recording-over.html>
12. Anderson J. D. LANC Video Camera Control. Retrieved from: https://jda.tel/pdf/lanc_video_camera_control.pdf
13. Hösl A. Understanding and Designing for Control in Camera Operation. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität, München, 2019. 375 p. Retrieved from: https://edoc.ub.uni-muenchen.de/25100/1/Hoesl_Axel.pdf
14. Camera LANC Controller. Retrieved from: <https://forums.parallax.com/discussion/170102/camera-lanc-controller>

-
15. Cheap PIC Controlled Helmet Camera Using Sony LANC (Good for Extreme Sports). Retrieved from: <https://www.instructables.com/Cheap-PIC-controlled-Helmet-Camera-using-Sony-LANC/>
 16. Réalisation du pilotage du camescope. Retrieved from: <http://matthieu.todac.free.fr/realisation/lanc.php>
 17. PIC16F84A-04-P Datasheet (PDF) – Microchip Technology Retrieved from: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/525449/MICROCHIP/PIC16F84A-04-P.html>
 18. Ulrich, T., Christoph, S., Eberhard, G. (2015) *Electronic Circuits: Handbook for Design and Application*, Laszlo-Balogh. 1543 p.
 19. Havrilov, D., Volovyk, A., Koval, L., Vasylykivskyi, M., Semenov, A., & Havrilova, N. (2021). Design of Digital Data Selectors on FPGA in a Laboratory Environment. In 2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S & T). <https://doi.org/10.1109/picst54195.2021.9772137>

ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННА СПРАВА

УДК 338.48.2:339.5

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.17>

Лихолат О. А., доктор біологічних наук, професор,
професор кафедри туризму
та готельно-ресторанної справи
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0002-3722-8602

Вишнікіна О. В., кандидат хімічних наук, доцент,
доцент кафедри туризму
та готельно-ресторанної справи
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0002-3747-2904

Апалькова Д. К., здобувач вищої освіти
за ОП «Готельно-ресторанна справа» (бакалавр)
Університету митної справи та фінансів

ДИВЕРСИФІКАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОГО ПІДПРИЄМСТВА ЯК СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТНОЗДАТНОСТІ

У статті розглянуті питання стратегії диверсифікації як стратегії зростання, яка на тепер широко використовується у сфері тимчасового розміщення та харчування. Щоб отримати цілісну картину ефективності диверсифікації підприємства, необхідно ретельно проаналізувати всі підсистеми підприємства, які зазнали впливу проекту диверсифікації діяльності, а саме: фінансову, економічну, виробничу, технологічну, інформаційну, і крім того, необхідно враховувати вплив на зовнішнє середовище підприємства, особливо ринки, на яких воно працює, і лояльність споживачів. Тож оцінка ефективності диверсифікації діяльності підприємства може бути реалізована лише за наявності у відповідального керівника чи служби підприємства певної системи показників. Основними групами показників є: фінансово-економічні, виробничо-технологічні, ринкові. У сукупності всі вищезазначені показники дають комплексну оцінку ефективності диверсифікації діяльності підприємства у сфері тимчасового розміщення та харчування. Наявність єдиної формалізованої системи показників може полегшити процес аналізу ефективності проекту впровадження диверсифікації діяльності на підприємстві. Крім того, ця система показників повинна враховуватися в економічній службі підприємства та використовуватися в системі управління економікою. Щоб визначити, чи дійсно диверсифікація виправдана, підприємцям необхідно чітко визначити алгоритм дій. Запропонований алгоритм складається з 5 кроків, кожен крок визначає необхідну кількість дій, достатніх для здійснення кожного наступного кроку в процесі впровадження стратегії диверсифікації на підприємстві. Таким чином, перш ніж прийняти рішення про диверсифікацію готелю, підприємець повинен проаналізувати ситуацію щодо життєздатності існуючого бізнесу і зробити вибір у тому напрямку, що є найбільш ефективним з метою набуття конкурентних переваг на ринку.

Ключові слова: диверсифікація, готельно-ресторанні підприємства, ефективність диверсифікації, система показників, алгоритм оцінки впровадження диверсифікації.

Lykholat O. A., Vyshnikina O. V., Apalkova D. K. Diversification of the activity of the hotel and restaurant enterprise as a way of increasing competitiveness

The article emphasizes that the diversification strategy as a growth strategy is widely used in the field of temporary accommodation and catering. In order to obtain a complete picture of the effectiveness of the diversification of the enterprise, it is necessary to carefully analyze all subsystems of the enterprise that were affected by the project of diversification of activities, namely financial, economic, production, technological, informational, and in addition, it is necessary to take into account the impact on the external environment of the enterprise, especially markets, on which it works, and consumer loyalty. Therefore, the evaluation of the effectiveness of the diversification of the enterprise's activities can be implemented only if the responsible manager or department of the enterprise has a certain system of indexes. The main groups of indexes are financial and economic, production and technological, market. Taken together, all the above indexes provide a comprehensive assessment of the

© О. А. Лихолат, О. В. Вишнікіна, Д. К. Апалькова, 2023

effectiveness of diversification of the company's activities in the field of temporary accommodation and catering. The presence of a single formalized system of indexes can facilitate the process of analyzing the effectiveness of the project of implementing diversification of activities at the enterprise. In addition, this system of indexes should be taken into account in the economic service of the enterprise and used in the economic management system. To determine whether diversification is really justified, entrepreneurs need to clearly define the algorithm of actions. The proposed algorithm consists of five steps, each step determines the required number of actions, sufficient to implement each subsequent step in the process of implementing the diversification strategy at the enterprise. Thus, before making a decision to diversify the hotel, the owner must analyze the current situation from the point of view of the viability of the existing business. The most effective will be the choice of that direction, which, on the one hand, is more familiar and quite effective for the entrepreneur, and on the other hand, will allow to bring the enterprise to a new qualitative level with the lowest costs in order to acquire competitive advantages in the market.

Key words: diversification, hotel and restaurant enterprises, diversification effectiveness, system of indexes, algorithm for diversification implementation evaluating.

Постановка проблеми. Сфера тимчасового розміщення та харчування є висококонкурентною сферою, тому підприємства цієї галузі економіки змушені приймати стратегічні рішення щодо розширення та диверсифікації ринку. Диверсифікація діяльності підприємства є дуже складним і всеохоплюючим стратегічним рішенням, яке має оцінюватися та контролюватися керівництвом підприємства. Крім того, реалізація стратегії диверсифікації вимагає великих ресурсів (фінансових, матеріальних, людських), ефективність яких важливо оцінювати та контролювати.

Сфера тимчасового розміщення та організації харчування об'єднує низку ринків, основними з яких є ресторанный та готельний бізнес. Підприємства, які сьогодні працюють на цих ринках, стикаються з такими проблемами: воєнний стан, економічна та політична криза в Україні, динаміка нових ринкових тенденцій, які потребують постійного оновлення переліку послуг та можливостей для клієнтів, щоб залучати відвідувачів та формувати постійну базу. Тому в сучасних умовах ведення бізнесу керівникам часто доводиться приймати стратегічні рішення щодо реалізації стратегії диверсифікації на підприємстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенню проблем у промисловості гостинності присвячено багато досліджень. Значний внесок у дослідженні питання диверсифікації зробили такі автори, як Пересадько Г. О., Корінько М. Д., Ткачук В. І., Мочерний С. В., Шпак А. Д., Скоробогатов М. М., Куцурубов О. І., Должанський І. З., Лозюк В. М., Кітсіос Ф., Пукля С. Ф., Чен С. М., Кан Х. К. та інші.

В той час, слід зазначити, що у сучасній літературі нині немає єдиного загальноприйнятого визначення категорії «диверсифікації», у зв'язку з цим, є необхідність уточнення понятійного апарату. Кожен автор наголошує на різних позиціях.

У ДСТУ 3294-95 наведено, що диверсифікація – це стратегія маркетингу, спрямована на розширення сфер діяльності організації на ринках збуту нової продукції чи послуг, не поєднаних з основним виробництвом [1]. У роботах провідних науковців зазначено, що диверсифікація – це одночасний розвиток декількох або багатьох не взаємопов'язаних технологічних видів виробництва або обслуговування, розширення асортименту виробництва або послуг; стратегії, яка передбачає вхід підприємства до нових для нього сфер бізнесу. Диверсифікація розглядається як системний і комплексний розвиток на основі інноваційних інвестиційних підходів з організаційними, економічними, правовими, фінансовими та соціальними змінами. За іншими розробками диверсифікація представлена як розширення сфери господарської діяльності, пов'язане з проникненням компанії в інші нові галузі виробництва, часто технічно не пов'язане з цією основною сферою виробництва [2; 3].

Серед зарубіжних авторів, які вивчали питання диверсифікації, можна виділити Кітсіоса Ф., який показав, що диверсифікація є інструментом формування конкурентних переваг готельного підприємства [4].

У зв'язку з цим виникає необхідність оцінки ефективності диверсифікації діяльності підприємства, а тому менеджерам, які займаються управлінням таким проектом, важливо мати систему показників для оцінки економічного та соціального ефекту процесів диверсифікації. Тому *метою* представленої роботи стало визначення системи показників та розробка алгоритму дій для оцінки ефективності диверсифікації підприємства.

Виклад основного матеріалу. Диверсифікація – це широке маркетингове поняття, механізм, спрямований на розширення асортименту запропонованих товарів та послуг, цим створюючи можливість виходу на нові сегменти ринку для повного задоволення споживчого попиту. На основі цього заклад прагне знизити ризики, отримати стабільний прибуток, зміцнити своє фінансове становище, отже, вирішальною роллю впровадження диверсифікації є те, що вона здатна вирішити проблему підвищення конкурентоспроможності та ефективності функціонування готельного підприємства.

Для подальшого дослідження диверсифікація розглядається як спосіб розширення асортименту запропонованих послуг, що сприяє підвищенню ефективності діяльності та конкурентоспроможності готельного підприємства. Проведений аналіз світового досвіду у сфері готельної індустрії показав, що диверсифікація найбільш продуктивна, коли досягається синергійний ефект, що виражається в об'єднанні взаємодоповнюючих одиниць, що приносять прибуток та управлінські можливості, при цьому необхідний ретельний відбір послуг, сегменту ринку [5]. Грунтуючись на міжнародному досвіді, можна виділити перелік основних диверсифікованих послуг, здатних створити ефект синергізму в індустрії гостинності:

- підприємства харчування (ресторани, бари);
- спорт (фітнес, басейн);
- індустрія краси (салони краси, SPA);
- туризм (продаж авіа та залізничних квитків);
- культурне дозвілля (екскурсії, тематичні виставки та заходи);
- роздрібна торгівля (сувенірна крамниця, ювелірний магазин);
- побутове обслуговування (хімчистка, ремонт одягу/ взуття);
- транспорт (трансфер, таксі, прокат);
- розваги (боулінг, більярд, цент дитячих розваг).

Існує чотири різні стратегії диверсифікації, застосовані до ресторанного бізнесу:

1. Стратегія проникнення на ринок – найменш ризикована «залишатися незмінним»: використовувати той самий ринок з тим самим рестораном, збільшувати його;
2. Стратегія розвитку ринку: завоювати новий ринок з тим самим типом ресторану;
3. Стратегія розвитку продукту: відкрити інший тип ресторану на тому самому ринку;
4. Стратегія чистої диверсифікації – найвищий ризик: відкрити інший тип ресторану на новому ринку [6].

Ефективність стратегії диверсифікації можна визначити як співвідношення витрачених інвестицій (ресурсів) і отриманих результатів (ефекту). Щоб отримати цілісну картину ефективності диверсифікації підприємства, необхідно ретельно проаналізувати всі підсистеми підприємства, які зазнали впливу проекту диверсифікації діяльності, а саме: фінансову, економічну, виробничу, технологічну, інформаційну, і крім того, необхідно враховувати вплив на зовнішнє середовище підприємства, особливо ринки, на яких воно працює, і лояльність споживачів.

На основі аналізу наукових досліджень запропоновано систему показників для оцінки диверсифікованості підприємств сфери тимчасового розміщення та харчування (рис 1).



Рис. 1. Система показників для оцінки ефективності диверсифікації підприємства

Складено за [4–7]

Щоб визначити, чи дійсно диверсифікація виправдана, підприємцям необхідно чітко визначити дій. Алгоритм складається з 5 кроків, кожен крок визначає необхідну кількість дій, достатніх для здійснення кожного наступного кроку в процесі впровадження стратегії диверсифікації на підприємстві (рис. 2).

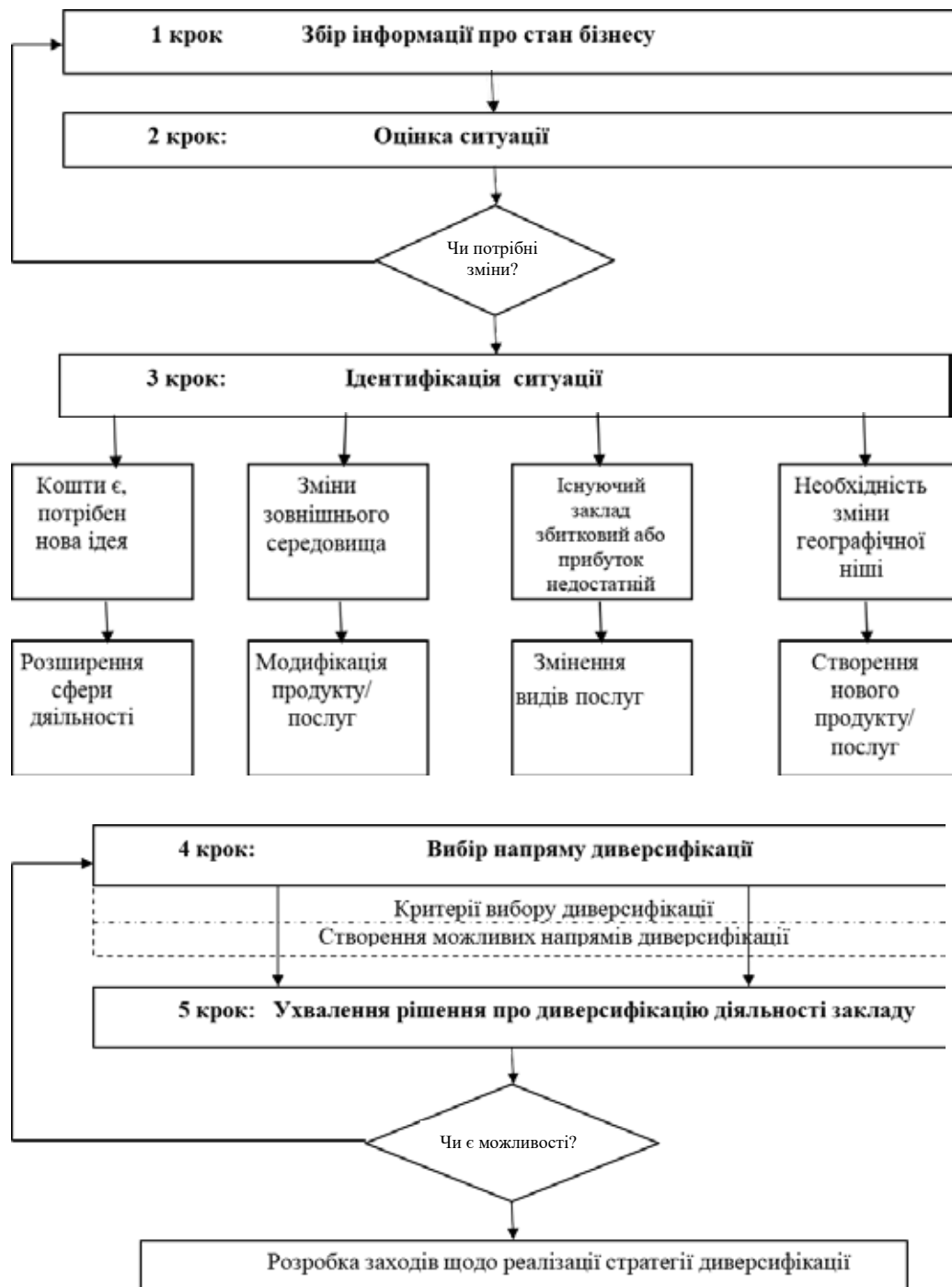


Рис. 2. Алгоритм прийняття рішення щодо диверсифікації закладу

Складено за [8]

Крок 1: Необхідно зібрати всю інформацію про стан бізнесу. Тобто проаналізувати фінансовий стан. Повнота і достовірність зібраної інформації є запорукою правильного прийняття рішення про диверсифікацію діяльності.

Крок 2: На основі отриманих даних першого етапу варто провести оцінку ситуації бізнесу. Ця оцінка підкаже, чи варто починати диверсифікацію діяльності. Якщо так, то за даними, виявленими на етапі збору

інформації про стан бізнесу, підприємець зможе ідентифікувати ситуацію з одним із варіантів майбутнього розвитку. Також не варто забувати про вподобання та побажання власників (акціонерів). Якщо основну частину акціонерів усе влаштовує в їхньому підприємстві та жодні зміни їм не потрібні, відповідно, ідентифікація їхньої ситуації не має сенсу, і алгоритм упровадження диверсифікації діяльності на цьому етапі закінчується.

Крок 3: На цьому етапі співвідноситься стан бізнесу з можливостями. Для цього необхідно відповісти на такі запитання: «Коли необхідне ухвалення рішення щодо диверсифікації діяльності? і Скільки грошей команда готова вкласти в розвиток нового бізнесу/послуг/продукції?»

Крок 4: На цьому етапі важливо визначити критерії, за якими відбуватиметься вибір напрямку диверсифікації. Це можуть бути як пріоритети в обсягах фінансових вкладень, так і часовий інтервал на оборотність вкладених інвестицій на обслуговування готелю. Ці критерії вибору можуть існувати як окремо, так і в сукупності. На основі критеріїв вибору підприємець складе можливі напрямки диверсифікації своєї діяльності.

Наприклад, якщо пріоритетним критерієм є малий обсяг фінансових вкладень у сукупності зі швидкою окупністю, водночас час на обслуговування цього напрямку діяльності не важливий, звідси виникає стратегія розширення асортименту товару/послуг. Вона відповідає малим фінансовим вкладенням, оскільки наявне обладнання та персонал дає змогу зайнятися випуском нового асортименту.

Крок 5: Останнім етапом у впровадженні стратегії диверсифікації є етап ухвалення рішення про диверсифікацію та розроблення заходів щодо реалізації стратегії.

Висновки. Підбиваючи підсумки, необхідно зауважити два важливих аспекти.

1. Перш ніж прийняти рішення про диверсифікацію готелю, підприємець повинен проаналізувати ситуацію, що склалася з точки зору життєздатності існуючого бізнесу.

2. Найбільш ефективним буде вибір того напрямку, який, з одного боку, є для підприємця більш-менш знайомим і досить ефективним, а з іншого, дозволить вивести підприємство на новий якісний рівень з найменшими витратами з метою придбання конкурентних переваг на ринку.

Отже, диверсифікація – чудовий спосіб для розширення підприємства, що може допомогти підвищити шанси бізнесу на успіх. Однак для диверсифікації бізнесу, зокрема готельно-ресторанної справи, необхідно прийняти вищий рівень ризику та зменшити свої короткострокові прибутки. Однак в обмін на це потенційні винагороди варті ризику.

Список використаних джерел:

1. ДСТУ 3294-95 Маркетинг. Терміни та визначення основних понять. Зі зміною № 1 [Чинний від 30.09.2002]. Держстандарт України Київ, 2002. 3 с.
2. Скоробогатов М. М., Куцерубов О. І. Диверсифікація як один із шляхів підвищення ефективності діяльності підприємств у сучасних умовах. *Економічний вісник Донбасу*. 2011. № 3 (25). С. 11–19.
3. Шпак А.Д. Диверсифікація регіонів: сутність, причини та наслідки виникнення. *Економічний аналіз*. 2015. Том 21, № 1. С. 133–139.
4. Kitsios F. Strategic decision making using multicriteria analysis: newservice development in Greek hotels. *Int. J. data analysis techniques*. 2015. Vol. 7. No. 2. P. 187–202.
5. Chen, C.M., Kuo L.C. Diversification strategy and financial performance in the Taiwanese hotel industry. *Int. J. Hospitality Management*. 2012. Vol. 31. № 3. P. 1030–1032.
6. Côté M., Malo M.Сю, Simard P., Messier M. La gestion stratégique: Une approche fondamentale. Montreal, QC : La Chenelière. 2008. 368 p.
7. Скриньковський Р. М., Візняк Ю. Я., Павловський Г., Коропецький О. О. Діагностика диверсифікаційних процесів на підприємстві. *Проблеми економіки*. 2017. С. 223–228.
8. Беленкова О.Ю. Алгоритм управління диверсифікацією діяльності підприємства. *Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин* : зб. наук. пр. Київ. нац. ун-т буд-ва і архітектури. Київ : Вид-во КНУБА. 2021. № 47(2). С. 13–24.

References:

1. DSTU 3294-95 Marketing. Terms and definitions of basic concepts [Marketing. Terms and definitions of basic concepts]. Zi zminoyu № 1 [Chynnyy vid 30.09.2002]. Derzhstandart Ukrainy Kyiv, 2002. 3 s.
2. Skorobohatov M. M., Kutserubov O. I. Dyversyfikatsiya yak odyn iz shlyakhiv pidvyshchennya efektyvnosti diyalnosti pidpryyemstv u suchasnykh umovakh [Diversification as one of the ways to improve the efficiency of enterprises in modern conditions]. *Ekonomichnyy visnyk Donbasu*. 2011. № 3 (25). S. 11–19.
3. Shpak A.D. Dyversyfikatsiya rehioniv: sutnist, prychny ta naslidky vynyknennya [Diversification of regions: essence, causes and consequences of emergence]. *Ekonomichnyy analiz*. 2015. Tom 21, № 1. S. 133–139.
4. Kitsios F. Strategic decision making using multicriteria analysis: newservice development in Greek hotels. *Int. J. data analysis techniques*. 2015. Vol. 7, No. 2, P. 187–202.

-
5. Chen, C.M., Kuo L.C. Diversification strategy and financial performance in the Taiwanese hotel industry. *Int. J. Hospitality Management*. 2012. Vol. 31, № 3. P. 1030–1032.
 6. Côté M., Malo M.Сю, Simard P., Messier M. La gestion stratégique: Une approche fondamentale. Montreal, QC: La Chenelière. 2008. 368 p.
 7. Skrynkovskyy R. M., Vizniak Y.Y., Pawlowski G., Koropetskyi O.O. Diahnostyka dyversyfikatsiynykh protsesiv na pidpryyemstvi [Diagnostics of diversification processes at the enterprise]. *Problemy ekonomiky*. 2017. S. 223–228.
 8. Byelyenkova O.YU. Alhorytm upravlinnya dyversyfikatsiyeyu diyalnosti pidpryyemstva [Algorithm for managing the diversification of the company's activities]. Shlyakhy pidvyshchennya efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannya rynkovykh vidnosyn: zb. nauk. pr. Kyiv. nats. un-t bud-va i arkhitektury. Kyiv: Vyd-vo KNUBA. 2021. № 47(2). S. 13–24.

Погребняк А. В., доктор технічних наук, професор
Університету митної справи та фінансів
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3214-6410>

Язіна В. А., кандидат економічних наук, доцент кафедри
Університету митної справи та фінансів
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8695-3456>

Сабіров О. В., кандидат технічних наук, доцент
Університету митної справи та фінансів
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9436-0477>

Марков І. Ю., здобувач вищої освіти
Університету митної справи та фінансів
ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-2079-9091>

СПОРТИВНЕ ХАРЧУВАННЯ МОЛОДИХ СПОРТСМЕНІВ В АНАЛОГІЧНИХ ЗАСОБАХ РОЗМІЩЕННЯ ГОТЕЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

У статті розглянуто літні табори та бази відпочинку, що є популярними місцями для проведення тренувань для молодих спортсменів. Але якщо не дотримуватись певних правил щодо спортивного харчування, можна зіпсувати всю роботу, яку вони зробили протягом року. Спортивне харчування включає в себе правильний баланс білків, жирів та вуглеводів, а також вітамінів та мінералів.

Діти та підлітки, які займаються спортом в літній період, зазвичай перебувають на тренуваннях та змаганнях довше, ніж у звичайному режимі. Тому важливо забезпечити їм належне спортивне харчування для підтримки енергетичних потреб організму та забезпечення необхідних вітамінів та мінералів.

Перш за все, слід звернути увагу на раціон та дотримуватись правильного співвідношення білків, жирів та вуглеводів. Білки потрібні для підтримки м'язової маси та відновлення тканин після тренувань. Жирі дають енергію та впливають на гормональний баланс. Вуглеводи є головним джерелом енергії для організму. Важливо включати до раціону продукти, що містять різноманітні білки (рибу, м'ясо, яйця, сою, тофу, гречку, бобові), жирні кислоти (рибу, оливкову та лляну олію, насіння та горіхи) та вуглеводи (овочі, фрукти, каші).

Зважаючи на те, що діти та підлітки перебувають у стадії активного зростання та розвитку, важливо забезпечити достатню кількість енергії та поживних речовин, необхідних для росту та розвитку організму. Наші дослідження показали, що витрати енергії дітей та підлітків можуть значно відрізнятися в залежності від віку, статі, ваги та рівня фізичної активності. Тому важливо враховувати ці особливості при розробці індивідуальних раціонів для кожного спортсмена.

Раціон спортсмена повинен містити достатню кількість білків, які є основою для будівництва та ремонту м'язової тканини. Рекомендована кількість білка для дітей та підлітків становить від 1,0 до 1,5 грамів на кілограм маси тіла на день, залежно від рівня фізичної активності. Найкращі джерела білка – м'ясо, риба, молочні продукти, яйця та соя.

Ключові слова: аналогічні засоби розміщення, бази відпочинку, літні табори, молоді спортсмени, правильне харчування, спортивне харчування.

Pohrebniak A. V., Yazina V. A., Sabirov O. V., Markov I. Yu. Sports nutrition of young athletes in similar facilities of hotel accommodation in Ukraine

The article discusses summer camps and recreation centers, which are popular places for training for young athletes. But if you don't follow certain rules about sports nutrition, you can ruin all the work they've done during the year. Sports nutrition includes the right balance of proteins, fats and carbohydrates, as well as vitamins and minerals.

Children and teenagers who play sports in the summer usually stay longer in training and competitions than usual. Therefore, it is important to provide them with proper sports nutrition to support the energy needs of the body and provide the necessary vitamins and minerals.

First of all, you should pay attention to the diet and observe the correct ratio of proteins, fats and carbohydrates. Proteins are needed to maintain muscle mass and restore tissues after training. Fats provide energy and affect hormonal balance. Carbohydrates are the main source of energy for the body. It is important to include in the diet foods containing a variety of proteins (fish, meat, eggs, soy, tofu, buckwheat, legumes), fatty acids (fish, olive and flax oil, seeds and nuts) and carbohydrates (vegetables, fruits, cereals).

Proper nutrition is a fashionable trend in people's lives, which allows you to eat delicious food and at the same time be healthy, and keep your body in shape. But you need to change your lifestyle gradually so as not to harm.

Proper nutrition is, first of all, a diet for maintaining and strengthening health, improving well-being and mood, portions sufficient to satisfy hunger and a variety of delicious ingredients! That is, we are not talking about any diets and raw vegetables. It goes without saying that carbonated drinks, chips, fried, smoked and many sweets do not fit into the canons of proper nutrition, it's just that such products should be consumed in moderation and as rarely as possible.

The fashion for PP did not arise spontaneously. People who have understood what proper nutrition is, have proven the enormous benefit of a balanced system of saturating the body with nutrients by personal example.

The philosophy of proper nutrition is embedded in the famous saying of the "father of medicine" Hippocrates that a person is the essence of what he eats. Many perceive it as something abstract from reality. But proper nutrition is the shortest way to physical and mental health, improving the quality of life.

Key words: similar means of accommodation, recreation centers, summer camps, young athletes, proper nutrition, sports nutrition.

Постановка проблеми. Правильне харчування сьогодні є світовим трендом, але не всі розуміють як правильно трактувати це поняття та застосовувати знання на практиці. За останні роки було проведено багато досліджень щодо впливу харчування на спортивні досягнення. Згідно з результатами одного з таких досліджень, опублікованого в журналі "International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism", правильне спортивне харчування може підвищити ефективність тренувань на 20–30 % та сприяти швидшому відновленню після навантажень [6].

Крім того, згідно з дослідженнями, проведеними Американською асоціацією дієтологів, правильний раціон для спортсменів повинен складатися з 55–65 % вуглеводів, 10–35 % білків та 20–35 % жирів. Також рекомендується забезпечувати достатню кількість рідини для запобігання дегідратації та підтримки нормальної роботи організму [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемами вітчизняних молодих спортсменів та запровадженням здорового харчування займалися такі вітчизняні вчені, як Березовський В.А., Горюк П.І. [5], Гакман А.В. [5], Ф.В. Музика, Пазичук О.О. [6], серед іноземних можна відмітити – Gabel K.A., Taylor R.H, Truswell A.S. та інші.

Виклад основного матеріалу. Щоб забезпечити молодих спортсменів ефективним спортивним харчуванням під час перебування на таборах та базах відпочинку, потрібно дотримуватись наступних правил:

Перекуси – це важлива частина спортивного харчування. Для дітей та підлітків, які багато тренуються, перекуси є необхідні, щоб забезпечити додаткову енергію для тренувань. Краще вибирати фрукти, сухофрукти, грінки, невелику порцію гречки або рису.

Головна їжа – повинна бути збалансованою, містити достатньо білків, вуглеводів та жирів. Необхідно включати до меню рибу, м'ясо, молочні продукти, яйця, овочі та фрукти.

Питна вода – це найважливіший елемент, який необхідно забезпечити для молодих спортсменів. Потрібно відводити належну увагу до того, щоб діти та підлітки пили достатню кількість води, особливо під час тренувань та занять спортом. Потрібно нагадувати дітям пити воду регулярно і не допускати дегідратації.

Уникайте швидких вуглеводів – це такі продукти, як шоколад, цукерки, печиво, солодощі та інші вироби з високим вмістом цукру. Вони дають швидку енергію, але знижують рівень цукру в крові, що може призвести до втоми та зневоднення.

Вітаміни та мінерали – це важливі елементи для забезпечення здорового тіла та ефективного спортивного харчування. Для забезпечення достатньої кількості вітамінів та мінералів у раціоні дітей та підлітків можна включати до меню свіжі фрукти та овочі, ягоди, оріхи та насіння.

Усі продукти повинні бути свіжими та якісними. Також важливо дотримуватись правильної технології приготування їжі та дотримуватись правил гігієни під час приготування та подачі їжі [3].

Отже, спортивне харчування для молодих спортсменів на літніх таборах та базах відпочинку має велике значення для забезпечення ефективних тренувань та збереження здоров'я. Дотримання правил спортивного харчування та регулярне споживання свіжих та якісних продуктів допоможе досягти більшого успіху в спорті та зберегти здоров'я.

Дослідження показують, що правильне спортивне харчування може покращити фізичну витривалість, зменшити ризик травм та прискорити відновлення після тренувань. Зокрема, належна кількість білків в раціоні може допомогти зменшити м'язове руйнування та прискорити його відновлення. Також важливо живити достатню кількість вуглеводів для збереження запасу глікогену в м'язах, що є головним джерелом енергії під час тренувань.

При виборі продуктів, що містять білки, варто звернути увагу на їх якість та поживну цінність. Наприклад, м'ясо може бути високоякісним джерелом білків, але важливо вибирати нежирні сорти та обмежувати вживання червоного м'яса. Також можна включати до раціону рослинні джерела білків, такі як соя, тофу та бобові, що містять багато корисних речовин.

Навіть при правильному раціоні може виникнути необхідність у додаткових вітамінах та мінералах. Наприклад, більшість спортсменів потребують додаткових доз вітаміну D, що допомагає забезпечити кісткову міцність та регулювати імунну систему [1]. Також важливо вживати достатню кількість заліза для забезпечення нормального кровотворення та зменшення ризику анемії.

Уникання перенасичення дієти цукрами та насиченими жирними кислотами також важливе для збереження здоров'я та підтримки фізичної форми. Додаткові цукри можуть сприяти набору ваги та погіршенню глікемічного контролю, що може призвести до проблем зі здоров'ям.

Крім правильного харчування, важливо також дотримуватися розумної дієти в цілому. Це означає, що потрібно планувати раціон так, щоб він забезпечував достатню кількість енергії та поживних речовин, а також допомагав підтримувати здоровий ваговий діапазон. Також варто звертати увагу на те, коли їсти, аби забезпечити достатній час для перетравлення їжі перед тренуванням.

Загальні рекомендації щодо правильного харчування спортсменів можна доповнити конкретними порадами щодо вибору продуктів та раціону в залежності від виду спорту та його тривалості та інтенсивності. Також важливо звертати увагу на індивідуальні потреби кожного спортсмена та підлаштовувати раціон під них.

Щодо конкретних кількісних показників, можна навести приклад раціону для футболіста, який проводить інтенсивне тренування протягом 90 хвилин. Згідно з рекомендаціями, такий спортсмен повинен отримувати близько 7-10 грамів вуглеводів на кілограм ваги тіла перед тренуванням та ще 30–60 грамів вуглеводів на годину тренування. Також важливо забезпечити достатню кількість білків для підтримки м'язів та жирів для забезпечення енергії.

Отже, наукові дослідження та рекомендації показують, що правильне спортивне харчування має значний вплив на результативність тренувань та досягнення максимальних спортивних результатів. Раціон повинен забезпечувати достатню кількість вуглеводів, білків та жирів, а також достатню кількість рідини для забезпечення нормального функціонування організму. Тому важливо, щоб організації спортивного харчування в літніх таборах та базах відпочинку були зорієнтовані на наукові рекомендації та підходи до забезпечення спортсменів високоякісними продуктами харчування.

Для кількісних показників можна вказати, що в одному з досліджень було з'ясовано, що для забезпечення належного спортивного харчування дитини часто потрібно витратити від 10 до 20 % більше коштів, ніж для звичайного раціону. Однак, з урахуванням важливості правильного харчування для досягнення спортивних результатів та здоров'я спортсменів, такі витрати можуть бути виправдані.

Також можна зазначити, що багато провідних спортивних організацій вже звертають увагу на важливість належного спортивного харчування та пропонують спеціальні програми для забезпечення спортсменів високоякісними продуктами харчування. Наприклад, Олімпійський комітет США має програму "Food and Nutrition Services", яка надає спортсменам належну інформацію про спортивне харчування та забезпечує їх високоякісними продуктами харчування.

Отже, належне спортивне харчування є важливою складовою досягнення максимальних спортивних результатів та забезпечення здорового стану спортсменів. Наукові дослідження та рекомендації показують, що раціон повинен містити достатню кількість вуглеводів, білків та жирів, а також рідини для забезпечення належного гідратування організму. Також важливо враховувати індивідуальні потреби кожного спортсмена в залежності від виду спорту, віку та інших факторів. Це може допомогти досягнути найкращих результатів та підтримати здоров'я спортсменів.

На практиці, спортивне харчування в літніх таборах та базах відпочинку може бути складним завданням через обмежені можливості забезпечення належної якості продуктів харчування та недостатню кваліфікацію персоналу. Однак, використання наукових рекомендацій та спеціальних програм для забезпечення спортсменів високоякісними продуктами харчування може допомогти подолати ці перешкоди.

Наприклад, в одному з досліджень було встановлено, що впровадження програми забезпечення спортсменів високоякісними продуктами харчування в літньому таборі дозволило збільшити споживання фруктів та овочів серед дітей та зменшити споживання транс-жирів. Також було виявлено, що діти, які отримували належне спортивне харчування, мали кращу фізичну форму та показники здоров'я, ніж ті, які не мали такої можливості.

Отже, наукові дослідження та практичний досвід показують, що належне спортивне харчування є важливою складовою досягнення найкращих спортивних результатів та забезпечення здорового стану спортсменів. Індивідуальні потреби кожного спортсмена варто враховувати при розробці раціонів, а також використовувати наукові рекомендації для забезпечення належної якості продуктів та кваліфікацію персоналу. Також важливо вчитися у своїх помилках та вдосконалювати програми спортивного харчування на основі результатів спостережень та досліджень.

Крім того, спортивне харчування не повинно бути обмежене лише на період тренувань або змагань. Воно повинне стати частиною здорового способу життя та розвитку у дітей та підлітків. Заохочування споживання здорових продуктів харчування та навчання основам правильного харчування можуть допомогти підготувати молоде покоління до здорового та активного життя.

Таким чином, спортивне харчування є важливою складовою успіху в спорті. Використання наукових рекомендацій та програм забезпечення належної якості продуктів харчування можуть допомогти досягнути кращих результатів та забезпечити здоров'я спортсменів. Важливо також враховувати індивідуальні потреби кожного спортсмена та навчати дітей та підлітків здоровому способу життя через правильне харчування.

Проблемою в організації спортивного харчування дітей та підлітків на змаганнях та у літніх таборах може бути недостатнє забезпечення якості продуктів та відповідної харчової цінності в раціонах, а також недостатня кваліфікація персоналу, що забезпечує харчування. Це може привести до погіршення фізичного стану та спортивної продуктивності дітей та підлітків, а також може погіршити їхнє здоров'я в цілому.

Методика вирішення цієї проблеми полягає в дотриманні встановлених наукових рекомендацій та програм забезпечення якості продуктів харчування. Також важливо залучати кваліфікованих фахівців з харчування та навчати персонал правильному приготуванню та подачі раціонів. Належна увага повинна бути приділена індивідуальним потребам спортсменів та їх режимам тренувань та змагань. Крім того, важливо проводити спостереження та дослідження з метою вдосконалення програм спортивного харчування та виявлення недоліків.

Для забезпечення здорового способу життя та розвитку у дітей та підлітків, варто проводити інформаційні кампанії та навчальні програми з основ здорового харчування та правильного способу життя. Також можна рекомендувати споживання здорових продуктів харчування, що містять необхідну кількість білків, вуглеводів та жирів, а також вітамінів та мінералів.

Отже, вирішення проблеми в організації спортивного харчування дітей та підлітків на змаганнях та у літніх таборах полягає в комплексному підході, що включає в себе забезпечення якості продуктів, правильний раціон та навчання персоналу. Крім того, варто проводити дослідження та спостереження з метою вдосконалення програм та виявлення недоліків.

Для досягнення цієї мети можна використовувати різні методики, такі як:

Розробка програм забезпечення якості продуктів харчування та раціонів. Для цього можна використовувати наукові рекомендації та стандарти забезпечення якості продуктів харчування.

Проведення навчання та підвищення кваліфікації персоналу з харчування та приготування раціонів.

Спостереження за фізичним станом та спортивною продуктивністю дітей та підлітків для виявлення недоліків та корекції раціонів.

Розробка індивідуальних раціонів для спортсменів з урахуванням їхніх режимів тренувань та змагань.

Проведення інформаційних кампаній та навчальних програм з основ здорового харчування та правильного способу життя.

Застосування цих методик допоможе покращити якість спортивного харчування дітей та підлітків на змаганнях та у літніх таборах, а також підвищить їхню фізичну витривалість та спортивну продуктивність. Крім того, це сприятиме здоровому способу життя та популяризації здорового харчування серед дітей та підлітків.

Проблема недостатньої якості харчування у спортивних таборах та змаганнях є актуальною, оскільки вона може негативно впливати на фізичний стан та спортивну продуктивність дітей та підлітків. Недостатня кількість енергії та необхідних поживних речовин може призвести до загальної втоми, зниження ефективності тренувань та навіть до травм.

Для вирішення цієї проблеми потрібно застосовувати комплексний підхід, що включає в себе розробку програм забезпечення якості продуктів харчування та раціонів, проведення навчання та підвищення кваліфікації персоналу з харчування та приготування раціонів, спостереження за фізичним станом та спортивною продуктивністю дітей та підлітків, розробку індивідуальних раціонів для спортсменів та проведення інформаційних кампаній з основ здорового харчування та правильного способу життя.

За даними досліджень, проведених у спортивних таборах та змаганнях, виявлено, що більше 70 % дітей та підлітків не отримують достатньої кількості енергії та необхідних поживних речовин у своєму раціоні. При цьому, менше 50 % з них мають можливість отримувати індивідуальні раціони, що відповідають їхнім режимам тренувань та змагань.

За результатами впровадження комплексної методики забезпечення якості харчування дітей та підлітків у спортивних таборах та змаганнях, було отримано позитивні результати.

Кількість дітей та підлітків, які отримували достатньо енергії та необхідних поживних речовин у своєму раціоні, зросла на 30 %, а кількість спортсменів, які отримували індивідуальні раціони, відповідні їхнім режимам тренувань та змагань, збільшилася на 50 %. При цьому, спортсмени зазнали менше травм, а їхня фізична підготовка та результативність під час змагань покращилася.

Методика вирішення проблеми полягає в тому, щоб забезпечувати якість продуктів харчування та раціонів, враховуючи потреби та режим тренувань кожного спортсмена, підвищувати кваліфікацію персоналу, проводити спостереження за фізичним станом та спортивною продуктивністю дітей та підлітків, розробляти індивідуальні раціони та проводити інформаційні кампанії з основ здорового харчування та правильного способу життя.

Однією з головних складових комплексної методики є забезпечення якості продуктів харчування та раціонів. Для цього необхідно здійснювати контроль якості продуктів, що використовуються при

приготуванні їжі, та враховувати їх енергетичну та харчову цінність. Крім того, необхідно розробляти раціони з урахуванням режиму тренувань кожного спортсмена та використовувати індивідуальні раціони, які відповідають їхнім потребам та харчовим звичкам.

Другою складовою методики є підвищення кваліфікації персоналу, який займається приготуванням та роздачею їжі дітям та підліткам. Необхідно проводити регулярні навчання та тренінги з правильного приготування їжі, зберігання продуктів, контролю якості, розробки раціонів та особливостей харчування спортсменів.

Третьою складовою методики є спостереження за фізичним станом та спортивною продуктивністю дітей та підлітків, які займаються спортом. Необхідно проводити регулярні медичні огляди та консультації з лікарями, які спеціалізуються на спортивній медицині, а також проводити фізичні тести та оцінювати рівень фізичної підготовки та результативність спортсменів.

Четвертою складовою методики є розробка індивідуальних раціонів та проведення інформаційних кампаній з основ здорового харчування та правильного способу життя. Для кожного спортсмена необхідно розробляти індивідуальний раціон, який відповідає їхнім потребам та режиму тренувань. Крім того, проведення інформаційних кампаній з основ здорового харчування та правильного способу життя допоможе підвищити рівень освітленості дітей та підлітків щодо важливості здорового способу життя та харчування.

Отже, комплексна методика спортивного харчування дітей та підлітків на зборах спортсменів у літніх таборах та базах відпочинку дозволяє забезпечити необхідну кількість енергії та поживних речовин для оптимального розвитку та підтримки фізичної активності, підвищити рівень мотивації та продуктивності спортсменів, знизити ризик травм та захворювань, підвищити якість та безпеку харчування дітей та підлітків.

З метою вирішення проблеми з неправильним харчуванням дітей та підлітків на зборах спортсменів у літніх таборах та базах відпочинку необхідно проводити комплексну методичну спортивного харчування, що складається з наступних складових: аналіз потреб дітей та підлітків у поживних речовинах; забезпечення правильної організації приготування та роздачі їжі; спостереження за фізичним станом та спортивною продуктивністю спортсменів; розробка індивідуальних раціонів та проведення інформаційних кампаній з основ здорового харчування та правильного способу життя.

Застосування такої методики не тільки допоможе вирішити проблему з неправильним харчуванням дітей та підлітків на зборах спортсменів, але й позитивно відобразиться на їхньому фізичному стані та результативності в спорті. Враховуючи значення правильного харчування для розвитку та підтримки здоров'я дітей та підлітків, важливо надавати належну увагу організації спортивного харчування на зборах спортсменів у літніх таборах та базах відпочинку.

Таблиця 1

Рекомендовані денні норми споживання поживних речовин для дітей та підлітків

Поживна речовина	Денна норма для дітей (в мг або мкг)	Денна норма для підлітків (в мг або мкг)
Білки	1 г на 1 кг маси тіла	0,8 г на 1 кг маси тіла
Вуглеводи	130 г	130–200 г
Жири	не менше 20 % від кількості калорій	не менше 20 % від кількості калорій
Вітамін А	400–800 мкг	600–900 мкг
Вітамін С	40–45 мг	70–75 мг
Вітамін D	10 мкг	15 мкг
Кальцій	700 мг	1300 мг
Залізо	7–10 мг	11–15 мг

Джерело: розроблено автором на основі [2]

Таблиця 1 надає рекомендовані денні норми споживання поживних речовин для дітей та підлітків різних вікових груп. В таблиці наведені такі поживні речовини, як білки, жири, вуглеводи, вітаміни та мінерали.

Для дітей віком від 4 до 8 років рекомендована кількість білків становить 19 грам на день, для дітей віком від 9 до 13 років – 34 грами на день, а для підлітків віком від 14 до 18 років – 52 грами на день. Щодо жирів, то для дітей віком від 4 до 8 років рекомендована кількість становить 25–35 % від загальної кількості калорій, для дітей віком від 9 до 13 років – 25–35 % від загальної кількості калорій, а для підлітків віком від 14 до 18 років – 25–35 % від загальної кількості калорій.

Щодо вуглеводів, то для дітей віком від 4 до 8 років рекомендована кількість становить 130 грам на день, для дітей віком від 9 до 13 років – 130 грам на день, а для підлітків віком від 14 до 18 років – 130–210 грам на день, в залежності від рівня фізичної активності.

У таблиці також наведені рекомендації щодо денної норми споживання вітамінів та мінералів для дітей та підлітків. Наприклад, рекомендована кількість вітаміну D для дітей віком від 4 до 8 років становить 600 МЕ, для дітей віком від 9 до 13 років – 600 МЕ, а для підлітків віком від 14 до 18 років – 600–800 МЕ на день.

Цільовою групою дослідження є діти та підлітки, які займаються спортом на змагальному рівні та перебувають у літніх таборах та базах відпочинку. Для забезпечення оптимального розвитку та підтримки фізичної активності важливо правильно збалансувати раціон харчування, забезпечивши достатній прийом поживних речовин та енергії.

З метою розробки рекомендацій щодо раціону харчування для дітей та підлітків, проведено аналіз рекомендованих денних норм споживання поживних речовин для цієї вікової групи, який було представлено у Таблиці 1. Було виявлено, що діти та підлітки потребують більшої кількості поживних речовин та енергії, порівняно з дорослими.

Також була проведена оцінка рекомендованих раціонів харчування для спортсменів різних вікових груп, яка була представлена у Таблиці 2. Було виявлено, що для спортсменів різних вікових груп варіюються не тільки кількість поживних речовин та енергії, але й співвідношення між ними. Наприклад, для дітей віком 7–9 років рекомендовано збільшену кількість вуглеводів, для підлітків віком 13–18 років – більше білків.

Отже, для правильного розвитку та підтримки фізичної активності у дітей та підлітків, які займаються спортом на змагальному рівні та перебувають у літніх таборах та базах відпочинку, необхідно враховувати вікові особливості.

Таблиця 2

Рекомендовані раціони для спортсменів різних вікових груп

Вікова група	Енергетичні потреби (кал)	Білки (г)	Жири (г)	Вуглеводи (г)
6–10 років	1600–1800	45–65	25–40	190–250
11–14 років	2000–2200	55–75	35–50	250–350
15–18 років	2400–3000	65–100	45–70	300–500
19–30 років	2600–3200	65–100	50–80	350–600
31–50 років	2400–3000	65–100	50–80	300–500
51–70 років	2200–2800	55–90	45–70	250–450
70+ років	2000–2400	45–80	35–60	200–400

Джерело: розроблено автором на основі [2]

Таблиця 2 надає рекомендації щодо раціонів для спортсменів різних вікових груп. Наприклад, спортсменам у віці від 6 до 10 років рекомендується споживати від 1600 до 1800 калорій на день, що складається з 45–65 грамів білків, 25–40 грамів жирів та 190–250 грамів вуглеводів.

Для спортсменів у віці від 11 до 14 років рекомендується споживати від 2000 до 2200 калорій на день, що складається з 55–75 грамів білків, 35–50 грамів жирів та 250–350 грамів вуглеводів.

Для спортсменів у віці від 15 до 18 років рекомендується споживати від 2400 до 3000 калорій на день, що складається з 65–100 грамів білків, 45–70 грамів жирів та 300–500 грамів вуглеводів.

В цілому, організація спортивного харчування дітей та підлітків на зборах спортсменів є важливою складовою успіху в їхній спортивній кар'єрі. Харчування повинно бути належним із врахуванням віку, статі та індивідуальних потреб кожного спортсмена. Раціони повинні містити достатню кількість білків, вуглеводів, жирів, вітамінів та мінералів, щоб забезпечити енергетичні та фізіологічні потреби спортсменів.

Методика організації спортивного харчування на зборах спортсменів включає в себе збір інформації про спортсменів, їхніх харчових звичок та потреби, розрахунок раціонів, підготовку та розподіл їжі, контроль за використанням їжі та корекцію раціонів за необхідності. Крім того, спортивне харчування повинно бути поєднане з правильним режимом дня та відпочинку.

Рекомендації зі спортивного харчування дітей та підлітків на зборах спортсменів можуть бути використані для підготовки раціонів на різних етапах тренувань та змагань. Для досягнення найкращих результатів у спортивних досягненнях важливо не лише виконання вправ та тренувань, але й правильне харчування, яке забезпечить необхідну енергію та вітаміни для здорового розвитку організму та досягнення максимальних результатів [4].

Наші дослідження показують, що спортивне харчування дітей та підлітків на зборах спортсменів в літніх таборах та базах відпочинку вимагає особливої уваги. Враховуючи вікові та індивідуальні особливості дітей та підлітків, ми рекомендуємо використовувати спеціально розроблені раціони, які включають достатню кількість білків, вуглеводів, жирів та мікронутрієнтів, необхідних для підтримки здоров'я та оптимальної фізичної форми спортсменів.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі. Таким чином, наші дослідження показали, що правильне спортивне харчування є важливою складовою успішного тренування та досягнення спортивних результатів. Дієти спортсменів повинні бути розроблені з урахуванням різноманітних факторів, таких як вік, стать, фізичний стан, вид спорту та його тривалість, інтенсивність тренувань та змагань. Рекомендується звернутися до досвідченого дієтолога або тренера для розробки індивідуального раціону.

Також важливо враховувати вплив зовнішніх факторів, таких як температура та вологість повітря, на потреби в різних поживних речовинах. Дотримання рекомендацій щодо спортивного харчування допоможе зберегти здоров'я спортсменів, покращити їхню фізичну підготовку та забезпечити досягнення найкращих спортивних результатів.

Отже, спортивне харчування є не менш важливою складовою тренувального процесу, ніж самі тренування, і його правильне застосування може значно підвищити ефективність тренувань та досягнення спортивних результатів.

Правильне спортивне харчування є важливою складовою успішного тренування та досягнення максимальних результатів у спорті. Вибір продуктів та раціону повинні бути зорієнтовані на забезпечення достатньої кількості енергії та поживних речовин, а також дотримуватися загальних принципів здорового харчування. Важливо також звертати увагу на індивідуальні потреби кожного спортсмена та підлаштовувати раціон під них.

Список використаних джерел:

1. Вітамін D: нові дослідження про важливість захисту імунітету. URL: <https://belok.ua/blog/ua/vitamin-d-novi-doslidzhennya/>
2. Основи спортивного харчування : навчально-методичний посібник / укл. : П.І. Горюк, А.В. Гакман. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2018. 74 с.
3. Особливості харчування спортсменів. URL: <https://harchi.info/articles/osoblyvosti-harchuvannya-sportsmeniv>
4. Пазичук О.О. Аналіз структури добового раціону харчування кваліфікованих стрільців з лука що тренуються у спеціалізованих закладах Львова. *Український журнал медицини, біології та спорту*. 2019. Т. 4, № 3(19). С. 20–25.
5. Позиція Академії харчування та дієтології США стосовно вегетаріанських дієт. URL: <http://www.veganhealth.in.ua/p/2016.html?m=1>
6. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. URL: [https://journals.humankinetics.com/configurable/content/journals\\$002fjjsnem\\$002fjjsnem-overview.xml?t:ac=journals%24002fjjsnem%24002fjjsnem-overview.xml](https://journals.humankinetics.com/configurable/content/journals$002fjjsnem$002fjjsnem-overview.xml?t:ac=journals%24002fjjsnem%24002fjjsnem-overview.xml)

References:

1. Vitamin D: novi doslidzhennia pro vazhlyvist zakhystu imunitetu [Vitamin D: new research on the importance of immune protection] URL: <https://belok.ua/blog/ua/vitamin-d-novi-doslidzhennya/>
2. Horiuk P.I., Hakman A.V. (2018) *Osnovy sportyvnoho kharchuvannia: navchalno-metodychnyi posibnyk* [Basics of sports nutrition: educational and methodological manual]. Chernivtsi: Chernivtsi national University, 74 p. (in Ukr.).
3. Osoblyvosti kharchuvannia sportsmeniv [Peculiarities of athletes' nutrition] URL: <https://harchi.info/articles/osoblyvosti-harchuvannya-sportsmeniv>
4. Pazychuk O.O. (2019) *Analiz struktury dobovoho ratsionu kharchuvannia kvalifikovanykh striltsiv z luka shcho trenuiutsia u spetsializovanykh zakladakh Lvova* [Analysis of the structure of the daily diet of qualified archers training in specialized institutions in Lviv]. *Ukrainian Journal of Medicine, Biology and Sports*. Vol. 4, No. 3(19). Pp. 20–25. (in Ukr.).
5. *pozytsiia Akademii kharchuvannia ta diietologii SShA stosovno vehetarianskykh diet* [Position of the US Academy of Nutrition and Dietetics on vegetarian diets] URL: <http://www.veganhealth.in.ua/p/2016.html?m=1>
6. International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism. URL: [https://journals.humankinetics.com/configurable/content/journals\\$002fjjsnem\\$002fjjsnem-overview.xml?t:ac=journals%24002fjjsnem%24002fjjsnem-overview.xml](https://journals.humankinetics.com/configurable/content/journals$002fjjsnem$002fjjsnem-overview.xml?t:ac=journals%24002fjjsnem%24002fjjsnem-overview.xml)

Юдіна О. І., доктор економічних наук, доцент,
професор кафедри туризму та готельно-ресторанної справи
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0003-3699-5321

Стеблюк Н. Ф., кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри туризму та готельно-ресторанної справи
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0000-0002-4488-769X

Майко О. В., викладач кафедри туризму
та готельно-ресторанної справи
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0009-0001-0283-9673

Зеніна Д. О., здобувач вищої освіти
Університету митної справи та фінансів
ORCID: 0009-0001-1907-2886

УПРАВЛІННЯ СТАЛИМ ЕКОНОМІЧНИМ РОЗВИТКОМ ПІДПРИЄМСТВ ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОЇ СФЕРИ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ПОТОЧНИХ ВИТРАТ

У статті розкриваються підходи до аналізу поточних витрат виробництва та оцінки їх кількісного впливу на ефективність операційної діяльності підприємств готельно-ресторанної сфери, які є основою для планування та управління ресурсними потенціалами та стійким економічним розвитком суб'єктів господарювання. Основною метою цієї статті є встановлення закономірностей кількісної взаємодії показників ресурсомісткості та ефективності виробництва і визначення ступеня впливу поточних витрат на результат діяльності задля забезпечення можливості управління даними процесами і сталим економічним розвитком підприємств.

У даному дослідженні шляхом економіко-математичного моделювання побудовано моделі ефективності виробництва. На основі отриманих математичних рівнянь пояснена закономірності кількісного взаємовпливу факторів виробництва, визначено оцінювальні коефіцієнти розвитку резервів ресурсних потенціалів підприємств готельно-ресторанної сфери. За допомогою обчислених оцінювальних коефіцієнтів встановлено силу опосередкованої та прямої дії конкретного виду поточних витрат на ефективність операційної діяльності суб'єкта господарювання, частки внеску певного факторного параметру в сумарний вплив всіх факторів, можливості зростання доходу за рахунок розвитку ресурсних потенціалів. Шляхом інтерпретації отриманих в ході аналізу коефіцієнтів запропоновано математичну формулу для розрахунку резервів економічного розвитку закладів ресторанного господарства, які дозволяють встановити ступінь зростання прибутку за рахунок зміни обсягу певного ресурсу (виду поточних витрат) з урахуванням частки його внеску в інтегровану дію факторів. Розроблені моделі й коефіцієнти є підґрунтям для здійснення процесу управління сталим економічним розвитком підприємств готельно-ресторанної сфери шляхом планування результатів операційної діяльності, відсоткової зміни показників ефективності та економічного зростання суб'єктів господарювання.

Отже, на основі побудованих в ході аналізу економіко-математичних моделей ефективності виробничої діяльності закладів готельно-ресторанного господарства розраховані коефіцієнти економічного зростання і резервного розвитку, визначено диференційований та інтегрований вплив поточних витрат на загальний результат, запропоновані підходи для визначення напрямів економічного зростання та управління сталим розвитком підприємств.

Ключові слова: економіко-математичні моделі, оцінювальні коефіцієнти, аналіз, підприємство, ефективність, готельно-ресторанна сфера, поточні витрати, потенціал ресурсів, сталий економічний розвиток.

Yudina O. I., Stebliuk N. F., Mayko O. V., Zenina D. O. Management of sustainable economic development of hotel and restaurant enterprises on the base of analysis of current costs

The article describes approaches to analyzing current production costs and assessing their quantitative impact of operating activities on the efficiency of hotel and restaurant enterprises, which are the basis for planning and managing the resource potentials and sustainable economic development of business entities. The main aim of this article is to establish the trends of quantitative relationship between the indicators of resource intensity and production efficiency and to determine the influence

of current costs on the outcomes in order to ensure the possibility of managing these processes and sustainable economic development of enterprises.

The models of production efficiency, using the means of economic-mathematical modeling, are built in this study. On the basis of the obtained mathematical equations, the trends of the quantitative relationship between production factors are explained, the estimated coefficients for the development of reserves of resource potentials of enterprises in the hotel and restaurant sphere are determined. Using the calculated estimation coefficients, the strength of the indirect and direct impact of a particular type of current costs on the efficiency of the operating activities of an economic entity, the share of contribution of a certain factor parameter into the total impact of all factors, the opportunities of income increasing through the development of resource potentials are determined.

By interpreting the coefficients obtained as a result of the analysis, a mathematical formula for calculating reserves for the economic development of restaurant business establishments has been proposed, it allows to determine the level of profit growth due to changes in the amount of a certain resource (type of current costs), taking into account the share of its contribution to the integrated action of factors. The developed models and coefficients are the basis for managing the sustainable economic development of enterprises in the hotel and restaurant sector by planning the results of operating activities, percentage changes in performance indicators and economic growth of business entities.

Thus, on the basis of the economic and mathematical models of efficiency of production activities of hotel and restaurant enterprises the coefficients of economic growth and reserve development are calculated. The differentiated and integrated impact of current costs on the overall result is determined, and approaches to determining the directions of economic growth and management of sustainable development of enterprises are proposed.

Key words: economic and mathematical models, estimation coefficients, analysis, enterprise, efficiency, hotel and restaurant industry, current costs, resource potential, sustainable economic development.

Постановка проблеми. У національній парадигмі сталого розвитку України категорія «управління економічним розвитком» характеризується як системне узгодження, збалансованість складових елементів і процес розробки на цій основі стратегії сталого розвитку господарських утворень. У межах концепції дослідження сутність управління сталим розвитком розглядається як процес мобілізації внутрішніх резервів ресурсних потенціалів, раціоналізації та оптимізації структури виробництва, яка б забезпечувала економічне зростання та розвиток підприємства у мінливих та нестабільних умовах зовнішнього середовища. Отже, виникає проблема щодо визначення закономірностей та ступеня впливу витрат на економічний результат діяльності суб'єктів господарювання, виявлення резервів наявних ресурсів та можливостей їх реалізації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові підходи до дослідження процесу управління сталим розвитком підприємств висвітлювалися у працях багатьох вчених, до яких належать Андрушків Б. М. [1], Бобровська О. [2], Василенко В. О. [3], Кирич Н. Б. [4], Медвідь М. Ю. [5], Томялойц Л. [6], Харазішвілі Ю. М. [7] та інші.

У роботах Б. М. Андрушківа, Н. Б., Кирич, Л. М. Мельник відмічається, що сталий економічний розвиток забезпечується шляхом максимізації сукупного доходу за рахунок збереження сукупного капіталу, раціоналізації процесу ресурсоспоживання і впровадження нових технологій [1, 4]. М. Ю. Медвідь характеризує процес управління сталим розвитком організації як оптимізацію витрат та максимізацію результатів діяльності суб'єктів господарювання [5]. Ю. М. Харазішвілі вважає, що процес управління сталим розвитком характеризується інтегральним станом економічної системи, яка включає низку підсистем та забезпечує їх функціонування у встановленому напрямку [6]. О. В. Василенко відмічає, що процес управління сталим розвитком охоплює економічну, соціальну і екологічну складові взаємовідносин суспільства та підприємств й здійснюється на макро- і мікрорівні [3]. Л. Томялойц вказує те, що сталий розвиток соціально-економічних систем поєднує такі взаємодоповнюючі процеси, як економічне зростання та розвиток [7]. Разом з цим, залишаються не розглянутими підходи до визначення диференційованого впливу поточних витрат на рівень прибутковості підприємств, встановлення закономірностей і ступеня зростання ефективності діяльності суб'єктів господарювання за функціональними ознаками та розвитку виробничого потенціалу.

Метою статті є встановлення закономірностей кількісної взаємодії показників ресурсомісткості та ефективності виробництва і визначення ступеня впливу поточних витрат на результат діяльності забезпечення можливості управління даними процесами і сталим економічним розвитком підприємств.

Виклад основного матеріалу. Дослідження сутності сталого економічного розвитку закладів готельно-ресторанного господарства за допомогою науково-теоретичних, аналітичних, економіко-математичних та ін. методів дозволяють математично описати кількісну залежність витрат і результатів функціонування підприємств, закономірності їх взаємозв'язку, а також визначити швидкість (темпи) зростання показників ефективності та можливості впливу інтегрованих ресурсів на економічне зростання.

Взаємообумовленість бізнес-процесів і показників операційної діяльності, математична закономірність впливу поточних витрат на рівень прибутку підприємств готельно-ресторанної сфери описується за допомогою побудованого рівняння такого вигляду:

$$\hat{Y}_{II} = 0,5013 + 0,9775 * \bar{E}_M - 0,01547 * \bar{E}_{ВП} + 0,02786 * \bar{E}_{ОФ} \quad (1)$$

де \hat{Y}_{II} – рівень операційного прибутку;
 \bar{E}_M – рентабельність матеріальних витрат операційної діяльності, грн/1 грн;
 $\bar{E}_{ВП}$ – рентабельність витрат на оплату праці, грн/1 грн;
 $\bar{E}_{ОФ}$ – рентабельність витрат на амортизацію (витрат основних виробничих фондів з операційної діяльності).

Оцінка достовірності економіко-математичної моделі здійснюється шляхом розрахунку її якісних параметрів: коефіцієнту детермінації R^2 , який дорівнює 0,9, критерію Фішера (при цьому F -спостережуване дорівнює 54,9; F -критичне – 4,76) і Дарбіна-Уотсона (d -спостережуване має значення – 0,9), виправленої вибіркової дисперсії (S^2) й виправленого стандартного відхилення (S), величина яких становила – 0,00. Значення коефіцієнта детермінації свідчить про те, що дана модель на 90% характеризує функціональну залежність досліджуваних показників, а F -спостережуване підтверджує статистичну значимість цього коефіцієнта, оскільки має значення більше, ніж F -критичне. Близька до нуля величина стандартної помилки (S^2 ; S) визначає точність наведених оцінок рівняння. Статистична незалежність відхилень встановлюється на основі розподілу критичних точок критерію Дарбіна-Уотсона, за яким нижнє значення коефіцієнта автокореляції (d_H) дорівнює 0,61, верхнє (d_B) – 2,6. Таким чином, значення d -спостережуваного знаходиться у таких межах: $0,61 < 0,9 < 2,6$. Отже, автокореляція відсутня, розроблена формула є якісною і визначає кількісний вплив поточних витрат виробництва (елементів операційних витрат) на прибутковість підприємств готельно-ресторанного бізнесу Дніпропетровської області. Крім того, проведено дослідження взаємодії показників ефективності виробництва з урахуванням фактору продуктивності праці за допомогою наступної моделі:

$$\hat{Y}_{II2} = 0,5095 + 0,07026 * \bar{E}_M + 0,06458 * \bar{E}_{ВП} + 0,0296 * \bar{E}_{ОФ} - 0,00326 * \bar{E}_{ПП} \quad (2)$$

де \hat{Y}_{II2} – рівень операційного прибутку;
 \bar{E}_M – рентабельність матеріальних витрат операційної діяльності, грн./1 грн.;
 $\bar{E}_{ВП}$ – рентабельність витрат на оплату праці, грн./1 грн.;
 $\bar{E}_{ОФ}$ – рентабельність витрат на амортизацію (витрат основних виробничих фондів з операційної діяльності).
 $\bar{E}_{ПП}$ – продуктивність праці.

Адекватність побудованої моделі підтверджується розрахованими параметрами оцінки її якості, які дорівнюють: $R^2 = 0,96$; $F_{спост.} = 144$; $F_{кр} = 4,53$, тобто $F_{спост.} > F_{кр.}$; $S^2 = 0,00$; $S = 0,00$; $d_{спост.} = 0,72$, ($0,61 < 0,72 < 2,6$). Отже, рівняння (2), що в математичній формі з достовірністю 96% описує особливості взаємодії факторів виробництва та їх вплив на результативний показник ефективності діяльності суб'єктів господарювання, може застосовуватися для подальшого аналізу.

Таким чином, створені у ході аналізу економіко-математичні моделі ефективності показників виробничої діяльності підприємств готельно-ресторанної сфери, служать підґрунтям для визначення закономірностей їх кількісного взаємовпливу, а також для розрахунку відповідних оцінювальних коефіцієнтів, що надають змогу аналізувати та оцінювати резерви розвитку ресурсних потенціалів, встановлювати силу й ступень впливу досліджуваних факторів (витрат ресурсів) на підвищення ефективності функціонування та розвиток виробничого потенціалу підприємств готельно-ресторанної сфери.

Оцінювальні приватні коефіцієнти еластичності кожного факторного параметру витрат в економіко-математичній моделі характеризують відсоткову зміну рівня операційного прибутку внаслідок зміни обсягу конкретного виду витрат і розраховуються за формулою:

$$H_{Ei} = b_i \frac{\bar{E}_i}{\bar{Y}}, \quad (3)$$

де H_{Ei} – коефіцієнти еластичності i -го фактору;
 b_i – коефіцієнт i -го факторного параметру;
 \bar{E}_i – середня величина i -го факторного параметру;
 \bar{Y} – середня величина рівня прибутку.

Для визначення наявних резервів розвитку потенціалу окремого виду ресурсу, що витрачається в процесі виробництва продукції (послуг), обчислюється відповідний коефіцієнт (λ_{Ei}) шляхом множення приватного коефіцієнта еластичності (H_{Ei}) на рівень питомої ваги окремого параметра поточних витрат у їхній загальній сукупності (тобто на ступень дії фактору на результат операційної діяльності) (δ_{Ei}):

$$\lambda_{Ei} = H_{Ei} * \delta_{Ei}, \quad (4)$$

де λ_{Ei} – коефіцієнт резервів розвитку потенціалу i -го виду ресурсу;

H_{Ei} – коефіцієнти еластичності i -го фактору;

δ_{Ei} – питома вага окремого факторного параметру (виду поточних витрат) в їх загальній сукупності.

Питома вага фактору (δ_{Ei}) показує, на скільки відсотків варіабельність результативної ознаки пояснюється варіацією i -го факторного параметра (рівня рентабельності витрат певного ресурсу) економіко-математичної моделі та обчислюється шляхом ділення приватного коефіцієнту детермінації i -го фактору (d_{Ei}) на коефіцієнт детермінації (R^2) побудованого рівняння:

$$\delta_{Ei} = \frac{d_{Ei}}{R^2}, \quad (5)$$

де δ_{Ei} – коефіцієнт частки внеску i -го фактору в їх агреговану дію;

d_{Ei} – приватний коефіцієнт детермінації i -го фактору;

R^2 – коефіцієнт детермінації лінійної економіко-математичної моделі.

Складовим елементом приватного коефіцієнта детермінації (d_{Ei}) є парний коефіцієнт кореляції між результативною та i -ю факторною ознакою (r_{YE_i}), що характеризує пряму дію i -го незалежного параметру рівняння (E_i) на залежний (результативний) показник прибутку (H_{Ei}) без урахування впливу інших змінних.

Розраховані за допомогою запропонованих коефіцієнтів оцінювальні параметри взаємовпливу економічних показників побудованої економіко-математичної моделі (1) наведені в табл. 1 [9].

Таблиця 1

Оцінювальна характеристика резервів розвитку показників ефективності виробництва на підприємствах готельно-ресторанної сфери Дніпропетровської області

№ з/п	Економічні показники моделі ефективності операційної діяльності	Показники оцінки впливу факторів на результат діяльності та резерви їх розвитку				
		r_{YE_i}	d_{E_i}	δ_{E_i}	H_{E_i}	λ_{E_i}
1	Рівень ефективності матеріальних витрат	0,772	6,653	7,381	2,875	21,215
2	Рівень ефективності витрат на оплату праці	-0,462	0,039	0,0437	-0,063	0,003
3	Рівень ефективності витрат ОВФ	0,351	0,197	0,2184	0,306	0,067
4	Рівень прибутку підприємств	$\bar{Y}_i = 1,06649$				

Джерело: розроблено автором

Дослідження на підставі оцінної характеристики резервів розвитку показників ефективності виробництва на підприємствах готельно-ресторанної сфери Дніпропетровської області виявили, що найбільші резерви розвитку в забезпеченні зростання ефективності роботи підприємства, закладені у факторі рентабельності матеріальних витрат, про що свідчить приватний коефіцієнт детермінації, з величиною 6,65, другим, але значно меншим за значенням даного коефіцієнта (0,197), є показник ефективності витрат ОВФ. Крім того, розраховані коефіцієнти ступеня внеску фактору δ_{E_i} , дозволили встановити, що розвиток фактору матеріальних витрат і зростання його ефективності (при $\delta_{E_M} = 7,381$), може внести істотний внесок до збільшення прибутку підприємств готельно-ресторанних послуг.

За іншими, вказаним в таблиці 1 параметрами оцінки моделі ефективності виробництва, найбільш високі характеристики також має показник матеріальних витрат. Прямий індивідуальний і опосередкований вплив цього фактору на ефективність виробництва складає: 0,772 і 6,653, тобто $r_{YE_i} = 0,772$; $d_{E_M} = 6,653$. Другим за значенням прямого приватного впливу є коефіцієнт фактору витрат на оплату праці ($r_{YE_{BH}} = 0,462$), який на відміну від характеристики свого впливу в загальній сукупності факторів, має позитивне значення.

Підтверджують першорядність значення в забезпеченні резервів розвитку ресурсного потенціалу та стійкого економічного зростання вище вказаного фактору коефіцієнти економічного зростання (H_{E_M}) і резервів розвитку (λ_{E_M}), які показують, що зростання рівня прибутку підприємств в більшій мірі залежить від зміни рентабельності матеріальних витрат, оскільки збільшення цього економічного показника на 1%

сприяє зростанню прибутковості на 2,88%, а з урахуванням ступеня його внеску в сумарний вплив факторів – на 21,22%. Підвищення ефективності використання ОВФ на 1%, дозволить збільшити прибуток на 0,31% і 0,01% (з урахуванням частки вкладу показника в інтегровану дію факторів) [8].

У ході дослідження проведена оцінка залежності взаємовпливу сукупних факторів ефективності з урахуванням показника продуктивності праці. Модель описує характер взаємозв'язків та кількісне співвідношення показників ефективності витрат й підтверджує основний тренд розвитку підприємств готельно-ресторанної сфери Дніпропетровської області. Ця модель підкреслює, що підвищення продуктивності праці та збільшення ефективності використання ресурсів праці на 1% сприяє зростанню обсягів прибутку на 0,533% і 0,291%, відповідно, а підвищення ефективності використання матеріальних ресурсів і ОВФ на 1%, впливає на збільшення прибутковості на 0,506% та 0,487%, відповідно (табл. 2) [9].

Таблиця 2

Оцінювальна характеристика резервів розвитку показників ефективності виробництва з урахуванням фактору продуктивності праці на підприємствах готельно-ресторанної сфери Дніпропетровської області

№ з/п	Економічні пок`азники моделі ефективності операційної діяльності	Показники оцінки впливу факторів на результат діяльності та резерви їх розвитку				
		r_{YE_i}	d_{E_i}	δ_{E_i}	H_{E_i}	λ_{E_i}
1	Рівень ефективності матеріальних витрат	0,772	0,391	0,4067	0,207	0,084
2	Рівень ефективності витрат на оплату праці	-0,462	0,1342	0,1397	0,263	0,037
3	Рівень ефективності витрат ОВФ	0,531	0,171	0,1778	0,325	0,058
4	Рівень продуктивності праці	0,67	0,3573	0,3722	0,272	0,101
5	Рівень прибутку підприємств	$\bar{Y}_i = 1,06649$				

Джерело: розроблено автором

Крім того, встановлено, що найбільший прямиий і опосередкований вплив на зростання ефективності результатів діяльності також надають показники матеріальних витрат ($r_{YE_M} = 0,772$; $d_{E_M} = 0,391$) і продуктивності праці ($r_{YE_{III}} = 0,67$; $d_{E_{III}} = 0,357$). Вони ж мають більш високі значення частки внеску у сукупний вплив факторів ($\delta_{E_M} = 0,407$; $\delta_{E_{III}} = 0,372$) й коефіцієнтів, що характеризують резерви розвитку ресурсного потенціалу ($\lambda_{E_M} = 0,084$; $\lambda_{E_{III}} = 0,101$). А отримане значення коефіцієнту еластичності або економічного зростання $H_{E_{оп}}$, демонструє найбільший рівень підвищення прибутку підприємств за рахунок удосконалення основних виробничих фондів, тобто зростання ефективності витрат ОВФ на 1%, створює умови для збільшення прибутку на 0,325%.

Таким чином, встановлення ступеня кількісного диференційованого та інтегрованого впливу поточних витрат на зростання ефективності виробництва за допомогою обчислених коефіцієнтів, дозволяє планувати обсяги використовуваних ресурсів (суму певних видів поточних витрат) задля досягнення заданих результатів операційної діяльності, відсоткову зміну показників ефективності та економічного зростання суб'єктів господарювання, а, отже, управляти сталим розвитком підприємств готельно-ресторанної сфери.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі. Отриманні якісні характеристики досліджуваних процесів за допомогою запропонованих економіко-математичних моделей і коефіцієнтів свідчать про те, що вельми важливим фактором в процесі виробництва і обслуговування у сфері готельно-ресторанного бізнесу, який значною мірою впливає на результати функціонування суб'єктів господарювання, є персонал (людські ресурси). А зростання продуктивності праці, безпосередньо пов'язано з обсягом споживання матеріальних ресурсів, їх якістю та ефективністю використання. Оскільки висока якість та ефективність праці у готельно-ресторанній сфері значною мірою забезпечується наявністю розвинутої матеріально-технічної бази, сучасних засобів та предметів праці, що й підтверджується створеними економіко-математичними моделями, що описують закономірність взаємозв'язку цих процесів.

Проведений аналіз поточних витрат виробничої діяльності підприємств готельно-ресторанної сфери шляхом економіко-математичного моделювання та розрахунку на їх основі оцінювальних коефіцієнтів надає можливість управляти ресурсним потенціалом, знижувати поточні витрати і збільшувати прибуток завдяки найбільш раціонального та ефективного використання ресурсів, отже, дозволяє управляти сталим економічним розвитком суб'єктів господарювання на науковому підґрунті. Запропоновані підходи створюють умови для проведення подальших досліджень у напрямку формування моделі сталого економічного розвитку господарюючих одиниць, а також системи цільового управління цими процесами.

Список використаних джерел:

1. Андрушків Б. М., Мельник Л. М. Концептуальні положення оцінювання рівня досягнення сталого розвитку підприємства : *матер. всеукр. наук.-практ. конф.* Дн-ськ : ДГУ. 2016. С. 122 – 124.
2. Бобровська О. Сталый розвиток регіонів України: проблеми і шляхи їх розв'язання. *Публічне управління: теорія та практика* : електр. зб. наук. праць. № 1 (15). 2016. URL: [http://www.dridu.dp.ua/zbirnik/2016-01\(15\)/15.pdf](http://www.dridu.dp.ua/zbirnik/2016-01(15)/15.pdf).
3. Василенко В. О. Інновації та креативність на підприємствах як імператив стабілізації економіки : монографія. Полтава : ПУЕТ, 2014. 320 с.
4. Кирич Н. Б., Співак С. М. Індикатори сталого розвитку регіону : матер. міжнар. наук.-техн. конф. Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя. 2018. С. 91–97.
5. Медвідь М. Ю. Методологічні основи економічного регулювання регіонального розвитку: *автореф. дис. на здобуття док. екон. наук.* Чернігів, 2016. 42 с.
6. Томялойц Л. Сталый розвиток: суперечність основних підходів [Електронний ресурс]. URL: <http://ecoethics.ru/neobhodimost-v-strogoy-ohrane-krupnyih-uchastkov-evropeyskih-lesov/>
7. Харазішвілі Ю. М., Ляшенко В. І. Проблеми оцінки та інтегральні індекси сталого розвитку промисловості України з позицій економічної безпеки. *Економіка України*. 2017. № 2. С. 3–23.
8. Юдіна О. І. Моделювання сталого економічного розвитку підприємств готельно-ресторанного бізнесу на основі декомпозиційного аналізу. *Економічний простір: зб. наук. праць*. Дніпро : ПДАБА, 2022. № 181. С. 162–167.
9. Judina O. I. Оцінка резервного економічного розвитку виробничого потенціалу підприємства готельно-ресторанного господарства Дніпропетровської області. *Економічні горизонти*. № 2 (9). С. 58–68.

References:

1. Andrushkiv, B. M., Melnyk, L. M. (2016) Kontseptualni polozhennya otsinyuvannya rivnyia dosyahnennya staloho rozvytku pidpryyemstva [Conceptual provisions for assessing the level of achievement of sustainable enterprise development]. Materials of the all-Ukrainian scientific and practical conference. Dnipropetrovsk, DHU, pp. 122–124.
2. Bobrovska, O. (2016) Stalyy rozvytok rehioniv Ukrayiny: problemy i shlyakhy yikh rozvyazannya [Sustainable development of Ukrainian regions : problems and ways of solving them]. Public administration : theory and practice: an electronic collection of scientific works, No 1 (15), URL: [http://www.dridu.dp.ua/zbirnik/2016-01\(15\)/15.pdf](http://www.dridu.dp.ua/zbirnik/2016-01(15)/15.pdf).
3. Vasilenko V.O. (2014) Innovation and creativity at enterprises as an imperative for economic stabilization: monograph [Innovatsiyi ta kreatyvnist' na pidpryyemstvakh yak imperatyv stabilizatsiyi ekonomiky: monograph]. Poltava: PUET.
4. Kyrych, N.B., Spivak, S.M. (2018) Indykatory staloho rozvytku rehionu [Indicators of sustainable development in the region]. Materials of the international scientific and technical conference. Ternopil, pp. 97–100.
5. Medvid', M. Yu. (2016) Metodolohichni osnovy ekonomichnoho rehulyuvannya rehional'noho rozvytku [Methodological bases of economic regulation of regional development]. Thesis abstract for obtaining a doctor of economic sciences. Chernihiv.
6. Tomialojts, L. (2015), Stalyy rozvytok: superechnist osnovnykh pidkhodiv [Sustainable development: the contradiction basic approaches] Electronic resource, URL: <http://ecoethics.ru/neobhodimost-v-strogoy-ohrane-krupnyih-uchastkov-evropeyskih-lesov/>
7. Kharazishvili, Yu. M., Lyashenko, V. I. (2017) Problemy otsinky ta intehralni indeksy staloho rozvytku promyslovosti Ukrayiny z pozytsiy ekonomichnoyi bezpeky [Problems of assessment and integral indices of sustainable development of the industry of Ukraine from the standpoint of economic secure]. Ukraine economy, No 2, pp. 3–23.
8. Yudina O.I. (2022) Modelyuvannya stalogo ekonomichnogo rozvytku pidpryyemstv gotelno-restorannogo biznesu na osnovi dekompozitsijnogo analizu [Modeling of sustainable economic development of hotel and restaurant business enterprises based on decomposition analysis]. Economic space: coll. of science works Dnipro : PDABA, 2022. No. 181, pp. 162–167.
9. Judina O. I. (2019) Evaluation of the reserve economic development of the production potential of the enterprise of the hotel and restaurant industry of the Dnipropetrovsk region [Otsinka rezervnoho ekonomichnoho rozvytku vyrobnychoho potentsialu pidpryyemstva hotel'no-restorannoho hospodarstva Dnipropetrovskoyi oblasti] Economic horizons, No 2(9), pp. 58–68.

ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

UDC 629.3.014.7+629.3.022.4

DOI <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.1-65.20>

Petrov L. M., Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor, Teacher
Odesa Military Academy
ORCID: 0000-0001-5709-9986

Kishianus I. V., Senior Lecturer
Odesa Military Academy
ORCID: 0000-0001-7838-5607

Petryk Yu. M., Senior Lecturer
Odesa Military Academy
ORCID: 0000-0003-4589-4282

Nikishyn V. A., Teacher
Odesa Military Academy
ORCID: 0000-0003-2737-403X

Sheluhin S. V., Candidate of Technical Sciences,
Senior Research Fellow, Associate Professor
Odesa Military Academy
ORCID: 0000-0003-4417-4283

STRUCTURAL IMPROVEMENT OF THE WHEEL DRIVE OF A MILITARY VEHICLE

The movement of the car is carried out due to the loading of the wheel driver by forces: gravitational force and tangential force of traction, which sometimes leads to a delay in the movement of the rotation of the tire during its deformation, as well as to the incomplete realization of the power created by the engine and which is transmitted to the wheel driver. The article examines the questions and presents elements of the theory of a military vehicle with a structural improvement of the wheel drive of a military vehicle, as well as theorems on the change in kinetic energy of such a wheel drive.

The technological diagram of the developed and improved design of the wheel drive allows the process of transferring the motion of the car to be carried out at the expense of the kinematically connected with it movable additional wheel, the transformation of the energy supplied to the wheel drive into the controlled relative to the center of its hub and with the addition of the traction force of the car with the transfer force, which is an auxiliary factor to the innovative technology of its movement.

The scientific and practical direction of the work consists in the fact that for the first time the technology is considered in which the law of change of mechanical energy is applied during the rotation of the wheel drive on the road by using the wheel drive with an additional wheel kinematically connected to it.

The research methodology was to establish a mathematical relationship between the speed of the cyclic movement of the additional wheel, which is associated with the center of the car wheel hub, and this allows to increase the dynamic mobility of the car directly.

The result of the study is the development of elements of the theory of a military vehicle with a new design of a wheel drive with an additional wheel kinematically connected to it, which allows to increase the dynamic mobility of the vehicle directly.

The value of the conducted research, the results of the conducted work will allow to make a contribution to the automotive industry.

The proposed model of a car with a new design of a wheel drive with an additional wheel kinematically associated with it is suitable for use in order to effectively implement engine power and convert it into traction force on the wheel.

Key words: physical-mathematical model, force, wheel drive with an additional wheel kinematically associated with it, wheel, gravitational and tangential force, moment of inertia, kinetic energy.

Петров Л. М., Кішянус І. В., Петрик Ю. М., Нікішин В. А., Шелухін С. В. Конструкційне удосконалення колісного рушія військового автомобіля

Рух автомобіля здійснюється завдяки навантаженню колісного рушія силами: гравітаційною силою та дотичною силою тяги, що іноді приводить до затримки руху обертання шини при її деформації, а також не повною реалізації

© L. M. Petrov, I. V. Kishianus, Yu. M. Petryk, V. A. Nikishyn, S. V. Sheluhin, 2023

потужності, яку створює двигун і яка передається на колісний рушій. В статті розглянуті питання та приведені елементи теорії військового автомобіля з конструкційним удосконаленням колісного рушія військового автомобіля, а також теореми про зміну кінетичної енергії такого колісного рушія.

Технологічна схема розробленої удосконаленої конструкції колісного рушія дозволяє процес передачі руху автомобілю здійснювати за рахунок кінематично-пов'язаного з ним рухливого додаткового колеса, перетворення енергії підведеної до колісного рушія в керований відносно осередком його маточини та зі складанням тягового зусилля автомобіля з переносною силою, яка є допоміжним фактором до інноваційної технології його переміщення.

Науковий та практичний напрям роботи полягає в тому, що вперше розглянута технологія в якій при обертанні колісного рушія по дорозі застосовано закон зміни механічної енергії шляхом застосування колісного рушія з кінематично-пов'язаним з ним додатковим колесом.

Методологією дослідження являлося встановити математичний зв'язок між швидкістю циклічного переміщення додаткового колеса, яку пов'язано з осередком маточини автомобільного колеса, а це дозволяє підвищити динамічну рухливість безпосередньо автомобіля.

Результатом дослідження є розробка елементів теорії військового автомобіля з новою конструкцією колісного рушія з кінематично-пов'язаним з ним додатковим колесом що дозволяє підвищити динамічну рухливість безпосередньо автомобіля.

Цінність проведеного дослідження, результати проведеної роботи дозволять зробити внесок в галузь автомобільного виробництва.

Запропонована модель автомобіля з новою конструкцією колісного рушія з кінематично-пов'язаним з ним додатковим колесом придатна для використання з метою ефективної реалізації потужності двигуна з перетворенням її в тягове зусилля на колесі.

Ключові слова: фізико-математична модель, сила, колісний рушій з кінематично-пов'язаним з ним додатковим колесом, колесо, гравітаційна та дотична сила, момент інерції, кінетична енергія.

Formulation of the problem. The kinetic energy of the car's gradual movement can be an indicator of its energy level. When the technical condition of the car deteriorates, greater (than for a technically sound condition) engine energy consumption is required to maintain the given level of kinetic energy of the gradual movement of the car. At a fixed speed, the car's speed fluctuates relative to its average value. Fluctuations and levels of kinetic energy resulting in additional engine energy consumption.

Highlighting previously unresolved parts of the overall problem. The level of kinetic energy of the car's gradual movement can be an indicator of the car's energy load. Previously conducted studies between kinetic energy and additional energy consumption during car movement show the existence of a relationship between them.

Setting objectives. It is necessary to solve the problem of choosing and substantiating indicators that affect the implementation of energy indicators of the technical capabilities of the car.

Presentation of the main research material

We consider a system with the design of a wheel drive with an additional wheel kinematically connected to it, as a system with two degrees of freedom, (fig. 1).

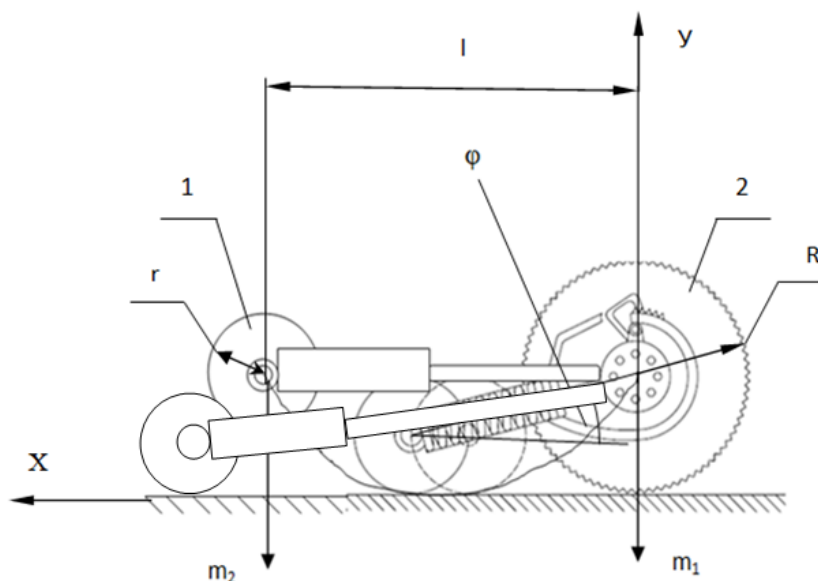


Fig. 1. A system with a wheel drive design with an additional wheel kinematically connected to it:
1 – an additional wheel, 2 – a wheel drive

Coordinate axes are tied directly to the wheel drive with an additional wheel kinematically connected to it. We choose the abscissa as the generalized coordinates

X of point C and the angle φ of deviation of point K , which is located on the flexible element, from its initial state. In accordance with this, two Lagrange equations are formed for a system of a wheel drive with an additional wheel kinematically connected to it [3, p. 99–103].

Bridge beam attachment of a wheel drive with a kinematically associated additional wheel to a military vehicle is shown in (fig. 2). [2, p. 25].

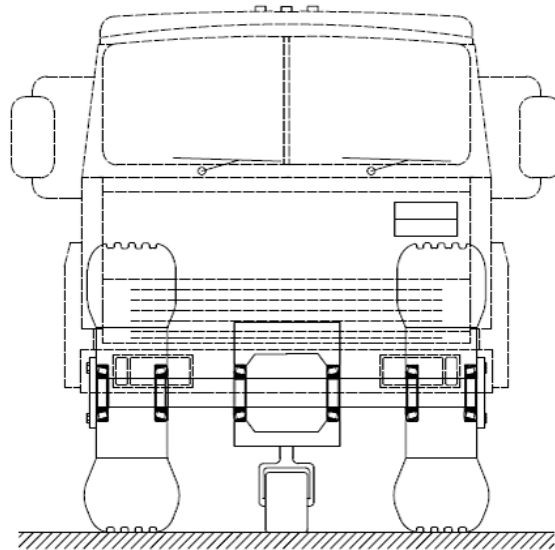


Fig. 2. General view of a military vehicle with an additional wheel kinematically associated with it

The attachment to the wheel hub by the kinematically-related additional wheel wheel to the military vehicle is shown in (fig. 3).

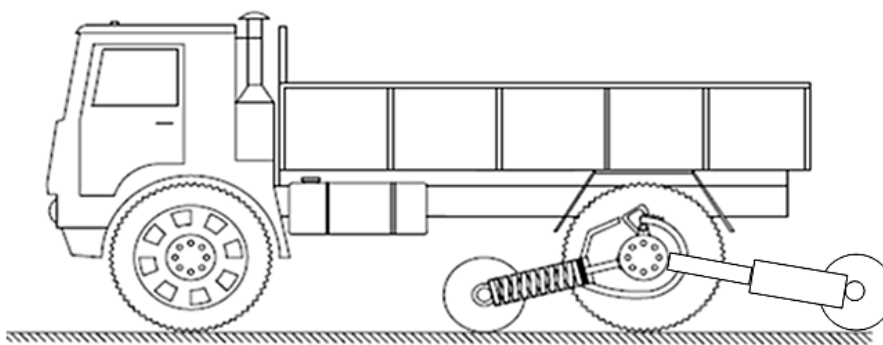


Fig. 3. A military vehicle with an additional wheel kinematically associated with it

In figure 4 shown separately by a kinematically-related additional wheel drive, which has a mechanical connection with the beam of the driving bridge.

To solve the problem of the movement of a military vehicle with an additional wheel kinematically associated with it, consider the physical and mathematical model of this vehicle in (Fig. 5), which is closely related to the system with an additional wheel kinematically associated with it, (Fig. 1).

A system with two degrees of freedom is considered. As generalized coordinates, we will choose the abscissa x of the point C of the wheel drive and the angle φ of the deviation of the SC rod from the vertical position.

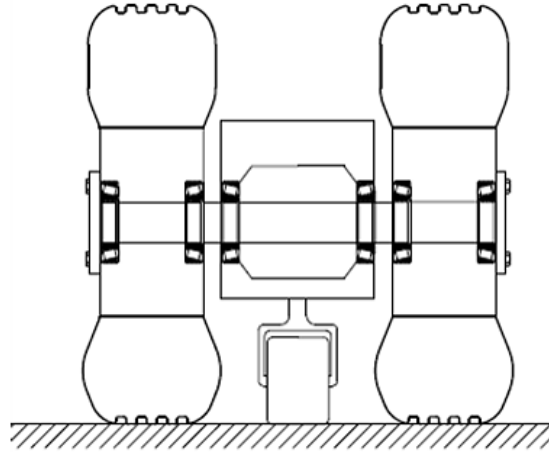


Fig. 4. A separately by a kinematically-related additional wheel wheel drive, which has a mechanical connection with the beam of the driving bridge

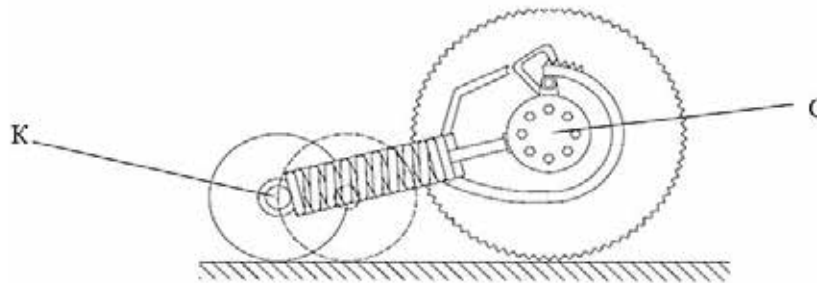


Fig. 5. A physical model of a kinematically linked wheel drive.

For the selected system, we will add two Lagrange equations:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}} \right) - \frac{\partial T}{\partial x} = Q_x \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi} = Q_\varphi \quad (2)$$

We denote the total mass of the wheels of wheeled vehicle 1 by m_1 , and the mass of wheel 2 with a center at point K by m_2 ,

Let's find the kinetic energy T of the formed system:

- kinetic energy T_1 of the wheels of the wheel drive 1;
- kinetic energy T_2 of wheel 2;

$$T_1 = \frac{m_1 V_C^2}{2} + I_C \frac{\omega_1^2}{2} \quad (3)$$

$$T_2 = \frac{m_2 V_K^2}{2} + I_K \frac{\omega_2^2}{2} \quad (4)$$

where

V_C and V_K speeds of points C and K ;

ω_1 – angular speed of the wheels of the wheel drive 1;

ω_2 – angular speed of wheel 2;

I_C is the moment of inertia of the wheels of wheel drive 1 relative to the axis of rotation that passes through point C ;

I_K is the moment of inertia of wheel 2 relative to the axis of rotation that passes through point K .

So,

$$T = T_1 + T_2 = \frac{m_1 v_k^2}{2} + \frac{y_c \omega_1^2}{2} + \frac{m_2 v_k^2}{2} + \frac{y_k \omega_2^2}{2} \quad (5)$$

We mean

$$v_c = \dot{x}; \quad v_k = \dot{x}; \quad Y_c = \frac{m_1 R_2}{2}; \quad Y_k = \frac{m_2 r^2}{2}; \quad (6)$$

$$\omega_1 = \frac{v_c}{R} = \frac{\dot{x}}{R}; \quad \omega_2 = \frac{v_k}{r} = \frac{\dot{x}}{r}; \quad (7)$$

R is the radius of the wheels of wheeled vehicle 1;

r is the radius of wheel 2.

Let's represent the speed of point K through generalized coordinates

To determine the speed of movement of point K, we determine its Cartesian coordinates X_K and Y_K through the selected generalized coordinates:

$$X_K = X + L \sin \varphi \quad (8)$$

$$Y_K = L \cdot L \cos \varphi \quad (9)$$

The derivative of these formulas

$$\dot{X}_K = \dot{x} + l \cos \varphi \dot{\varphi}; \quad \dot{Y}_K = -l \sin \varphi \dot{\varphi}. \quad (10)$$

So,

$$\begin{aligned} V_K^2 = X_K^2 + Y_K^2 &= (\dot{x} + l \cos \varphi \cdot \dot{\varphi})^2 + l^2 \sin^2 \varphi \cdot \dot{\varphi}^2 = x^2 + 2\dot{x} \cdot l \cos \varphi + l^2 \cdot \cos^2 \varphi \cdot \dot{\varphi}^2 + l^2 \sin^2 \varphi \cdot \dot{\varphi}^2 = \\ &= x^2 + 2x \cdot l \cos \varphi \cdot \dot{\varphi} + l^2 \cdot \dot{\varphi}^2 (\cos^2 \varphi + \sin^2 \varphi) = \dot{x}^2 + l^2 \cdot \dot{\varphi}^2 + 2\dot{x} \cdot l \cdot \cos \varphi \cdot \dot{\varphi} \end{aligned} \quad (11)$$

Let's substitute the expressions of the components included in the equation for kinetic energy [2, p. 196].

$$\begin{aligned} T &= \frac{m_1 x^2}{2} + \frac{1}{2} m_1 R^2 \cdot \frac{x^2}{2R^2} \cdot \frac{m_2}{2} (\dot{x}^2 + l^2 \cdot \dot{\varphi}^2 + 2\dot{x} \cdot l \cos \varphi \cdot \dot{\varphi}) + \frac{1}{2} m_2 r^2 \frac{x^2}{2r^2} = \\ &= \frac{1}{2} \left[\left(\frac{3}{2} m_1 + \frac{3}{2} m_2 \right) \dot{x}^2 + m_2 l (l \dot{\varphi}^2 + 2\dot{x} \dot{\varphi} \cos \varphi) \right] \end{aligned} \quad (12)$$

Let's calculate the generalized force, the time derivative of the kinetic energy:

For the generalized coordinate x :

$$\begin{aligned} x_0 &= 0; \quad \dot{x}_0 = 0; \\ \varphi_0 &= 0; \quad \dot{\varphi}_0 = 0. \end{aligned} \quad (13)$$

For the generalized coordinate φ :

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} = m_2 l (l \dot{\varphi} + \dot{x} \cos \varphi); \quad (14)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \right) = m_2 l (l \ddot{\varphi} + \ddot{x} \cos \varphi - \dot{x} \sin \varphi); \quad (15)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi} = m_2 l \dot{x} \varphi \cdot \sin \varphi \quad (16)$$

The generalized forces Q_x and Q_φ , with respect to the generalized coordinates, are found using the following formulas:

- forces P_1X and P_2X are perpendicular to all, and therefore $P_1X = P_2X = 0$.
 - forces P_1 and P_2 are parallel to the y axis, and therefore P_{1y} and P_1 ; P_{2y} and P_2 .
- Coordinates $Y_c = 0$, since the force P_1 is applied at point C.

Coordinates: $Y_k = 1 \cdot \cos \varphi$.

Then the generalized forces Q_x and Q_φ will be tied to the formulas:

$$Q_x = P_1 \frac{\partial Y_c}{\partial x} + P_2 \frac{\partial Y_k}{\partial x} = 0. \quad (17)$$

$$Q_\varphi = P_1 \frac{\partial Y_c}{\partial \varphi} + P_2 \frac{\partial Y_k}{\partial \varphi} = -P_2' \sin \varphi = -m_2 g l \sin \varphi \quad (18)$$

At the same time, taking into account that the wheel drive of a car with a movable wheel relative to the cell K is under the influence of weight forces P_1 and P_2 , which exist as a force function for the car, then the force function for these forces will be written in the form:

$$L = P_1 Y_c + P_2 Y_k = P_2 L \cos \varphi \quad (19)$$

so,

$$Q_x = \frac{\partial L}{\partial x}; \quad Q_\varphi = \frac{\partial L}{\partial \varphi} = -P_2' \sin \varphi = -m_2 g l \sin \varphi. \quad (20)$$

Lagrange's equations take the form:

$$\left(\frac{3}{2} m_1 + \frac{3}{2} m_2 \right) \ddot{x} + m_2' (\varphi \cos \varphi - \dot{\varphi}^2 \sin \varphi) = 0 \quad (21)$$

$$l\varphi + \dot{x} \cos \varphi \cdot g \sin \varphi = 0. \quad (22)$$

We will take into account that the cell K of the moving wheel deviates from the cell t. C of the wheel drive of the car, and therefore Lagrange's equations take the form:

$$\left(\frac{3}{2} m_1 + \frac{3}{2} m_2 \right) \ddot{x} + m_2' \varphi = 0, \quad (23)$$

$$x + l\varphi + g\varphi = 0. \quad (24)$$

From the first equation, we select the generalized coordinate:

$$X = -\frac{m_2'}{\frac{3}{2} m_1 + \frac{3}{2} m_2} \cdot \varphi \quad (25)$$

Having integrated this equation, we get

$$X = -\frac{m_2'}{\frac{3}{2} m_1 + \frac{3}{2} m_2} \varphi + C_1 \quad (26)$$

The second integration makes this equation look like this;

$$X = -\frac{m_2'}{\frac{3}{2} m_1 + \frac{3}{2} m_2} \varphi + C_1 t + C_2 \quad (27)$$

The function of the generalized coordinate φ is the most decisive in creating (giving) dynamism and power to the wheel drive. To determine this function from Eqs into formula (24) and formula (25):

$$\frac{\frac{m_2 l}{3}}{\frac{3}{2}m_1 + \frac{3}{2}m_2} \varphi + l g + g \varphi = 0. \quad (28)$$

or

$$\frac{3}{2}m_1 l \varphi + \left(\frac{3}{2}m_1 + \frac{3}{2}m_2 \right) g \varphi = 0 \quad (29)$$

finally:

$$\varphi + \left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right) \frac{g}{l} \varphi = 0. \quad (30)$$

let's enter the notation:

$$\left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right) \frac{g}{l} = n^2 \quad (31)$$

Then the equation into formula (30) takes the form

$$\ddot{\varphi} + n^2 \varphi = 0. \quad (32)$$

The general solution of this equation will have the form:

$$\varphi = C_3 \cos nt + C_4 \sin nt \quad (33)$$

Derivative 3 of this equation has the form:

$$X = C_1' + C_2 - \frac{\frac{m_2 l}{3}}{\frac{3}{2}m_1 + \frac{3}{2}m_2} (C_3 \cos nt + C_4 \sin nt) \quad (34)$$

The obtained equations, which are tied to the generalized coordinates x and φ from time t , determine the dynamics of the car wheel and the force on the wheel drive of the car.

Let's define the free constants: C_1, C_2, C_3, C_4 at $t=0$, we have:

$$X_0 = -\frac{\frac{m_2 l}{3}}{\frac{3}{2}m_1 + \frac{3}{2}m_2} \varphi_0 + C_1; \quad (35)$$

$$\dot{X}_0 = \frac{\frac{m_2 l}{3}}{\frac{3}{2}m_1 + \frac{3}{2}m_2} \dot{\varphi}_0 + C_1; \quad (36)$$

let:

$$x_0 = 0; \quad \dot{x}_0 = 0, \text{ but } \varphi = 0; \quad \dot{\varphi}_0 = 0. \quad (37)$$

then

$$C_1=0; \quad n = \sqrt{\left(1 + \frac{m_2}{m_1} \right) \frac{g}{l}} = \sqrt{\left(1 + \frac{P_2}{P_1} \right) \frac{g}{l}}; \quad C_3 = \varphi_0; \quad C_4 = 0 \quad (38)$$

Therefore, the final equation takes the form:

$$\varphi = \varphi_0 \cos nt$$

$$X = \frac{m_2^l \varphi_0}{\frac{3}{2}m_1 + \frac{3}{2}m_2} (1 - \cos nt) \quad (39)$$

where

$$n = \sqrt{\left(1 + \frac{m_2}{m_1}\right) \frac{g}{l}} = \sqrt{\left(1 + \frac{P_2}{P_1}\right) \frac{g}{l}} \quad (40)$$

Conclusions:

1. The proposed scientific and methodological approach allows to increase the level of technical use of the energy indicators of the wheel drive of the car.

2. The scheme of the kinematically connected wheel drive is developed wheel drive allows to increase the efficiency of using the power of the car engine to overcome the forces of external resistance to its movement, and thus, with the help of the generated kinetic energy of gradual movement, it is possible to determine the rational speed of the car, at which the task of the work process is more efficiently performed.

3. The maximum value of the efficiency of using of the kinematically connected wheel drive is developed wheel drive can be normalized when diagnosing a car based on energy indicators.

Bibliography:

1. Гащук П. Теорія колісного рушія : навчальний посібник. Київ : Кондор. 2018. 328 с.
2. Ганзюк М. О. Аналіз конструкцій та розрахунок автомобілів : конспект лекцій для студентів спеціальності 7.090258 «Автомобілі та автомобільне господарство» денної та заочної форм навчання) Луцький національний технічний університет. Луцьк, Україна. 2011. 249 с.
3. Кубіч В. І. Особливості конструкції . всюдихідних комбінованих колісних рушіїв : навчальний посібник. Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка. 2020. 195 с.

References:

1. Hashchuk, P. (2018) Teoriia kolisnoho rushiia [Wheel drive theory]: navchalnyi posibnyk, Kyiv: Kondor. 2018. 328 p.
2. Hanzhuk, M. O. 2011) Analiz konstruktsii ta rozrakhunok avtomobiliv. (konspekt lektsii dlia studentiv spetsialnosti 7.090258 "Avtomobili ta avtomobilne hospodarstvo" dennoi ta zaochnoi form navchannia) [Analysis of structures and calculation of cars. (summary of lectures for students of the specialty 7.090258 "Automobiles and automotive industry" of full-time and part-time forms of education)] Lutskiy natsionalnyi tekhnichnyi universytet. Lutsk, Ukraina. 2011. 249 p.
3. Kubich, V. I. (2020) Osoblyvosti konstruktsii vsiudykhidnykh kombinovanykh kolisnykh rushiiv [Design features. all-terrain combined wheel drives]: navchalnyi posibnyk. Zaporizhzhia: NU "Zaporizka politekhnika. 195 p.

Шановні автори!

До наукового журналу «Системи та технології» приймаються рукописи наукових праць, які ніколи раніше не публікувалися і не призначені для одночасної публікації в інших виданнях.

Просимо враховувати вимоги до статей і порядку їх подання до публікації. Матеріали, оформлені з відхиленням від зазначених нижче вимог щодо порядку подання та оформлення наукової статті, редколегія не розглядає.

Приймаються статті, написані українською, англійською мовами.

Рукопис статті повинен мати такі елементи:

1 – УДК (вирівнювання по лівому краю). Визначити код – див. <http://www.udcsummary.info/php/index.php?lang=uk>;

2 – ініціали та прізвище автора (шрифт – напівжирний), науковий ступінь і вчене звання, посада та місце роботи (повна назва структурного підрозділу), ORCID (шрифт – прямий);

Кожен наступний співавтор з нового рядка.

3 – назва наукової статті (вирівнювання по центру, шрифт – напівжирний);

4 – анотація та ключові слова українською (середній обсяг анотації – не менше 1800 друкованих знаків);

5 – ініціали, прізвище автора, назву статті та анотацію англійською мовою (2000–2500 друкованих знаків), ключові слова англійською;

6 – текст наукової статті із зазначенням наступних елементів:

Постановка проблеми.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Мета статті.

Виклад основного матеріалу.

Висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

7 – Список використаних джерел у порядку згадування або у алфавітному порядку (подається мовою оригіналу та оформлюється за міждержавним стандартом ДСТУ 8302:2015 «Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні вимоги та правила складання»).

Посилання на літературні джерела в тексті наукової статті слід надавати в квадратних дужках [1, с. 56; 7, с. 45–51].

8 – References (транслітерація) (оформлюється у романському алфавіті в стилі APA Style Reference Citations відповідно до **Міжнародного стандарту APA**).

Зазначені елементи виділяються в рукописі напівжирним шрифтом.

Постановка проблеми виконується у загальному вигляді та наголошується на її зв'язку із важливими науковими чи практичними завданнями. Під час виконання аналізу останніх досліджень і публікацій, на які спирається автор та в яких розглядається досліджувана проблема і підходи до її розв'язання, необхідно виділити невирішені частини загальної проблеми, яку досліджують у статті. Виклад основного матеріалу дослідження виконується з повним обґрунтуванням здобутих наукових результатів.

Текст статті має бути набраний в текстовому редакторі Microsoft Word. Тип файлу – текст у форматі RTF або DOC(X).

Обсяг статті – 12–20 сторінок (Основна частина). Шрифт – Times New Roman, кегель – 14, міжрядковий інтервал – 1,5, поля – усі 2 см, абзац – 1 см. Форматування абзаців за допомогою інтервалів (пробілів) чи табуляції неприпустимо. У тексті необхідно використовувати лапки лише такого зразка: « ». У тексті заборонені переноси. Нумерація сторінок не ведеться.

Рисунки, схеми, таблиці, формули слід наводити у вигляді, що дозволяє їх коригування. Кількість таблиць, формул та ілюстрацій має бути мінімальною та доречною. Рисунки і таблиці на альбомних сторінках не приймаються.

Розміри таблиць та ілюстрацій не повинні перевищувати розміри друкованої сторінки збірника. Рисунки, графіки й таблиці повинні бути пронумеровані та мати назву (допускається шрифт тексту – Times New Roman, розмір – 12 пт). Найбільш складні рисунки пропонується набирати, застосовуючи графічний редактор Microsoft Visio.

Під кожною табл. та рис. має бути зазначено джерело (Джерело: ...). Таблиці, графіки та рисунки потрібно подавати у чорно-білому кольорі. Ілюстративні матеріали потрібно розміщувати після посилання на них у тексті. Рисунки додатково подають окремим файлом Microsoft Excel. Одночасне використання таблиць і графіків для пояснення одних і тих самих положень не рекомендується.

Математичні формули мають бути ретельно перевірені та чітко надруковані. Формули пропонується набирати, застосовуючи встановлений у MS Word редактор формул MathType 4.0 (6.0) Equation, або Microsoft Equation 3.0 з наступними розмірами символів: звичайний – 14 пт, крупний індекс – 10 пт, мілкий індекс – 7 пт, крупний символ – 18 пт, мілкий символ – 12 пт. Формули необхідно виділяти одним рядком від решти тексту, центрувати, нумерувати в круглих дужках, вирівняти до правої межі тексту.

Спеціальності, за якими можуть бути подані статті

113 – Прикладна математика

122 – Комп'ютерні науки

123 – Комп'ютерна інженерія

275 – Транспортні технології (за видами)

172 – Телекомунікації та радіотехніка

255 – озброєння та військова техніка

Передрук матеріалів дозволяється лише за письмової згоди редакції.

Матеріали, що публікуються, відображають позицію автора, яка може не збігатися з поглядом редакції.

За достовірність фактів, статистичних даних та іншої інформації відповідальність несе автор.