МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
V-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ТРАНСПОРТ: НАУКА ТА ПРАКТИКА»

21-22 травня 2026 р.

Україна, Київ – Одеса

Транспорт: наука та практика: Збірник наукових праць V-ї міжнародної науково-практичної конференції, Київ – Одеса, 21-22 травня 2026 р. – м. Київ: СНУ ім. В. Даля, 2026. – 480 с.

Співголови оргкомітету конференції:

Целіщев О.Б.	д.т.н., проф., в.о. ректора, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Київ, Україна
Кириллова О.В.	д.т.н., проф., завідувач кафедри управління портовою і сервісною діяльністю на водному транспорті, Одеський національний морський університет, Одеса, Україна
Климаш А.О.	к.т.н., доц., завідувач кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Київ, Україна

У збірнику представлені наукові праці V Міжнародної науково-практичної конференції «ТРАНСПОРТ: НАУКА ТА ПРАКТИКА», яка організована та проведена спільними зусиллями кафедри залізничного, автомобільного транспорту та підйомно-транспортних машин, факультету транспорту і будівництва Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля (м. Київ) та кафедри управління портовою і сервісною діяльністю на водному транспорті Одеського національного морського університету (м. Одеса) за участю таких вітчизняних та зарубіжних установ та навчальних закладів: Українського державного університету науки і технологій, Україна, Харківського національкого автомобільно-дорожнього університету, Україна, Українського державного університету залізничного транспорту, Україна, Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського, Україна, Національного університету «Запорізька політехніка», Україна, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», Україна, Brno University of Technology, Чеська Республіка, Kielce University of Technology, Польщ, Latvijas Jūras akadēmija, Латвія, University of Žilina, Словаччина Transport company AVA Carrier LLC, Lincoln, NE, USA. Україна; Vilnius Gediminas Technical University, Литва; University of Žilina, Словаччина; Transport company AVA Carrier LLC, Lincoln, NE, USA

Електронне збірник містить результати досліджень здобувачів вищої освіти, аспірантів, викладачів та науковців за напрямами: транспортні системи, технології та логістика; транспортні засоби та безпека перевезень; транспортна інфраструктура; економіка та правове забезпечення транспорту; інформаційні технології у логістичних та транспортних системах.

Матеріали подано в авторській редакції

СЕКЦІЯ 1
ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ, ТЕХНОЛОГІЇ ТА ЛОГІСТИКА

УДК 656

Moisa A., student, Kichkina O.I PhD (Engineering), Associate Professor

Odesa National Maritime University, Ukraine

TRANSPORT SUPPORT OF ROLLING EQUIPMENT IMPORTS TO UKRAINE

Abstract. *The article examines the features of transport support for the import of wheeled equipment into Ukraine under current conditions. The market structure, key supplier countries, and the dynamics of import flows in 2022–2025 are analyzed, along with the specifics of organizing transportation using Ro-Ro technology. Key challenges and opportunities for the development of transport and technological supply schemes for wheeled equipment are identified.*

Research problem. Effective functioning of transport and technological system is an important prerequisite for development of national economy. A special role in this process is played by import of rolling equipment, which is widely used in construction, agriculture, transport, and industry. At the same time, Ukrainian market is characterized by a high dependence on imports, which necessitates improvement of transport support and delivery schemes. [1]

Complexity of study is intensified by impact of military actions, which have disrupted traditional transport routes, altered supply structures, and required adaptation to new transport and technological conditions. In this regard, analyzing current state of rolling equipment imports and identifying effective ways of transport support is highly relevant.

Market for rolling equipment in Ukraine is shaped by domestic demand and external economic factors. Main segments include transport, construction and road machinery, agricultural equipment, and specialized machinery. Largest share of

imports consists of trucks and tractor units (35–40%), agricultural machinery (25–30%), and road construction equipment (18–22%), reflecting needs of key sectors of economy.[2]

Geographical structure of imports includes countries from European Union, Asia, and North America. Leading positions are held by Germany, Poland, France, China, and South Korea. European manufacturers focus on premium segment and large infrastructure projects, while Asian suppliers dominate mass market due to more competitive pricing.

An analysis of import dynamics in 2022–2025 shows significant fluctuations. In 2022, there was a sharp decline due to blocked seaports and disrupted transport routes. In 2023, imports partially recovered through use of alternative routes, including land crossings and Danube region ports. In 2024–2025, a growth trend is observed, driven by infrastructure recovery and increased economic activity.[3]

Maritime transport plays a key role in supporting import of rolling equipment. Primary method of transportation is roll-on/roll-off (Ro-Ro) technology, which involves loading equipment onto vessels under its own power. Such shipments account for approximately 60–65% of total volume. Combined transport schemes (sea + road or rail) are also used to ensure flexibility under complex conditions.

Specifics of transporting rolling equipment depend on its transport characteristics. Equipment is classified as self-propelled, non-self-propelled, and tracked, each requiring different handling methods. Self-propelled machinery is driven onboard, while tracked equipment requires roll trailers or crane handling. Important factors include weight, dimensions, and center of gravity, all of which affect transportation safety.

Specialized vessels are used for transportation, including Ro-Ro ships, pure truck carriers (PCC, PCTC), and multipurpose vessels. Ocean-going Ro-Ro vessels are considered the most efficient, ensuring high cargo handling speed and reduced costs. [4]

Among main challenges in development of rolling equipment imports in Ukraine are the limited capacity of seaports, especially under martial law conditions, insufficient development of port infrastructure and specialized Ro-Ro terminals, difficulties in organizing multimodal transportation, instability of logistics chains, and dependence on foreign suppliers. High transport costs due to route reorientation and longer transit times also have a significant impact.

At the same time, the prospects for developing transport support for rolling equipment imports in Ukraine are substantial and multifaceted. One key direction is modernization of port infrastructure, particularly the development of specialized Ro-Ro terminals, which would increase handling efficiency and reduce transshipment costs. Restoring full operation of Black Sea ports and integrating them into international transport corridors is also crucial.

Another promising direction is development of multimodal transportation combining sea, rail, and road transport. This will enhance logistical flexibility, reduce delay risks, and ensure more stable deliveries. Development of Danube route and western transport corridors is of particular importance as alternatives to traditional maritime routes.

Additionally, implementation of digital technologies in logistics, such as transport management systems (TMS), electronic document flow, and real-time cargo tracking, is an important factor. These innovations will increase transparency, reduce costs, and optimize delivery routes.

Further opportunities arise from Ukraine’s integration into European transport system, including harmonization of transport standards, simplification of customs procedures, and expansion of international cooperation. In the long term, this will enhance the competitiveness of Ukrainian logistics and expand the rolling equipment market.

Future development of transport support for rolling equipment imports in Ukraine depends on comprehensive infrastructure modernization, implementation of innovative logistics solutions, and adaptation to current geo-economic conditions.

Conclusions. Study has shown that rolling equipment imports in Ukraine are highly dependent on external supplies and largely determined by condition of transport and technological infrastructure. Maritime transport plays a decisive role, with Ro-Ro technology being the most efficient for this type of cargo.

Further development of transport support is linked to port modernization, expansion of multimodal transport, and implementation of advanced logistics solutions. This will enhance efficiency of import operations and strengthen Ukraine's position in the international transport market.

Список джерел інформації:

1. Melnyk O.V. Logistics systems and transport management. – Kyiv: Logos, 2022.
2. Nikitenko V.O. Development of transport logistics in Ukraine under martial law // Transport Economics. – 2023. – No. 2. – pp. 45–52.
3. State Statistics Service of Ukraine. – Available at: https://stat.gov.ua (accessed: 29.04.2026).
4. Shevchenko M.P. Modern trends in maritime transport development in Ukraine // Bulletin of ONMU. – 2024. – No. 1. – pp. 78–85.

ki4kinaoi@ukr.net
mojsaanastasia97@gmail.com

УДК. 656.614.3: 656.073.1

Tykhonina I., Senior lecturer
Odessa National Maritime University

SPECIFIC FEATURES OF STOWING TIMBER CARGO ON THE VESSEL'S DECK

Abstract. *Proper stowage and securing of timber cargo on the vessel´s deck is necessary because it accounts for one-third of the vessel's cargo and is exposed to the force of the sea.*

Problem: The impact of the correct stowage and proper securing of timber cargo on the vessel's deck on transport safety and the ship's seaworthiness.

Main body of research. The complexity of transporting timber cargo based on

the fact that ⅓ of its quantity loaded is carried on deck and is exposed to getting wet, icing, wave impacts and wind loads.

Loading timber on deck is permitted provided that the holds are sufficiently loaded to ensure the vessel's proper stability. Before loading deck cargo, it is necessary to:

- check the watertightness of the hatch covers:
- remove all unnecessary objects from the deck that might obstruct the stowage of deck cargo or the flow of bilge water into the scuppers and storm ports;
- mark out with chalk all areas that must not be stowed with cargo;
- secure the ends of the lashing ropes to the deck cleats, coil them and fasten them to the outside of the vessel's side so that, after loading, they can be easily pulled back on board and used to secure the timber;
- check the condition of the bulwark and, if necessary, install stanchions.

Timber cargo must be stowed on deck in such a way as to form a compact and tightly packed load with as level a surface as possible, which must not extend beyond the vessel's beam throughout its entire length. It can be achieved by erecting stanchions along the bulwarks, set at a slight angle towards the vessel's centreline.

Before the vessel sets sail it should be taken all necessary measures to ensure that the timber cargo stowed on deck is tightly packed and secured in such a way as to prevent it from shifting both longitudinally and transversely under the influence of acceleration forces caused by rolling and pitching.

A deck load of sawn timber is secured along its entire length using independent lashing lines that wrap around it. A single lashing line consists of a flexible steel wire rope and a turnbuckle. The lashing lines are secured to deck cleats using shackles. To prevent the wire rope from breaking during tensioning, it is recommended to fit shackles with a roller or pulleys to the upper ends of the independent lashing lines.

When securing bundled timber, it is recommended that the timber be stacked and secured in such a way that each bundle is secured by at least two lashing straps. To protect the edges of sawn timber from damage, rounded corner blocks with a shelf

length of at least 30 cm should be placed under the lashing straps. These corner blocks will not only protect the cargo from damage, but will also allow the lashing straps to be tightened more securely and the deck cargo to be secured more reliably.

Tensioning cables are usually tightened using turnbuckles or a winch. However, other devices can also be used which operate on a lever principle, allowing the cable to be tensioned and secured quickly.

Regardless of the vessel's loading configuration, the deck timber cargo must be stowed along the entire length of the hold or holds situated between the bulkheads. If there is no stern superstructure, the deck cargo must extend to the stern end of the hold hatch nearest the stern. After the stanchions and tie-downs have been installed and secured, the sections of the deck between the hatch coamings and the bulwark are loaded flush with the hatch covers, leaving the areas marked with chalk free. The timber is then stowed across the entire deck area.

Across the width of the vessel, the timber is stowed from the sides towards the centre. The timber near the stanchions is arranged to form a smooth wall that protects the deck cargo from the impact of the waves. During the autumn and winter months, when transporting loose sawn timber, the boards are laid on edge against the stanchions to form a continuous shield along the ship's sides. When loading loose sawn timber onto the deck, underlays of low-grade sawn timber are laid to prevent the cargo from coming into contact with the metal deck and to ensure that any water that has come on board drains away.

If the height of the deck cargo exceeds 3.6 m, intermediate lashing points or intermediate lashings must be fitted at a height equal to three-quarters of the height of the cargo. A steel wire rope with a diameter of 19.5 mm is used as an intermediate transverse lashing; one end is secured to a cleat, bollard or other ship's structure, whilst the other free end is passed in a zigzag pattern through the opposite stanchions on the port and starboard sides and secured, taking into account that it will be covered by the layer of cargo situated above.

Conclusions: The main aspects of stowing timber cargo on the deck of a

specialised vessel are discussed. Various securing methods are outlined, depending on the type of timber cargo, in order to prevent the cargo from shifting and the vessel from listing.

tihirina19@ukr.net

УДК. 656.614.3: 656.073.1

Tykhonina I., Senior lecturer

Odessa National Maritime University

SEA CARRIAGE OF DANGEROUS CARGOES – GENERAL AND SPECIFIC TERMS

Abstract. *International and national regulations governing the transportation of dangerous goods ensure the safety of transportation in regards of human health and environmental protection.*

Problem: The transportation of dangerous cargoes by sea is a complex process, due to the wide variety of hazardous substances involved. The carrier must be provided with the correct information, and the cargoes must be identified, classified, properly packaged and labelled.

Main body of research. Dangerous cargoes to be carried by sea vessel must be identified, classified, labelled and packaged in accordance with the requirements of the JMDG Code. Identification involves determining the Proper Shipping Name (PSN), its UN number, marine pollutant status, markings on the packaging. This basic information is essential for determining what emergency measures need to be taken in the relevant situation

There are general requirements for the stowage of dangerous goods:

- dangerous goods must be kept at a suitable distance from living quarters, service spaces, machinery spaces and sources of heat;

- it is recommended that dangerous goods be stowed in such a way that they remain accessible for monitoring their condition during transportation and for emergency response.

- flammable cargo must be stowed at a distance of not less than 7.5 m from muster stations and lifesaving appliances;

- dangerous cargo must not occupy more than half the deck area of non-specialised vessels in any section;

- cargo must be protected from exposure to seawater and meteorological factors;

- cargo is stowed on deck from one side only; the other side must remain clear for crew passage.

However, there are specific stowage requirements for certain classes of dangerous goods.

Explosives (Class 1) must be stowed in a cool part of the vessel where the required temperature can be maintained during the voyage. Cargo holds must not be adjacent to accommodation or service spaces.

When stowing gas cylinders (Class 2) on deck, the stowage area must be protected from direct sunlight. When stowed below deck, the cargo hold must be provided with forced ventilation. Special precautions must be taken when transporting flammable, toxic or asphyxiating gases: they must be stored in ventilated spaces away from any sources of heat and radioactive radiation.

Class 3 Flammable Liquids must be stowed in cool places away from all sources of heat, including sparks, flames, steam pipes and heaters, and away from radiation shields. The stowage area must be effectively ventilated. Stowage below deck is always preferable to avoid marine pollution. When stowed ‘on deck only’, cargoes must be carefully covered with tarpaulins in a sheltered location, preferably on the main deck. There are restrictions on the maximum quantity when stowed in holds and on deck.

Before loading oxidising substances (Class 5.1), the cargo holds must be thoroughly prepared. Special attention must be paid to removing all combustible

materials, special measured must be taken to prevent oxidising substances from entering other cargo holds that may contain combustible materials. After loading, the cargo holds must be thoroughly cleaned and any traces of spilled oxidising substances removed. A lot of chemicals can react with one another, releasing toxic gases and heat. It is therefore important to stow cargo safely on board in order to prevent any mixing of dangerous goods and their vapours. Chapter VII of SOLAS 74 requires that chemically incompatible cargoes are be kept separate from one another. In accordance with this regulation, cargoes must be stowed in such a way as to prevent them from interacting in the event of a spill, spillage or damage to the packaging.

The degree of danger arising from potential interactions between incompatible dangerous goods may vary, and therefore the required segregation measures must also be adjusted accordingly. Such separation is achieved by maintaining specific distances between incompatible dangerous goods, or by requiring the presence of one or more steel bulkheads or decks between them, or by a combination of both. In practice, this separation of cargo is achieved by placing it in different cargo holds or compartments, as well as by positioning the cargo at a certain distance from one another.

During the voyage, designated crew members must carry out regular checks on the condition of dangerous goods. It is essential to ensure that the vessel's fire-fighting and emergency response systems and equipment remain operational throughout the voyage. All measures taken on board in preparation for the carriage of dangerous goods must be formalised in a Master's order. The temperature in each cargo hold must be measured daily (a rise in temperature is an unfavourable sign). Cargo must be stowed in such a way that it can be thrown overboard if necessary.

The results of inspections of dangerous goods shall be recorded in the vessel's logbook. All packages containing dangerous goods must be inspected after loading is complete and at least once every 24 hours. When transporting organic peroxides and self-reactive substances capable of undergoing self-accelerating decomposition, the ambient temperature in the immediate vicinity of the cargo must be checked every 4 or 6 hours. If a leak, spillage or ignition of dangerous goods is detected, measures must

be taken to deal with the emergency in accordance with the Emergency Response Procedures for Ships Carrying Dangerous Goods.

Conclusions: It has been determined the way the dangerous goods must be stowed and segregated on board the vessel, and what measures must be taken to ensure the safety of their carriage.

tihirina19@ukr.net

UDC 656.7:338.47

Yeriutin D. O., student, Klymenko V.V., PhD in Economics, Assoc. Prof.

National University "Kyiv Aviation Institute", Ukraine

TRANSFORMATION OF THE AIRLINE OPERATING MODEL IN THE CONTEXT OF THE ENERGY CRISIS AND ENVIRONMENTAL LIMITATIONS

Abstract. *The study is devoted to Lufthansa's strategy to replace unprofitable short-haul flights with rail services in the context of the fuel crisis and strict EU environmental regulations. The paper conducts a comparative analysis of economic efficiency and the environmental footprint of transportation, and also calculates the total economic effect of canceling 20,000 short-haul flights. The key risks and benefits of such a transformation are identified, and recommendations are offered for optimizing the "seamless" service and minimizing risks for passengers.*

Problems of the research. The fuel crisis caused by the military conflict in the Middle East led to a critical increase in operating costs and the need for an emergency transformation of Lufthansa's operating model, which consists in the mass cancellation of short-haul flights and their replacement with rail routes. At the same time, given the fact that European regulators are actively promoting the ban or restriction of short-haul flights in order to reduce CO2 emissions, the crisis accelerates this transition, turning the environmental initiative into a forced strategy for business survival. The problem is finding a balance between reducing operating costs and preserving the integrity of

the global route network and passenger traffic. The issue of integrating air and rail transport as a strategic tool for optimizing route networks was considered in detail in the works of M. Givony and D. Banister, who substantiated the advantages of intermodality for large European hubs [1]. The impact of aviation on the climate is described in detail in the work of DS Lee and others [2]. However, published works have not paid enough attention to the airline's transformation model in response to the simultaneous pressure of fuel prices and strict EU environmental directives.

Main research materials. The military conflict in the Middle East triggered a sharp jump in fuel prices, which by April 2026 had almost doubled (from $742 to $1,700 per ton) due to shortages and logistical disruptions in the Strait of Hormuz.

With fuel costs accounting for up to 30% of operating costs, rising prices are making short-haul flights (where fuel consumption for take-off/climb is critically high compared to the total distance) unprofitable. In this regard, Lufthansa has decided to cancel 20,000 flights by October 2026 in order to save over 40,000 tons of fuel.

At the same time, pressure has increased from European regulators. They are actively promoting bans or restrictions on short-haul flights in order to reduce CO2 emissions. Strict restrictions include the abolition of free CO2 allowances, mandatory purchase of allowances for all types of emissions, and the German distance-based air transport tax (Luftverkehrsteuer) [3].

It should be noted that Lufthansa has been tackling the problem of reducing the cost of short-haul flights since the 1980s, using the concept of intermodality. Unprofitable feeder flights were replaced by rail flights within the framework of a single transport product, Lufthansa Express Rail. Currently, Lufthansa's network of rail partners in Frankfurt has grown to 28 cities, which is twice the number of domestic airlines from this hub. Thus, the company frees up scarce slots in hubs (Frankfurt, Munich) for profitable long-haul routes [4].

The advantage of rail over air transport over short distances (up to 500 km) in the context of the 2026 crisis is analyzed in Table 1, which includes an economic

assessment, environmental profile, and risk assessment using the example of the Frankfurt-Stuttgart route, which is approximately 200 km.

The analysis shows that the economic inefficiency of short-haul aviation has become systemic in 2026, and the use of rail connections is not a deterioration in service, but a way to radically reduce environmental taxes and operating losses. At the same time, technological standards of "seamlessness" are observed: end-to-end booking (one ticket for the plane and train), synchronization of schedules, and uniform standards of carrier responsibility to the passenger.

Table 1.

Comparative analysis of the efficiency of air and rail transport

Comparison criterion	Airline (Airbus A320neo)	Rail connection (ICE train)	Justification (2026 context)
Specific fuel/energy consumption	~3.5 liters of kerosene per 100 km	100% renewable electricity	Sharp rise in gas prices makes aviation 4-5 times more expensive than electricity
CO_2 emissions (per passenger)	~70–90 кг	~1–2 кг	40+ times difference; critical for EU ETS taxes
Travel time (center to center)	~3 hours 15 minutes (including sightseeing and transfer)	~1 hour 15 minutes — 1 hour 30 minutes	The train saves up to 2 hours for a passenger on a short shoulder
Operating expenses	High (airport fees, aircraft maintenance, expensive fuel)	Low (fixed road usage rates)	Flight cancellation saves ~40 tons of scarce jet fuel
Environmental taxes/fines	High load (abolition of free quotas)	Zero or minimal	Direct financial motivation from EU regulators
Schedule flexibility	Low (bound to airport slots)	High (intervals up to 30 min)	It is easier to organize a seamless flow for transfer passengers
Risk of cancellation or delay	High (due to fuel shortages and strikes)	Medium (depends on DB infrastructure)	Railways are more resilient to the fuel crisis

The elimination of short-haul flights not only reduces costs and emissions, but also contributes to resource optimization and strategic development.

The release of narrow-body aircraft from short routes triggers a chain of "crowding out" less efficient operating schemes.

Let's calculate the total economic effect for the period until October 2026 if 20,000 short-haul flights are canceled and replaced with trains:

1. Direct savings on operating costs:

- fuel: with an average consumption of 2 tons of kerosene per short flight and a price of $1,700/t, the savings are $3,400 per flight. In total, for 20,000 flights, this equals $68 million;
- airport charges: waiving the payment for takeoff and landing cycles in congested hubs saves an average of another $1,500–2,000 per cycle.

2. Additional profit from relocation: resources (crews, slots, maintenance) are reallocated to high-profit destinations:

- replacement coefficient: conditionally 5 canceled short flights free up organizational resources for 1 new long-haul flight;
- forecasted profit: with an average margin of a long-haul flight of $45,000 (taking into account the high share of business class), adding 4,000 such flights brings in $180 million.

3. Savings on environmental quotas:

- emission reduction: 20,000 flights is approximately 120,000 tons CO_2.
- cost of quotas: at a price of €120 per ton of CO_2 in 2026, the emission reduction is converted into a direct financial benefit of $15.5 million.

Table 2 presents the indicators of the total economic effect of canceling short-haul flights and replacing them with trains.

The reallocation of resources turns operating losses (on short-term basis) into investment capital for expansion in the global market. However, when transferring part of the business to a railway partner (Deutsche Bahn), a number of threats arise related toinfrastructure dependence and customer retention.

Table 2.

Indicators of the total economic effect of canceling short-haul flights and replacing them with trains

Indicator	Economic effect, million USD
Fuel savings	68,0
Profit from new long-haul flights	180,0
Tax savings CO_2	15,5
Total strategic effect	263,5

To retain customers, technological solutions are offered, such as: a single ticket; a single check-in and baggage service at stations with automatic transportation of luggage to the plane; digital integration (I-CDM system); lounge areas and service counters at stations for Lufthansa business class passengers; accrual of bonuses for the railway part.

Conclusions: The research confirms that in the context of the global fuel crisis and EU regulatory pressure, the traditional model of a European air hub, relying on a developed network of feeder flights, has exhausted itself. The mass cancellation of short-haul flights is not a temporary anti-crisis measure, but a strategic necessity that allows Lufthansa to maintain the financial stability of the entire group. The transition to a "seamless" service model in partnership with rail operators allows for the integrity of the global route network to be preserved. The integration of aviation and ground transport minimizes the company's environmental footprint, which is critical for compliance with Fit for 55 standards and avoiding multi-million fines. The key challenge remains dependence on rail infrastructure and the risk of losing passenger loyalty at the docking stage. To neutralize these risks, recommendations are proposed for the implementation of end-to-end baggage service and real-time digital systems for schedule synchronization.

References

1. Givoni M., Banister D. Airline and railway integration. *Transport Policy*. 2006. Vol. 13, No. 5. P. 386–397.

2. The contribution of global aviation to anthropogenic climate forcing for 2000 to 2018 / D. S. Lee, D. W. Fahey, A. Skowron [et al.] // Atmospheric Environment. – 2021. – Vol. 244. – P. 117834

3. Regulation (EC) No 1008/2008 of the European Parliament and of the Council of 24 September 2008 on common rules for the operation of air services in the Community. *Official Journal of the European Union*. L 293, 31.10.2008, p. 3–20.
4. Official airline website Lufthansa. URL: https://www.lufthansa.com/

e-mail: dimlim7@gmail.com

УДК 656.2

Бандрівський П.П., аспірант, Возняк О.М., к.т.н., доц.
Національний університет «Львівська Політехніка», Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ У ПРИМІСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Анотація. *Перевезення приміським залізничним транспортом є основним способом масових переміщень пасажирів за доступною ціною. Саме приміські залізничні перевезення забезпечують зв'язок віддалених територій з великими містами, тим самим полегшують логістику та покращують мобільність населення. Вони є важливим елементом транспортної системи, що забезпечує ріст та сталий розвиток регіонів, при цьому враховують платоспроможність користувачів, що є однією з причин їхньої збитковості.*

Результати досліджень у галузі приміських пасажирських залізничних перевезень були опубліковані багатьма українськими науковцями. За останній час було визначено як переваги, так і недоліки цього виду транспорту. У роботах [1-3] проведено SWOT аналіз, що дозволяє більш глибоко зрозуміти сильні та слабкі сторони, а також можливості й загрози, що виникають у процесі функціонування. Більшість вчених зазначають, що застарілий рухомий склад, а у деяких випадках, його відсутність є основною проблемою під час організації та планування перевезень. Крім цього така проблема негативно впливає комфорт під час поїздки та погіршує відгуки пасажирів.

Методи організації та здійснення перевезень приміським транспортом на залізниці активно модернізується у європейських країнах, Китаї, США тощо. До

основних критеріїв, які визначають ефективність перевезень відносять: частота руху транспортних засобів, дотримання графіка руху, заселеність рухомого складу, комфорт під час поїздки, показники використання рухомого складу та інфраструктури, доступність транспорту та інші, що залежать від конкретних умов, специфіки роботи транспорту, цілей перевезення та вимог користувачів. Більшість із цих критеріїв залежать або тісно пов'язані з поведінкою пасажиропотоків, яка характерна для конкретної території. У статті [4] показано, що дослідження та аналіз пасажиропотоків можуть внести значні корективи до організації перевезень як на конкретній ділянці, так і у великій мережі. Завдяки збору та обробці даних про пасажиропотік авторам вдалося забезпечити запити пасажирів стосовно перевезень із використання меншої кількості транспортних засобів. Коригування розкладу руху та врахування денної нерівномірності перевезень дозволило перерозподілити частину рухомого складу на інші маршрути та не спричинило негативного соціального ефекту. Варто відзначити, що в даному випадку для дослідження пасажиропотоку було застосовано значну кількість автоматизованих систем моніторингу: камери відеоспостереження у вагонах поїзда, дані із засобів валідації проїзду та мобільних додатків, відеоаналіз місць висадки та посадки пасажирів. Налагодження система збору даних дозволяє отримувати актуальну інформацію безперервно та з високою точністю.

Як уже зазначалося, робота приміського залізничного транспорту в Україні залежна від ресурсної та інфраструктурної бази, оновлення якої вимагає значного часу та коштів [5]. В деяких випадках модернізація майже неможлива через проблеми з комплектуючими та їхньою несумісністю з тими, що наявні на ринку. Для оптимізації та підвищення рівня організації перевезень у роботі [6] рекомендовано проводити збір даних щодо заселеності поїзда, попиту на перевезення, а також інтенсивності підходу пасажирів на посадку. Важливо підкреслити, що отримання цих даних потребує спостережень у реальних умовах та ведення обліку, проте, властивості та характеристики пасажиропотоків є динамічними та часто змінюються, що потребує частої актуалізації даних, а це вже громіздкий та затратний процес.

У випадку відсутності засобів для моніторингу та фіксації пасажирів необхідно використовувати теоретичні методи та алгоритми, які можуть подати спрощену модель поведінки пасажиропотоків. Приміським перевезенням характерна велика кількість зупинок під час руху, більшість з яких припадає на зупинкові пункти, вплив на загальний пасажиропотоків яких мінімальний. У такому випадку важливо виділити ті зупинки, які мають вагому частку пасажиропотоку на маршруті. Для цього пропонується класифікувати зупинки за певними ознаками, які будуть вказувати на їхню значимість, зокрема: населення місцевості де відбувається зупинка, наявність робочих місць на прилеглих територіях, розташування закладів освіти, медичних установ та зон рекреації і відпочинку, наявність аналогічних маршрутів автомобільного транспорту тощо. Окрему уваги потрібно звернути на сезонність перевезень та інші фактори, які можуть впливати на поведінку пасажиропотоків. Наведена класифікація дозволить сформувати модель поведінки пасажирів на досліджуваному маршруті перевезень, а також можу бути гнучкою та адаптуватися до конкретних перевізних умов.

Висновки. Згідно з останніми дослідженнями, важливу роль у процесі організації приміських пасажирських перевезень залізницею відіграє поведінка пасажиропотоків. Постійний моніторинг та аналіз пасажиропотоків є досить складним та затратним процес, що вимагає координації зусиль між обчислювальними системами, структурами та підрозділами залізниці та іншими засобами. Використання класифікації зупинок за їхньою значимістю та врахування сезонних та соціально-економічних факторів дозволить створити адекватні моделі поведінки пасажиропотоків, що сприятиме оптимізації організації приміських перевезень. Такий підхід не потребує великих капіталовкладень, але при цьому є досить гнучким і адаптивним, що дозволяє моделювати сценарії поведінки пасажирів.

Список використаної літератури

1. Ведмідь І. С. Дослідження сильних та слабких сторін, загроз та можливостей вантажних перевезень залізничного транспорту при застосуванні матриці swot-аналізу. Вісник економіки транспорту і промисловості. 2015. № 49.

2. Семенцова О. В. Застосування SWOT-аналізу в системі управління конкурентоспроможністю залізниць на ринку послуг з перевезень пасажирів / О. В. Семенцова, Ю. О. Крихтіна // Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія : Економіка і менеджмент. - 2018. - Вип. 31. - С. 53-57. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvmgu_eim_2018_31_13

3. Кара І. А. Формування ефективного механізму управління пасажирськими перевезеннями у приміському сполученні. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2022. № 1. С. 21–27. URL: https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2022.1.2.

4. Warg J., Ait-Ali A., Eliasson J. Assessment of Commuter Train Timetables Including Transfers. Transportation Research Procedia. 2019. Vol. 37. P. 11–18. URL: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.160.

5. Ломотько, Д. В., Красноштан, О. М., Кава, О. С. (2023). Шляхи відновлення логістики приміських пасажирських залізничних перевезень на неелектрифікованих ділянках залізниці. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті, 27(4), 41–47. https://doi.org/10.18664/ikszt.v27i4.271466.

6. Дослідження закономірностей пасажиропотоків у залізничному приміському сполученні / Т. М. Грушевська // Наука та прогрес трансп. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. - 2014. - № 5. - С. 39-47.

УДК 656

Бондаренко А.А., студентка, Кічкіна О.І., к. т. н., доцент

Одеський національний морський університет, Україна

ВПЛИВ КОЛИВАНЬ ЦІН НА ПАЛИВО НА ЕФЕКТИВНІСТЬ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Анотація. *У роботі досліджено вплив коливань цін на бункерне паливо на функціонування системи міжнародних морських перевезень. Проаналізовано, як зміни вартості пального впливають на фрахтові ставки, маршрутизацію суден та прибутковість судноплавних компаній в умовах сучасної геополітичної та енергетичної нестабільності.*

Визначено ключові ринкові механізми адаптації, зокрема використання паливних надбавок та контрактних форм закупівлі палива.

Проблематика дослідження полягає у визначенні впливу коливань цін на паливо на функціонування системи міжнародних перевезень, оскільки зростання вартості пального безпосередньо впливає на собівартість транспортування, тарифну політику перевізників, вибір маршрутів доставки та ефективність логістичних ланцюгів. У сучасних умовах нестабільної геополітичної ситуації, змін на світовому енергетичному ринку та порушення міжнародних транспортних коридорів питання оптимізації транспортних витрат набуває особливої актуальності.

Основні матеріали дослідження. Світова економіка значною мірою залежить від взаємодії енергетичних ринків і морського транспорту, що впливає на стабільність торгівлі, вартість фрахту та безпеку енергопостачання. Коливання цін на нафту визначають не лише стан енергетичного сектору, а й розвиток морських перевезень. Важливим індикатором ефективності світової торгівлі є судноплавні індекси, які відображають рівень фрахтових ставок і обсяги перевезень. [2]

Світовий флот вантажних, комерційних і військових суден щорічно споживає значні обсяги бункерного пального, близько 80 % якого припадає на важке паливо. Ціни на бункерне паливо постійно змінюються під впливом ринкових факторів і вартості сирої нафти. Ринок бункерування є надзвичайно чутливим до цін, тому судноплавні компанії часто обирають порти для бункерування залежно від вартості пального, податкової політики та фіскальних умов у різних країнах і регіонах [4].

2026 рік стає одним із найбільш нестабільних років для цін на бункерне паливо за останнє десятиліття. Поєднання напруженості в районі Ормузької протоки, повного впровадження системи EU ETS та тривалих обмежень у роботі нафтопереробних заводів призвело до зростання цін на низькосірчисте паливо VLSFO понад 800 дол./т у ключових азійських бункерних хабах, а також спричинило безпрецедентну різницю цін між регіонами. Станом на кінець квітня

2026 року ціни на VLSFO коливаються приблизно від 770 $/т у Роттердамі до понад 850 $/т у Фуджейрі (рисунок 1.2). Ціни на MGO є значно вищими: у Фуджейрі вони перевищують 1 500 $/т, а в Сінгапурі становлять приблизно 1 290 $/т. [3] Різниця між VLSFO та HSFO («скруберний спред») знову зросла, що робить судна, обладнані скруберами, дедалі більш економічно вигідними на далеких маршрутах.

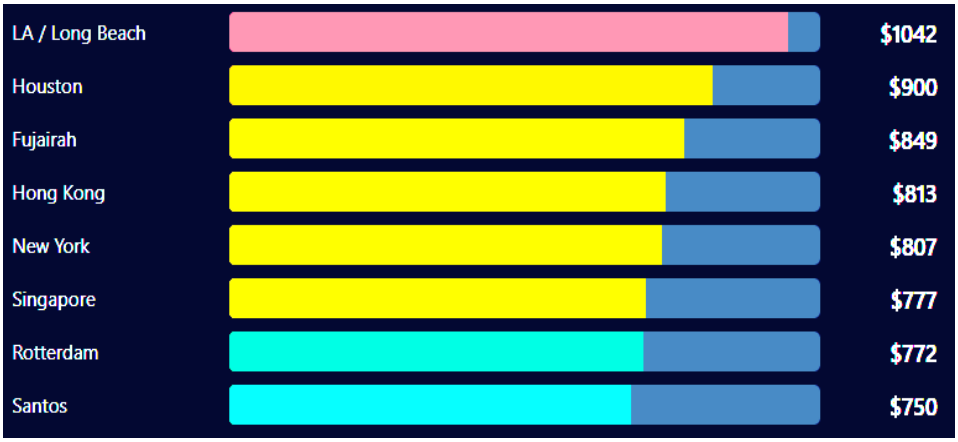


Рисунок 1.2 – Ціни на VLSFO у головних хабах — квітень 2026 (дол./т)

Джерело: Ship & Bunker [3]

Оскільки приблизно 20% світової нафти за нормальних умов проходить через Ормузьку протоку, будь-яке тривале порушення роботи цього маршруту відображається на всіх похідних продуктах — включно з судновим паливом. Фуджейра, яка традиційно є головним бункерним хабом Близького Сходу, останнім часом зіткнулася з перебоями постачання. Судна, що раніше планували заходи у Фуджейру як стандартну зупинку на маршрутах Азія–Європа, тепер змушені розробляти альтернативні плани — і ці резервні зупинки в Сінгапурі або Коломбо збільшують як час у дорозі, так і витрати.

Криза також спричинила структурний зсув у схемах закупівлі бункерного палива. Більше операторів почали заздалегідь закуповувати паливо або фіксувати постачання за контрактами замість покладання на спотовий ринок, що, у свою чергу, зменшує ліквідність споту та посилює цінові стрибки під час різкого зростання попиту.

Особливість 2026 року порівняно з попередніми періодами високої волатильності полягає в тому, що ціни не лише високі — вони ще й

непередбачувані між різними регіонами. Судно, яке бункерується в Х'юстоні, платить близько 900 $/т за VLSFO, тоді як той самий продукт у Роттердамі коштує 770 $/т. Різниця в 130 $/т для партії в 2 000 тонн означає додаткові витрати у розмірі 260 000 $ [1].

Зростання ціни на бункерне паливо підвищує рівень витрат. На танкерному ринку багато суден працюють за тайм-чартером, де витрати на паливо покриває фрахтувальник. Танкерні судна, що працюють за рейсовим чартером, все ще несуть значний ризик коливання цін на паливо. Чи вдасться компенсувати ці зростаючі витрати через підвищення фрахтових ставок, залежить від ринкової кон'юнктури на момент перевезення.

Деякі експерти зазначають, що сукупний ризик цін на бункерне паливо для танкерного флоту є вищим, ніж у лінійних перевезеннях, через те, що судна зазвичай більші (тобто споживають більше палива на ту саму відстань) і старіші (тобто менш енергоефективні), а також їх кількість є більшою.

Для лінійних судноплавних перевезень, особливо контейнерних, суднове паливо становить значну статтю витрат. Судновласники використовують паливні надбавки, щоб відшкодувати частину зрослих витрат, намагаючись перекласти їх на клієнта через змінні збори. Зростання ціни на бункерне паливо, особливо в короткостроковій перспективі, лише частково компенсується надбавками до фрахтових ставок через так званий Bunker Adjustment Factor (BAF), і тому це негативно впливає на прибутковість [3].

Висновок. Таким чином визначено, що коливання цін на бункерне паливо є одним із ключових системних факторів, які визначають ефективність і стабільність функціонування міжнародних транспортних перевезень. Вартість пального безпосередньо формує собівартість морських перевезень і, відповідно, впливає на рівень фрахтових ставок, конкурентоспроможність маршрутів та структуру логістичних ланцюгів. Важливим наслідком є також зміна поведінки учасників ринку: зростає частка довгострокових контрактів і попередніх закупівель палива, що зменшує ліквідність спотового ринку та підсилює цінову нестабільність. Одночасно зростання вартості палива лише частково

компенсується через механізми коригування фрахту (BAF та паливні надбавки), що призводить до зниження прибутковості судноплавних компаній.

Список джерел інформації:

1. Bunker Fuel Prices 2026: What's Driving the Volatility. Fairway ETA – Ship Voyage Planning, Bunker Prices & Maritime Intelligence. URL: https://www.fairwayeta.com/insights/bunker-fuel-prices-2026-volatility?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 08.05.2026).

2. Kocaman B. E. The Impact of Fluctuations in Global Energy Prices on Maritime Transportation: A Frequency-Based Approach. 2026.

3. Global Average Bunker Price Bunker Prices. *Ship & Bunker*. URL: https://shipandbunker.com/prices/av/global/av-glb-global-average-bunker-price (дата звернення: 08.05.2026).

4. Notteboom T. E., Vernimmen B. The effect of high fuel costs on liner service configuration in container shipping. *Journal of Transport Geography*. 2009. Т. 17, № 5. С. 325–337. URL: https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.05.003 (дата звернення: 08.05.2026).

ki4kinaoi@ukr.net
bondastia.od@gmail.com

УДК 656.615

Боровик С.С., к.т.н., доц., Кравченко О.А., к.т.н., доц.

Одеській національний морський університет

СВІТОВИЙ КОНТЕЙНЕРНИЙ ФЛОТ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ

Анотація. *У роботі досліджено сучасний стан світового контейнерного флоту, проаналізовано його кількісні, структурні та технологічні характеристики та визначено перспективи розвитку в умовах глобальної трансформації морського транспорту. Встановлено, що подальший розвиток контейнерного флоту визначатиметься поєднанням укрупнення тоннажу, екологізації, цифровізації управління та можливих циклічних коливань ринку. Зроблено висновок, що період 2025–2030 років стане вирішальним для переходу контейнерного судноплавства до інноваційно-екологічної моделі розвитку.*

Проблематика дослідження. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю комплексного аналізу кількісних, структурних і технологічних змін контейнерного флоту та визначення перспектив його розвитку. Метою дослідження є характеристика сучасного стану світового контейнерного флоту, аналіз його структурних характеристик і формування прогнозу розвитку в умовах глобальної трансформації морського транспорту.

Основний матеріал дослідження. На сучасному ринку морських контейнерних перевезень усе більше домінує великий і ультра-великий тоннаж, зокрема ULCV місткістю понад 18000 TEU, що є результатом стратегії ефекту масштабу для зниження собівартості доставки.

Згідно даних аналітичного сервісу Alphaliner [1], загальна кількість контейнерних суден у світі у листопаді 2025 року налічувала 6642 одиниць загальною місткістю понад 33 млн TEU.

Непропорційне збільшення кількості світового контейнерного флоту та його загальної місткості призвело до збільшення середньої місткості контейнерного судна з 3900 TEU у 2025 році до майже 5000 TEU у 2025 році (рис. 1). Частка суден класу ULCV продовжує зростати. Найбільші сучасні судна перевищують 24000 TEU, що дозволяє суттєво знижувати собівартість перевезення одиниці контейнера.

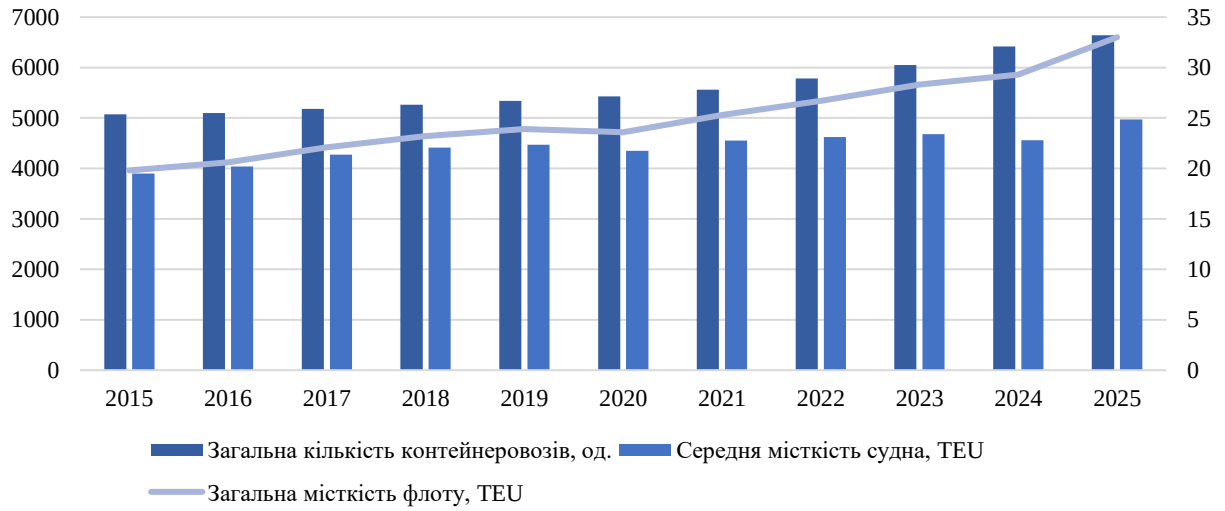


Рисунок 1 - Структура контейнерного флоту за кількістю суден, їх загальної та середньої місткості

За оцінками BIMCO [2] середній вік світового контейнерного флоту дорівнює 13,7 рокам — це найвищий показник серед основних класів торгового флоту [3]. Приблизно 21% суден у флоті старші за 20 років, що робить їх кандидатами на списання та утилізацію в найближчі рокиБлизько 70% контейнеровозів старші за 10 років, що створює значну потребу в оновленні флоту (рис.2).

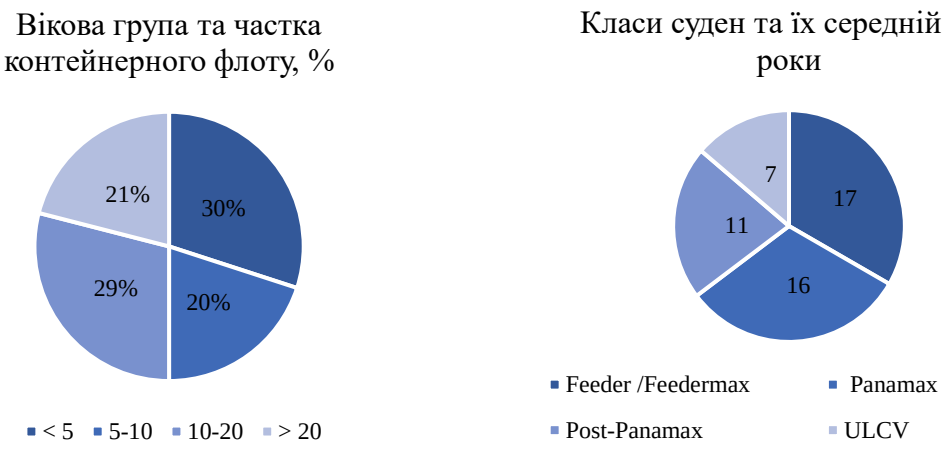


Рисунок 2 - Демографія світового контейнерного флоту за віком та класами

Ще однією з ключових тенденцій є екологізація флоту відповідно до вимог International Maritime Organization (IMO) [4]. З 2023 року набули чинності нові показники енергоефективності (EEXI, CII), що стимулюють перехід на альтернативні види палива (LNG, метанол), впровадження систем енергоощадження, модернізацію старих суден. Відповідно до переглянутої Стратегії IMO щодо скорочення викидів парникових газів, міжнародне судноплавство має досягти кліматичної нейтральності «близько 2050 року» із проміжними цілями скорочення викидів не менше ніж на 20–30 % до 2030 року та 70–80 % до 2040 року порівняно з рівнем 2008 року.

Одним із головних напрямів скорочення викидів є перехід на альтернативні та низьковуглецеві види палива. Згідно з аналітичними звітами Clarksons Research [5], частка контейнеровозів, що замовляються з двопаливними

двигунами (LNG або метанол), стрімко зростає, а значна частина портфеля новобудов після 2022 року передбачає можливість використання альтернативного палива. Станом на 2025 рік понад 40% нових замовлень передбачають використання альтернативного або двопаливного двигуна.

Прогнозування частки контейнеровозів, що використовують альтернативні види палива, до 2030 року доцільно здійснювати на основі сценарного підходу. На основі середнього темпу зростання флоту у 2020–2024 роках (близько 4–6 % щорічно) та враховуючи циклічність галузі, розглянемо три сценарії розвитку: консервативний, базовий та прискорений.

Вихідною точкою прогнозу прийнято 2025 рік, коли частка контейнеровозів на альтернативному або двопаливному двигуні оцінюється приблизно у 12% світового флоту.

У межах консервативного сценарію передбачається збереження відносно повільних темпів декарбонізації в середньому на 1,5–2% щороку. Цей рівень відповідає інерційному розвитку з орієнтацією переважно на виконання мінімальних регуляторних вимог.

Базовий сценарій, який є найбільш імовірним з огляду на поточну динаміку портфеля замовлень, передбачає активне введення в експлуатацію суден, спроєктованих для роботи на метанолі або LNG з можливістю переходу на синтетичні види палива. Середньорічний приріст становить приблизно 2,5%. Такий показник відображає структурне, але еволюційне перетворення флоту без різких адміністративних шоків.

Прискорений сценарій можливий за умов посилення глобальної кліматичної політики, зокрема впровадження міжнародного вуглецевого податку або жорсткіших квот на Середньорічний приріст у цьому випадку перевищує 4%. Це означатиме перехід від етапу «пілотних рішень» до масштабної технологічної трансформації галузі.

За результатами розрахунків встановлено, що:

1) у консервативному сценарії (зростання до 20% у 2030 році) середньорічний темп приросту становить 10,7%;

2) у базовому сценарії (зростання до 25%) — 15,8%;

3) у прискореному сценарії (зростання до 32%) — 21,6%.

Отримані значення свідчать про те, що навіть за базового сценарію трансформація контейнерного флоту характеризується двозначними темпами зростання частки альтернативних енергетичних рішень. Прискорений сценарій передбачає структурний технологічний зсув із середньорічною динамікою понад 20 %, що відповідає умовам посиленого регуляторного тиску та здешевлення відновлюваних видів палива.

Висновки. У 2020–2025 рр. світовий контейнерний флот продемонстрував суттєве зростання як за кількістю суден, так і за сумарною місткістю, яка досягла близько 33 млн TEU. Темпи приросту місткості випереджають темпи збільшення кількості суден, що свідчить про стійку тенденцію укрупнення тоннажу та зростання частки великотоннажних суден класу ULCV. Демографічна структура флоту характеризується середнім віком близько 13–14 років і значною часткою суден старше 20 років, що формує потребу в оновленні тоннажу. Портфель замовлень підтверджує подальшу структурну трансформацію флоту з концентрацією в сегментах Post-Panamax, New Panamax та ULCV.

Одночасно галузь переходить до низьковуглецевої моделі розвитку: частка суден на альтернативному або двопаливному двигуні зросла до 12% у 2025 році. За базовим сценарієм до 2030 року цей показник може досягти 23–25%, що свідчить про системну декарбонізацію контейнерного судноплавства. Розраховані середньорічні темпи приросту підтверджують високу динаміку технологічної трансформації флоту. Водночас ризик надлишкової пропозиції тоннажу та зростання регуляторного навантаження зберігають високий рівень невизначеності розвитку галузі у середньостроковій перспективі.

Література.

1. Світовий контейнерний флот до грудня 2023 року // Асоціація морських портів України. URL: https://ukrport.org.ua/світовий-контейнерний-флот-до-грудня-202/

2. BIMCO. Shipping Market Review and Outlook 2024. Copenhagen: BIMCO, 2024. URL: https://www.bimco.org/insights-and-analytics/market-analysis

3. Average containership fleet age grows to 14.2 years amid ongoing replenishment // S&P Global Commodity Insights. 26.10.2023. URL: https://www.spglobal.com/energy/en/news-research/latest-news/shipping/102623-feature-average-containership-fleet-age-grows-to-142-years-amid-ongoing-replenishment

4. International Maritime Organization. 2023 IMO Strategy on Reduction of GHG Emissions from Ships. London: IMO, 2023. URL: https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Cutting-GHG-emissions.aspx

5. Clarksons Research. Container Intelligence Monthly; World Fleet Monitor 2024–2025. London: Clarksons Research, 2025. URL: https://www.clarksons.net

svetlanasborovik@gmail.com

alliyya86@gmail.com

УДК 656.6:616-036

Гільдєєв Д.О., Онищенко С.П., д.ек.н, проф.

Одеський національний морський університет

КОНЦЕПЦІЯ ВРАХУВАННЯ ВИКИДІВ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ

Анотація. *Розроблено концепцію врахування викидів при формуванні та оптимізації систем доставок вантажів. Згідно даній концепції варіювання технологією перевезень, географією пунктів (портів) перевалювання, складом транспортних та перевантажувальних засобів дозволить варіювати загальною величиною викидів прим транспортуванні певної партії вантажу протягом певного періоду. Це дозволить формувати рішення щодо доставки в умовах досягнення балансу «витрати - викиди», що відповідає сучасним ідеологіям зеленої логістики та сталого розвитку.*

Постановка проблеми. Останні десятиліття відбуваються стрімкі зміни в усіх галузях економіки, зокрема, і на транспорті. Трансформація сучасної системи поглядів на бізнес та технології відображає концепція сталого розвитку, яка у частині екологічної складовій перетинається з концепцією зеленої логістики. Тому сучасні тренди, у тому числі й у технологічних рішеннях на транспорті, спрямовані на зниження шкоди зовнішньому середовищу. Як правило, основним критерієм при формуванні систем транспортування є сумарні витрати, мінімізація яких сприяє максимізації прибутку експортерів та виробників. Але, у відповідності до сучасних глобальних трендів, слід

оцінювати дані системи транспортування також і з точки зору впливу на навколишнє середовище. Таким чином, виникає проблема оцінки та оптимізації негативного впливу на довкілля систем доставки вантажів.

Основні матеріали дослідження. Основна ідея цього дослідження полягає в тому, що при виборі варіанта системи доставки пропонується розглядати додатковий критерій - показник «сумарних викидів», який дозволяв би оцінити альтернативні варіанти системи доставки, яка відповідає певним експортним (імпортним) постачанням, що передбачають різні комбінації видів транспорту. Тобто йдеться про оцінку транспортуючих систем, що забезпечують доставку вантажів у межах певного проміжку часу, і є відносно постійною структурою, як це зазначено у [1]. Таким чином, при прийнятті рішень щодо вибору найбільш ефективного варіанта системи доставки виникає можливість урахування не тільки економічних факторів, а й впливу цього варіанту на навколишнє середовище, а це дає можливість приймати рішення, забезпечуючи баланс «ефективність економічна» - «ефективність екологічна».

Сумарні викиди системи доставки є інтегральним показником, який враховує всі технологічні ланцюжки та всі транспортні та перевантажувальні засоби, що задіяні у транспортуванні цією системою заданої партії вантажу Q (т). Більше того, на базі прогнозів щодо постачання Q для даної системи транспортування можуть бути зроблені оцінки за певний період (наприклад, п’ять і більше років), що дасть змогу побачити перспективу використання конкретного варіанту транспортування з точки зору впливу на довкілля та проаналізувати варіанти його мінімізації.

Слід зазначити, що з усього різноманіття шкідливих викидів саме CO2 слід прийняти в якості критерію, з урахуванням того, що більшість нормативних документів національного та міжнародного рівнів пов’язані саме з ними. Надалі, не обмежуючи загальності, розглядатимемо варіант одного виду викидів, що при необхідності може бути поширене на будь-яку множину шкідливих речовин. Отже, позначимо сумарні викиди CO2 системи доставки:

$$E(Q), \qquad (1)$$

де Q – обсяг постачань в рамках заданого часового періоду (в тоннах або в TEU).

Слід зазначити, що система доставки характеризується [1]:

1) географічним розташуванням пунктів відправлення, призначення та перевалки – топологія системи;

2) операціями транспортно-технологічного процесу відповідно до обраної технології транспортування;

3) складом транспортних та перевантажувальних засобів відповідно до операцій транспортно-технологічного процесу;

4) складом конкретних учасників, тобто підприємств, які здійснюють операції транспортно-технологічного процесу.

Кожен рівень системи доставки та кожен її компонент впливає на величину викидів. Наприклад, дистанція перевезення між пунктами визначає необхідний час перевезення, що впливає на кількість викидів на цій ділянці. Транспортний засіб конкретного перевізника має певну специфіку в контексті викидів, наприклад, однакового дедвейту та спеціалізації судна можуть використовувати різні види палива, відповідно, рівень їх викидів відрізняється.

Як відомо, кожен транспортний засіб викидає в навколишнє середовище цілий спектр шкідливих речовин. Для кожного виду транспорту та типу транспортного засобу існують відповідні розрахункові формули для встановлення розміру (обсягів) цих викидів. Існуючі формули оцінки викидів транспортних засобів і перевантажувального обладнання враховують основні параметри, що впливають, і, перш за все, тип двигуна (його потужність). Для морських суден відповідна формула складніша і враховує три компоненти – основний двигун, допоміжний та бойлер, а також співвідношення експлуатаційної та паспортної (максимальної) швидкості. У будь-якому випадку, для кожного задіяного транспортного та технологічного (перевантажувального) елемента в системі транспортування, залежно від конкретного типу та моделі (для автомобілів), а також «середньостатистичного» режиму роботи (з точки зору швидкості, наприклад), можуть бути встановлені обсяги викидів в одиницю часу.

Час роботи кожного елемента залежить від обсягу поставок Q, а також відстань перевезень (для транспортних засобів).

Отже, розглянемо найбільш загальні параметри, що впливають - Q обсяг поставок і відстані перевезення L, яке враховується, природно, тільки для транспортних засобів.

Таким чином, кожному транспортному засобу системи доставки відповідає обсяг викидів:

$$E_k^j(Q, L^j),\ j = \overline{1, m}, k \in \Omega_j; \tag{2}$$

перевантажувальному обладнанню відповідає обсяг викидів:

$$E_g^j(Q),\ j = \overline{1, m}, g \in \Psi_j, \tag{3}$$

де m - кількість ділянок у системі, Ω_j - множина транспортних засобів, Ψ_j - множина перевантажувальних засобів, що у технологічному процесі ділянці $j = \overline{1, m}$, L^j - відстань перевезення на ділянці.

Формули оцінки викидів, що традиційно використовуються, з урахуванням усередненої швидкості та відстані перевезення для транспортних засобів, можуть бути трансформовані у вигляд (3). Для перевантажувального обладнання аналогічна трансформація у вигляд (4) може бути здійснена з урахуванням продуктивності та кількості вантажу.

У загальному випадку сумарні викиди становлять:

$$E(Q) = \sum_{j=1}^{m} \left(\sum_{k \in \Omega_j} E_k^j(Q, L^j) + \sum_{g \in \Psi_j} E_g^j(Q) \right). \tag{4}$$

Дана формула (4) дозволяє оцінити сумарний обсяг викидів для системи доставки будь-якої конфігурації, що надалі може бути використане для

вирішення задачі оптимізації даної системи з урахуванням балансу «витрати»-«викиди».

Таким чином, в процесах формування та оптимізації систем доставки слід прийняти до увазі додатковий критерій – загальні викиди згідно (4) у відповідності до структури системи. Варіювання географічним розташуванням елементів схем доставки, які відповідають даній системі, а також технологій транспортування та транспортними засобами дозволить створити альтернативні варіанти системи доставки, які відрізняються не тільки загальними витратами, а також й загальними викидами. Отже, при побудові відповідних оптимізаційних моделей слід враховувати $E(Q)$.

Висновки. У даному дослідженні запропонована концепція врахування викидів при формуванні та оптимізації систем доставок вантажів. Згідно даній концепції варіювання технологією перевезень, географією пунктів (портів) перевалювання, складом транспортних та перевантажувальних засобів дозволить варіювати загальною величиною викидів прим транспортуванні певної партії вантажу протягом певного періоду. Отже, досягнення певного балансу «витрати - викиди» відповідає сучасним ідеологіям зеленої логістики та сталого розвитку, що сьогодні є необхідним при відповідальному відношенні людства та бізнесу до навколишнього середовища.

Література

1. Берестенко В.В., Онищенко С.П. Структура й характеристики мультимодальної доставки з позиції цифровізації. *Розвиток транспорту. 2022.* (4(11). 82-93. DOI: 10.33082/td.2021.4-11.08

2. Budiyanto M.A., Huzaifi, M.H., Sirait, S.J. et al. Evaluation of CO2 emissions and energy use with different container terminal layouts. *Scientific Reports.* 2021. 5476 DOI: 10.1038/s41598-021-84958-4

gildeev_onmu@gmail.com

onyshchenko@gmail.com

УДК 656.2:656.072.8:658.562

Добровольський О.В., MSc

Національний транспортних університет, Україна

ФОРМУВАННЯ ПІДХОДІВ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ У ПРИМІСЬКОМУ ЗАЛІЗНИЧНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Анотація. Транспортна система України відіграє ключову роль у забезпеченні як зовнішньоекономічних, так і внутрішніх економічних процесів, а також є визначальним фактором забезпечення мобільності населення. Це стосується не лише разових або туристичних поїздок, а передусім щоденних переміщень у межах міст та приміських територій.

Водночас українське суспільство ще не досягло рівня розвитку, за якого зони обслуговування великих агломерацій можуть охоплювати сотні кілометрів і забезпечуватися високошвидкісним залізничним сполученням, як це реалізовано в країнах Західної та Центральної Європи, а також у розвинених країнах Азії (Японія, Південна Корея, Тайвань).

Проблематика. Територія України є значною за площею, що створює об’єктивні передумови для розвитку швидкісного та високошвидкісного регіонального сполучення. В Україні існує низка великих агломерацій із населенням близько або понад один мільйон осіб (Київ, Одеса, Львів, Дніпро, Харків, Кривий Ріг, Запоріжжя), які формують значні пасажиропотоки і потенційно можуть бути пов’язані між собою ефективною мережею швидкісних перевезень.

Разом з тим функціонування таких агломерацій неможливе без ефективного розвитку приміського та міського залізничного транспорту, який здатний забезпечити високу провізну спроможність і більшу надійність перевезень, особливо у години пік, порівняно з автомобільним транспортом. Однак упродовж останніх десятиліть цій проблематиці приділялося недостатньо уваги через трансформаційні процеси в економіці України, що супроводжували перехід від планової до ринкової моделі. У цей період залізничний транспорт був

переважно орієнтований на вантажні перевезення, тоді як пасажирські, зокрема приміські та регіональні, розвивалися за залишковим принципом.

Основний текст. Одним із ключових напрямів підвищення ефективності пасажирських залізничних перевезень є покращення якості обслуговування пасажирів. Саме цей аспект дозволяє формувати конкурентні переваги та підвищувати конкурентоспроможність перевізників, особливо з урахуванням майбутньої лібералізації ринку відповідно до вимог нормативних актів Європейського Союзу.

Аналіз наукових досліджень і світового досвіду свідчить, що в країнах із розвиненою ринковою економікою питання оцінювання якості обслуговування пасажирів є одним із пріоритетних. Транспортні компанії постійно здійснюють моніторинг якості послуг, враховуючи поведінкові моделі пасажирів, а також особливості роботи персоналу. При цьому акцент робиться не лише на технічних можливостях транспорту, а насамперед на можливості задоволення «очікувань» пасажирів, що сприяє залученню додаткових клієнтів і підвищенню прибутковості.

Більшість досліджень поведінки пасажирів показує, що ключовими характеристиками якості обслуговування є доступність транспорту та надійність сполучень. Найбільш негативно пасажири сприймають порушення графіка руху та необхідність очікування транспорту, причому це стосується як початкових, так і транзитних пунктів. Особливо чутливими до таких факторів є окремі групи пасажирів, що пов’язано з підвищеним рівнем сприйняття ризиків і невизначеності.

Важливими вимогами також є зручність графіка руху та доступність зупиночних пунктів. Ці аспекти більшою мірою характерні для міського та громадського транспорту, інтегрованого в міську інфраструктуру, і значно складніше реалізуються для залізничного транспорту загального користування через особливості інфраструктури.

Висновок. Аналіз нормативних документів і стандартів у сфері організації пасажирських перевезень свідчить, що українське законодавство потребує подальшої гармонізації та вдосконалення. Доцільним є використання досвіду

країн Європи, а також розвинених держав Азії та Північної Америки, де питання якості обслуговування формувалося протягом тривалого часу і охоплює як залізничний, так і інші види транспорту, включаючи мультимодальні та інтермодальні перевезення.

Європейські стандарти більш чітко визначають критерії оцінки якості обслуговування пасажирів та вимоги до формування інтегральних показників якості. Важливою особливістю є врахування рівня очікувань пасажирів щодо якості послуг, що дозволяє поєднати об'єктивні та суб'єктивні аспекти оцінювання.

Висновок. З урахуванням викладеного, з технологічної точки зору доцільним є розроблення заходів, спрямованих на мінімізацію часу очікування пасажирів у пунктах відправлення та пересадки, а також на підвищення прозорості та прогнозованості цього часу. Це дозволить пасажирам ефективніше планувати свої поїздки та підвищить загальний рівень сприйняття якості транспортного обслуговування.

dobrovolskyi_ov@gsuite.duit.edu.ua

УДК 656.615:629.5:339.13

Дрожжин О. Л., к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет, Україна

МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ РОЗРАХУНКУ НАДБАВКИ ДО ФРАХТУ EMERGENCY FUEL SURCHARGE

Анотація. *Досліджуються передумови запровадження екстреної паливної надбавки (EFS/EBS) у контейнерному судноплавстві в умовах зміни глобальних маршрутів. Обґрунтовано складові формування надбавки та запропоновано підхід до її формалізації як інструменту компенсації витрат і управління ризиками.*

Проблематика. Сучасне лінійне контейнерне судноплавство є високочутливим до змін рівня безпеки міжнародних морських шляхів.

Загострення ситуації в акваторії Червоного моря спричинило масове відхилення суден від традиційного маршруту через Суецький канал та переорієнтацію на маршрут через мис Доброї Надії.

Такий перерозподіл маршрутів (англ. rerouting) призвів до суттєвого збільшення довжини рейсів і, відповідно, тривалості перевезень. Водночас, враховуючи, що значна частка світових поставок нафти пов'язана з Ормузькою протокою, ситуація вплинула на доступність бункерного палива, його вартість та технічні характеристики.

У відповідь на ці виклики судноплавні компанії запровадили тимчасову екстрену паливну надбавку – Emergency Fuel (Bunker) Surcharge – (EFS/EBS). На відміну від традиційної паливної надбавки (BAF, Bunker Adjustment Factor), чи надбавки, пов'язаної із якості палива (LSF, Low Sulphur Fuel Surcharge), цей інструмент має ситуативний характер і застосовується в умовах різкого порушення транспортних ланцюгів. Розміри таких надбавок наведений в табл. 1.

Таблиця 1 – Рівні EFS/EBS за деякими контейнерними операторами

Оператор	Значення	Застосування	Початок
Maersk	200 USD/TEU	глобально	25.03.2026
CMA CGM	265 USD/TEU прямий напрямок; 130 USD/TEU зворотній напрямок;	глобально	27.03.2026
MSC	100-320 USD/TEU	за регіонами	16.04.2026
Hapag	160 USD/TEU прямий напрямок; 70 USD/TEU зворотній напрямок;	глобально	23/03/2026

Відсутність у відкритих джерелах чіткої методики її розрахунку зумовлює необхідність наукового обґрунтування та формалізації відповідного підходу.

Основні матеріали дослідження. EFS/EBS доцільно розглядати як функцію від комплексу факторів, що відображають витратні, операційні та ризикові аспекти функціонування судноплавних ліній. До ключових змінних належать:

- ціна бункерного палива;
- додатковий ходовий час;

- коефіцієнт завантаження судна;
- фактор ризику.

Базовим елементом формування надбавки є додаткові витрати на паливо, що виникають унаслідок збільшення довжини маршруту. Ці витрати визначаються як функція добових витрат палива судна, додаткового часу рейсу та актуальної ціни на бункер.

Збільшення довжини маршруту при обході Африки становить, як правило, 3000–6000 миль, що призводить до істотного зростання паливних витрат.

Окрім зазначеного, важливою складовою є витрати, пов'язані зі збільшенням тривалості рейсу. Вони включають експлуатаційні витрати судна, що зростають пропорційно додатковому часу, витраченому в рейсі.

Збільшення тривалості рейсу також впливає на інтервали відправлення суден, що призводить до зниження оборотності флоту. Це формує додаткову витратну складову, пов'язану з необхідністю залучення додаткового тоннажу для підтримання частоти сервісу.

Таким чином, сукупні додаткові витрати включають:

- витрати на паливо;
- витрати, пов'язані з подовженням рейсу;
- витрати на додатковий флот;
- витрати, пов'язані з підвищенням ризиків (страхування, операційні фактори).

Розподіл цих витрат на одиницю перевезення (TEU) здійснюється з урахуванням фактичного рівня завантаження судна, що визначає кінцевий рівень надбавки.

Отримані залежності свідчать, що EFS/EBS формується під впливом як об'єктивних факторів (паливо, маршрут), так і ринкових умов (попит, конкуренція, поведінка перевізників).

У цьому контексті EFS/EBS доцільно розглядати як гібридний інструмент ціноутворення, який поєднує механізми компенсації витрат і управління ризиками.

Висновки. Запропонований підхід дозволяє формалізувати процес розрахунку екстреної паливної надбавки EFS/EBS в умовах зміни глобальних транспортних маршрутів.

Встановлено, що формування надбавки базується на комплексному врахуванні витратних, операційних і ризикових факторів, що відображають специфіку функціонування лінійного контейнерного судноплавства.

Практичне застосування отриманих результатів сприятиме підвищенню прозорості тарифоутворення та вдосконаленню економічного аналізу в сфері морського транспорту.

alexey.drozhzhyn@ukr.net

УДК 656.13:664

Заверкін А.В., к.т.н., доц., Кузьменко С.В., к.т.н., доц.,
Климаш А.О., к.т.н., доц., Марченко Д.М., д.т.н., проф.
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Анотація. *Описано метод аналізу складних транспортних систем у зв'язку з транспортними системами потік-контейнер. Його формалізація у вигляді автономних (або складних) математичних моделей для вивчення відмов інших складних систем (трубопровод, пневматичний контейнер, канатна підвіска, конвеєр тощо) дозволить розробити набір заходів для забезпечення необхідного рівня надійності цих систем.*

Проблематика дослідження. Структурною основою систем потокового контейнера (ПКС) для перевезення навалних вантажів є безперервне з'єднання технологічних контейнерів у лінійній частині (рис. 1) з опорними елементами. Зчеплення приводиться в рух стаціонарними електромагнітно-фрикційними двигунами, розташованими в конструкції гусениць, з певним кроком уваги. Завантаження та розвантаження технологічних контейнерів відбуваються на

кінцевих секціях зі стандартною швидкістю контейнерного зчеплення, що забезпечує безперервність транспортного процесу.

Основні матеріали дослідження. У пілотній та промисловій експлуатації здійснюється 10 ПКС, які транспортують гравій, змішані кормові матеріали, руду, пісок і зернові продукти.

PCS належать до класу складних технічних систем, що характеризуються значною кількістю елементів та їхніми функціональними зв'язками. У сукупному поєднанні вони можуть суттєво впливати на надійність ПКС. Тому при аналізі відмов ПКС потрібен систематичний підхід. Їхня складна структура не дає нам однозначної відповіді щодо наслідків ситуацій відмови, які виникають. Тому необхідна реакція оператора на виникнення певних відмов не завжди очевидна. Адже якщо оператор відреагував на елементарну несправність і безпідставно зупинив систему, виникала нестача у доставці вантажу споживачу і навпаки, ігнорування іншої несправності може призвести до численних пошкоджень, необґрунтованої втрати продуктивності та тривалішого простою системи.

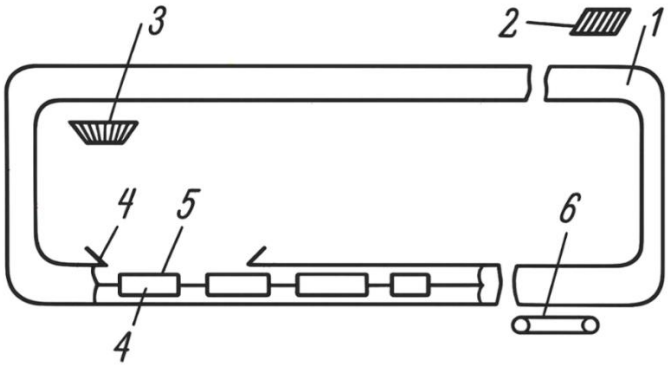


Рисунок 1 – Схематична схема ПКС: 1 – лінійна частина; 2 – пристрої завантаження; 3 – пристрій для розвантаження; 4 – зона ремонтних і технічних робіт; 5 – рухомий склад; 6 – драйв

Виникнення відмови обов'язково пов'язане з появою функціонального дефекту. Однак не кожен дефект вимагає зупинки системи. Існує багато нефункціональних дефектів, при яких ПКС залишається функціональною. Іншими словами, відмову можна усунути під час наступного профілактичного ремонту або технічного обслуговування. У цьому контексті рекомендується

скласти перелік найважливіших параметрів вхідних і вихідних, які в кінцевому підсумку визначають надійність роботи ПКС загалом.

Найважливішим вихідним параметром будь-якого типу та призначення є забезпечення заданої продуктивності у необхідний період часу з допусками, визначеними замовником. До таких параметрів належать: номінальні значення швидкості в заданому діапазоні; кількість споживаної енергії; динаміка процесу зношування; експлуатаційні витрати; режим завантаження та розвантаження.

На цьому етапі важливо уточнити взаємозалежність вхідних параметрів і, відповідно, розробити стратегію обслуговування ПКС у разі відмов, що зрештою дозволить визначити поле допусків для вхідних параметрів. Було застосовано метод розкладу системи до рівня несправного елемента. Це врешті-решт дозволило побудувати «дерево Ісікави», яке є візуальною ілюстрацією елементного аналізу відмов ПКС.

В результаті аналізу експлуатації систем аналогічного призначення та конструктивного виконання [1] було виявлено 75 видів відмов елементів, які в тій чи іншій мірі впливають на ефективність функціонування ПКС. Характер цих відмов, ступінь їх впливу на можливість виникнення відмовної ситуації всієї системи, а також необхідна реакція оператора послужили підставою для розробки трьох стратегій обслуговування системи, що в поєднанні з аналізом «дерева Ісікави» дозволило здійснити якісну класифікацію відмов і розробити комплекс заходів щодо зменшення їх наслідків.

Стратегія № 1 «Миттєва зупинка системи» стосується переліку відмов елементів, що спричиняють миттєву або досить швидку відмову всієї системи. Зазначимо, що відмови цієї групи мають характер раптових відмов і призводять до катастрофічних множинних пошкоджень, усунення яких вимагає значних витрат коштів, людських ресурсів і часу. Основні заходи запобігання катастрофічним наслідкам: створення високонадійних елементів; використання резервування; досить швидка зупинка системи.

Якщо реалізація перших двох заходів спричинить зростання капітальних вкладень, то реалізація третього повинна визначатися, головним чином, ефективністю роботи системи діагностики.

Стратегія № 2 «Експлуатація до чергової планової зупинки» охоплює групу відмов, які не призводять до миттєвого виникнення відмови системи, однак ігнорування таких відмов може з часом призвести до ускладнення функціонування системи, аж до її повної зупинки. Час накопичення відмов елементів, що призводять до відмови системи, передбачається тут більшим, ніж час експлуатації системи до чергової планової зупинки. Зазначене визначає стратегію поведінки оператора при діагностуванні відмови будь-якого елемента цієї групи. Відмови даної групи, як показав досвід, мають змішаний характер, тобто поряд з раптовими (але такими, що не призводять до миттєвої катастрофічної відмови системи) мають місце поступові відмови, причому час настання наслідків перших і других такий, що усунення цих відмов може бути проведено в період зупинки між змінами.

Стратегія № 3 «Планове ремонтно-профілактичне обслуговування» стосується відмов, які виникають у результаті накопичення пошкоджень і мають так званий зносний або постійний характер. Здебільшого динаміку накопичення цих пошкоджень можна розрахувати, а час настання відмови — передбачити. У такому випадку доцільна сувора регламентація планового ремонтно-профілактичного обслуговування, протягом якого відмови можна усунути.

Розробка трьох зазначених стратегій обслуговування охоплює все різноманіття відмовних ситуацій і служить основою для створення комплексу заходів щодо підвищення надійності ПКС [2].

Висновки:

1. Застосування принципу розкладу системи до рівня несправного елемента дозволило ідентифікувати 75 типів відмов ПКС, які в тій чи іншій мірі впливають на надійність системи загалом.

2. Аналіз характеру відмов та їх можливих наслідків дозволив провести якісну класифікацію відмов ПКС та розробити три стратегії обслуговування

Список літератури

1. Літвер, В. М. та ін. Результати надійного тестування багатокутних і повномасштабних систем транспортування в контейнері. Тези. на наухнотекхн. конференцію: «Сучасний стан і перспективи розвитку нових спеціалізованих видів транспорту», 2005.

2. Кершенбаум, В. Й. та ін. Розробка комплексу організаційних і технічних заходів для забезпечення надійності систем транспортування з потоком у контейнерах. Тези. на наухнотекхн. конференцію: «Сучасний стан і перспективи розвитку нових спеціалізованих видів транспорту», 2005.

УДК 656.13:664

Загорянський В. Г., д.т.н., доц.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, Україна

СПЕЦИФІКА ЇСТІВНОЇ УПАКОВКИ В КОНТЕКСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Анотація. *Розглянуті особливості застосування їстівної упаковки при транспортуванні харчових продуктів автотранспортом. Проаналізовано фізико-механічні властивості їстівних пакувальних матеріалів та їх вплив на збереження продукції під час перевезень. Визначено основні фактори транспортного середовища, що впливають на якість упаковки, зокрема механічні навантаження, температурні коливання та вологість. Обґрунтовано вимоги до організації автотранспортних перевезень продукції в їстівній упаковці. Встановлено, що ефективне використання таких матеріалів можливе переважно в умовах коротких логістичних ланцюгів та міських перевезень.*

Проблематика. Сучасний розвиток транспортної логістики харчових продуктів супроводжується зростанням вимог до екологічності пакувальних матеріалів. Традиційна пластикова упаковка створює значне навантаження на довкілля, що зумовлює необхідність пошуку альтернативних рішень. Одним із перспективних напрямів є використання їстівної упаковки, яка поєднує функції захисту продукції та біорозкладності [1].

Разом із тим, впровадження їстівної упаковки вимагає комплексного аналізу її придатності до транспортування, особливо автотранспортом, який є основним видом доставки харчових вантажів на короткі та середні відстані.

Основні матеріали дослідження. Їстівна упаковка виготовляється з природних біополімерів, таких як полісахариди, білки та ліпіди, що визначає її специфічні властивості. До її основних характеристик належать відносно низька механічна міцність, висока чутливість до вологості, обмежена термостійкість, здатність до біодеградації [2]. Ці властивості суттєво впливають на можливість її використання при автомобільних перевезеннях, зокрема в умовах динамічних навантажень та змін параметрів зовнішнього середовища.

Під час перевезення автотранспортом їстівна упаковка зазнає впливу комплексу факторів, серед яких основними є механічні навантаження: вібрації, удари та навантаження при штабелюванні, що можуть призводити до деформації упаковки, втрати її цілісності та пошкодження продукції . Також впливає температурний режим: коливання температури негативно впливають на структуру матеріалів: білкові компоненти можуть денатурувати, жирові плавитися, а полісахариди втрачати міцність, а також вологість: підвищена вологість або конденсація викликають розм'якшення упаковки та погіршення її бар'єрних властивостей. Важлива також тривалість перевезення: через обмежений термін зберігання продукції та самої упаковки важливим є скорочення часу транспортування та оптимізація маршрутів.

Виходячи з цього постають такі вимоги до організації автотранспортних перевезень для забезпечення збереження продукції в їстівній упаковці [3]: використання ізотермічних або рефрижераторних транспортних засобів, контроль температури та вологості повітря, зниження рівня механічних впливів, обмеження висоти штабелювання вантажів; застосування додаткової зовнішньої тари (контейнери, ящики). Застосування їстівної упаковки супроводжується низкою логістичні обмежень, серед яких підвищений ризик пошкодження продукції, необхідність спеціалізованих умов транспортування, обмеження у використанні для тривалих перевезень [4].

Разом з тим, її використання має значні переваги і логістичні перспективи: зниження екологічного навантаження, зменшення витрат на утилізацію відходів, підвищення конкурентоспроможності продукції [5].

Таким чином, найбільш ефективним є застосування їстівної упаковки у міських перевезеннях, логістиці «останньої милі», коротких ланцюгах постачання. Зазначимо, що логістика «останньої милі» (Last Mile Delivery) – це заключний етап ланцюга постачання, коли товар переміщується зі складу або розподільчого центру безпосередньо до кінцевого споживача (додому, в офіс або в поштомат). Короткий ланцюг постачання (Short Food Supply Chains, SFSC) передбачає мінімальну кількість посередників між виробником продукції (фермером, заводом) та кінцевим споживачем.

Висновки. Їстівна упаковка є перспективним напрямом розвитку логістики харчових продуктів, однак її використання в автотранспортних перевезеннях має певні обмеження, пов’язані з фізико-механічними властивостями матеріалів. Для забезпечення ефективності її застосування необхідно адаптувати умови транспортування, оптимізувати логістичні процеси, використовувати комбіновані пакувальні рішення. Таким чином, їстівна упаковка може бути ефективно інтегрована у транспортні системи за умови врахування специфіки автотранспортних перевезень та характеристик продукції.

Список літератури

1. Їстівна упаковка для харчових продуктів: матеріали та технології [Електронний ресурс]: наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. О. В. Олаводі]; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. Київ, 2020. 35 с.

2. Опорний конспект лекцій із дисципліни «Пакувальні матеріали та обладнання у харчовій індустрії» [Електронний ресурс] / укладачі Г. В. Дейниченко, Д. В. Горєлков, Д. В. Дмитревський. Електрон. дані. Харків: ХДУХТ, 2017. 1 електрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. Назва з тит. екрана.

3. Volodymyr Zahorianskyi, Olena Zahorianska, Tetyana Haikova. Application of the methods of ergonomic, operations research and theory of systems in modeling of the main parameters of a warehouse for tared and piece cargoes. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*.

2024. Вип. 9(40), ч.II. С. 189–195. URL: https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/9(40)_II/23.pdf (дата звернення: 19.04.2024).

4. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Король С. О. Оптимізація вантажних робіт і розміщення тарно-штучних вантажів в транспортних засобах і складах із застосуванням методів ергономіки і теорії систем. *Транспортні системи та технології перевезень.* 2024. Вип. 28. С. 28–33. URL: https://tstt.diit.edu.ua/article/view/311996 (дата звернення: 29.09.2024).

5. Гайкова Т. В., Загорянський В. Г., Солошич І. О. Інноваційні складові транспортних процесів вантажних перевезень у галузі автомобільного транспорту. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2023. Вип. 8(39), ч.II. С. 223–231. URL: https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/8(39)_II/28.pdf

zagor_vlad@ukr.net

УДК 656.2

Киман А.М., к.т.н., доцент

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ І ПРАКТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Анотація. *Проведений аналіз наукових і практичних досліджень щодо методів управління розвитком залізничної мережі. Виявлено, що відсутній цілісний методологічний підхід до управління розвитком залізничної мережі на основі макроаналізу транспортних процесів. Запропоновано методи управління розвитком залізничної мережі ґрунтувати на методах макроаналізу, які дозволять розглядати залізничну мережу як складну динамічну систему.*

Проблематика. Сучасні умови функціонування залізничного транспорту, що характеризуються зростанням нерівномірності попиту на перевезення, структурними трансформаціями мережі та обмеженістю ресурсів, зумовлюють необхідність удосконалення підходів до управління її розвитком. Ефективність прийняття стратегічних і тактичних рішень у цій сфері безпосередньо залежить

від науково обґрунтованих методів, що здатні враховувати складну взаємодію елементів мережі та динаміку транспортних процесів. У цьому контексті особливої актуальності набуває аналіз теоретичних і практичних досліджень, що присвячені методам управління розвитком залізничної мережі, що дозволяє виявити існуючі підходи, їх переваги та обмеження.

Основні матеріали дослідження. Незважаючи на значну кількість наукових праць, питання розробки методів управління розвитком залізничної мережі на основі макроаналізу транспортних процесів, який дозволяє враховувати взаємозв'язки між елементами мережі, динаміку потоків та системні ефекти, залишаються недостатньо дослідженими та потребують подальшого розвитку. Базовим теоретичним напрямом у цій сфері є методи оптимізації та дослідження операцій, які забезпечують формалізацію процесів функціонування та розвитку залізничної мережі у вигляді математичних моделей [1-4]. Застосування цих методів дозволяє вирішувати широкий спектр задач, зокрема оптимізацію структури мережі, розміщення та розвиток інфраструктурних об'єктів, формування планів перевезень і графіків руху поїздів, розподіл пропускної спроможності, а також мінімізацію експлуатаційних витрат і часу обігу рухомого складу. Дані методи створюють теоретичну основу для прийняття раціональних управлінських рішень щодо розвитку залізничної мережі. Основна увага в цих підходах зосереджена на задачах оптимізації за заданих параметрів залізничної мережі. Однак аспекти, пов'язані з урахуванням її складної мережевої природи та впливу динамічних змін процесів в умовах невизначеності зовнішнього середовища, залишаються недостатньо розкритими.

Все більшого поширення набувають підходи, що орієнтовані на врахування динаміки транспортних процесів та стохастичного характеру функціонування залізничної мережі [5]. Окремо, можна виділити дослідження присвячені розвитку транспортної системи, зокрема залізничної в умовах стохастичних процесів функціонування [6]. Одним із інструментів, що дозволяє врахувати складність взаємодії елементів мережі та дослідити структурну динаміку

транспортних процесів є теорія складних мереж, яка забезпечує можливість дослідження взаємозв'язків між структурними характеристиками мережі та ефективністю її функціонування. Теорія складних мереж отримала широке застосування для дослідження залізничних систем на макрорівні, що дозволило виявити фундаментальні закономірності їх структури та розвитку [7]. Разом із цим, зростання складності транспортних процесів, нерівномірність вантажопотоків і обмеженість ресурсів у залізничниій системі обумовлюють актуальність дослідження явищ затримок і заторів як ключових індикаторів їх функціонування [8]. Саме накопичення затримок і формування заторів відображають наявність критичних місць у мережі, пов'язаних із перевантаженням окремих дільниць, станцій, що безпосередньо впливає на ефективність перевізного процесу та потребує врахування при прийнятті рішень щодо розвитку мережі. Досить перспективним напрямом досліджень стає прогнозування затримок на основі графових нейронних мереж [9, 10]. Результати дослідження демонструють новий етап розвитку методів аналізу затримок поїздів, орієнтований на врахування мережевих взаємозв'язків і динамічних процесів. Це створює методологічну основу для інтеграції моделей штучного інтелекту з підходами макроаналізу транспортних процесів та дозволяє перейти до системного виявлення критичних елементів залізничної мережі.

Важливо виділити напрям досліджень, де роботи безпосередньо присвячені виявленню вузьких місць на залізничній мережі як ключових обмежень її функціонування та розвитку. При цьому значна частина досліджень орієнтована на аналіз локальних елементів мережі [11]. У роботі [12] запропоновано розширене трактування вузьких місць, яке виходить за межі суто інфраструктурних обмежень. Автори класифікують вузькі місця на фізичні, організаційні та політико правові, доводячи, що значний вплив на ефективність мережі мають регуляторні бар'єри, структура ринку та неузгодженість логістичних процесів. Важливим результатом є обґрунтування концепції "монопольного вузького місця", яка підкреслює необхідність державного

регулювання інфраструктури як природної монополії та забезпечення недискримінаційного доступу до неї. Комплексний підхід до ідентифікації вузьких місць також реалізовано у роботі [13], де залізнична система розглядається як багаторівнева структура, а вузькі місця виникають у взаємодії між інфраструктурою, управлінням рухом та організацією перевезень.

Вище проведений аналіз сучасних досліджень виявив наявність суттєвого дослідницького розриву у сфері формування методів управління розвитком залізничної мережі. Незважаючи на значну кількість наукових робіт, що присвячені оптимізації окремих елементів залізничної системи, прогнозуванню затримок, управлінню пропускною спроможністю та ідентифікації вузьких місць, переважна більшість підходів орієнтована на локальні або операційні задачі та не забезпечує комплексного врахування взаємозв'язків між елементами мережі. Сучасні методи штучного інтелекту (ШІ) демонструють високий рівень ефективності у задачах прогнозування затримок та аналізу транспортних процесів. Однак, методи ШІ здебільшого застосовуються для підвищення точності передбачення і не інтегруються у систему прийняття стратегічних рішень щодо розвитку інфраструктури. У свою чергу, класичні підходи до планування розвитку мережі базуються на статичних моделях і не враховують динамічну природу перевізного процесу, зокрема процеси поширення затримок і формування заторів. Особливо актуальним цей розрив є для залізничної мережі України, яка функціонує в умовах структурних трансформацій, високого рівня невизначеності та обмеженості ресурсів. У таких умовах ефективне управління розвитком мережі потребує переходу від аналізу окремих показників або елементів системи до комплексного дослідження транспортних процесів на макрорівні з урахуванням їх динамічної та мережевої природи. Окрім інфраструктурних рішень для розвитку мережі важливим є визначення операційної моделі перевезень вантажів.

Висновки. Проведений аналіз наукових досліджень показав, що існуючі методи управління розвитком залізничної мережі переважно ґрунтуються на

оптимізаційних моделях, імітаційному моделюванні, управлінні пропускною спроможністю, аналізі вузьких місць, теорії складних мереж та сучасних методах штучного інтелекту. Ці підходи дозволяють вирішувати окремі задачі. Разом з тим більшість із них орієнтована на локальний, операційний або статичний рівень аналізу і не забезпечує комплексного врахування взаємозв'язків між елементами мережі, динаміки вагонопотоків, поширення затримок та формування системних заторів. Встановлено основний дослідницький розрив, який полягає у відсутності цілісного методологічного підходу до управління розвитком залізничної мережі на основі макроаналізу транспортних процесів. Наявні дослідження недостатньо інтегрують топологічні характеристики мережі, динамічні властивості перевізного процесу, синхронізацію вагонопотоків, прогнозування затримок і виявлення критичних станцій. Це обґрунтовує необхідність подальшої розробки методів макроаналізу, які дозволять розглядати залізничну мережу як складну динамічну систему.

Література

1. Borndörfer R., Klug T., Lamorgese L., Mannino C., Reuther M., Schlechte T. (Eds.) Handbook of Optimization in the Railway Industry. Cham : Springer International Publishing, 2018. 321 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-72153-8

2. Budai-Balke G. Operations Research Models for Scheduling Railway Infrastructure Maintenance : thesis. Rotterdam : Erasmus University Rotterdam, 2009. 177 p. URL: https://repub.eur.nl/pub/16008/thesis_GabriellaBudaiBalke_TI456.pdf

3. Hickish B., Fletcher D. I., Harrison R. F. A methodology to optimise a rail network specification for maximum passenger satisfaction and reduced initial investment. *Journal of Rail Transport Planning & Management*. 2022. Vol. 21. Article 100279. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2021.100279

4. Yaghini M., Momeni M. Multicommodity network design problem in rail freight transportation. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2012. Vol. 43. P. 728–739. DOI: https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.04.146

5. Michal G., Huynh N., Shukla N., Munoz A., Barthelemy J. RailNet: A simulation model for operational planning of rail freight. Transportation Research Procedia. 2017. Vol. 25. P. 461-473. DOI: https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.426

6. Katsman M. D., Matsiuk V. I., Myronenko V. K. Modeling the reliability of transport under extreme conditions of operation as a queuing system with priorities. Reliability: Theory & Applications. 2023. Vol. 18, No. 2 (73). P. 167–179. DOI: https://doi.org/10.24412/1932-2321-2023-273-167-179

7. Ghosh S, Banerjee A, Sharma N, Agarwal S, Ganguly N. Statistical analysis of the Indian Railway network: a complex network approach. Acta Phys Pol B Proc Suppl.2011. 4:123–137. DOI: https://doi.org/10.5506/APhysPolBSupp.4.123

8. Spanninger T., Trivella A., Büchel B., Corman F. A review of train delay prediction approaches. Journal of Rail Transport Planning & Management. 2022. Vol. 22. Article 100312. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2022.100312

9. Кулявець А. М., Буров Є. В. Метод прогнозування затримок доставок та оптимізації маршрутів у логістичних системах на основі графових нейронних мереж. Information Systems and Networks. 2025. No. 18, Part 1. P. 60-68. DOI: https://doi.org/10.23939/sisn2025.18.1.058

10. Mamdouh M., Ezzat M., Hefny H. Improving flight delays prediction by developing attention-based bidirectional LSTM network. Expert Systems with Applications. 2024. Vol. 238. Article 121747. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eswa.2023.121747

11. Karwasra K., Rangaraj N., Singh K. N. System analysis of train operations to improve freight flow on high gradient rail bottleneck section with mixed traffic. Journal of Rail Transport Planning & Management. 2025. Vol. 35. Article 100522. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jrtpm.2025.100522

12. Drewello H., Günther F. Bottlenecks in railway infrastructure – do they really exist? The corridor Rotterdam-Genoa. Association for European Transport. 2012. URL: https://aetransport.org/public/downloads/ZjtC8/5505-5218a24b13e09.pdf

13. Witlox F., Zwanikken T., Jehee L., Donners B., Veeneman W. Changing tracks: identifying and tackling bottlenecks in European rail passenger transport. European Transport Research Review. 2022. Vol. 14. Article 7. DOI: https://doi.org/10.1186/s12544-022-00530-9

kyman.am@kart.edu.ua

УДК 656.615

Кириллова О.В., д.т.н., проф., Кириллова В.Ю., к.т.н.

Одеський національний морський університет, Україна

ТРІАДНА МОДЕЛЬ РОЗВИТКУ ПОРТОВИХ СИСТЕМ: ВІД КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПІДХОДУ ДО АНАЛІТИЧНОЇ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ

Анотація. *У роботі розвинено тріадну концептуальну модель розвитку портових систем, що інтегрує технологічний (Smart Port), інституційний (Public–Private Partnership) та соціально-еколого-економічний (People–Planet–Profit) виміри. Запропоновано аналітичну інтерпретацію моделі на основі інтегрального індексу синергетичної узгодженості (ISPS), що дозволяє кількісно оцінити взаємодію її складових. Показано, що розвиток портових систем має нелінійний характер і визначається узгодженістю компонентів. Обґрунтовано можливість використання підходу для оцінювання стратегій розвитку портових систем та доцільності концесійних проєктів.*

Ключові слова: *портові системи, транспортні системи, Smart Port, державно-приватне партнерство, сталий розвиток, інтеграція, цифровізація.*

Проблематика дослідження. Сучасні портові системи функціонують у межах складних транспортних систем, що характеризуються високим рівнем інтеграції, цифровізації та багаторівневої взаємодії учасників. У цих умовах традиційні підходи до аналізу розвитку портів, які базуються на розгляді окремих технологічних, інституційних або екологічних факторів, є недостатніми для пояснення процесів їх системної трансформації. Це зумовлює необхідність формування інтегрованих підходів до аналізу розвитку портових систем.

У попередніх дослідженнях авторів [1, 2] сформовано тріадну модель розвитку портових систем, що інтегрує технологічний (Smart Port), інституційний (Public–Private Partnership) та соціально-еколого-економічний (People–Planet–Profit) виміри. Разом з тим, у роботі [3] обґрунтовано доцільність використання параметризованих аналітичних підходів для оцінювання складних транспортних систем.

Метою дослідження є розвиток тріадної моделі шляхом її кількісної інтерпретації та обґрунтування підходу до оцінювання взаємодії її компонентів.

Основні матеріали дослідження. Розвиток портової системи описується як функція взаємодії трьох ключових складових:

$$PS = f(SP; PPP; SESG), \quad (1)$$

де: PS - рівень розвитку портової системи; SP (*Smart Port*) - рівень технологічної трансформації портової системи; PPP (*Public–Private Partnership*) – ефективність механізмів державно-приватного партнерства; $SESG$ (People–Planet–Profit) - рівень відповідності портової системи принципам сталого розвитку.

Для кількісної оцінки взаємодії складових запропоновано індекс синергетичної узгодженості:

$$ISPS = (SP \times PPP \times SESG) / (SP + PPP + SESG), \quad (2)$$

який відображає ступінь синергетичної узгодженості розвитку компонентів моделі.

Під синергетичним ефектом тріадної взаємодії розуміється нелінійний приріст результату розвитку портової системи, що виникає внаслідок узгодженої взаємодії її складових. На відміну від адитивного підходу, результат розвитку системи формується не як сума окремих впливів, а як результат їх взаємозалежної дії.

Оцінювання компонентів $\boldsymbol{SP}$, $\boldsymbol{PPP}$ та $\boldsymbol{SESG}$ здійснюється методом експертних оцінок із нормуванням показників у діапазоні:

$$\mathbf{0} \leq \boldsymbol{x_i} \leq \mathbf{1}, \quad (3)$$

де $\boldsymbol{x_i}$ - нормована оцінка окремого показника.

Для експертного оцінювання пропонується використовується шкала: 0,0–0,2 - дуже низький рівень; 0,2–0,4 - низький рівень; 0,4–0,6 - середній рівень; 0,6–0,8 - достатній рівень; 0,8–1,0 - високий рівень.

Оцінювання здійснюється експертною групою чисельністю 5–10 осіб, до складу якої входять фахівці з релевантною освітньою, науковою та професійною компетентністю у сфері транспортних систем і портової діяльності.

Індивідуальні експертні оцінки агрегуються як середнє арифметичне:

$$x = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \,, \tag{4}$$

де x_i - оцінка i-го експерта; n - кількість експертів.

На основі нормованих значень визначаються інтегральні оцінки компонентів.

$$SP = (\sum SP_i) / n \,, \tag{5}$$

$$PPP = (\sum PPP_i) / n \,, \tag{6}$$

$$SESG = (\sum SESG_i) / n. \tag{7}$$

Для демонстрації застосування запропонованого підходу розглянемо умовний приклад. Припустимо, що за результатами експертного оцінювання отримано такі нормовані значення:

$$SP = 0{,}70;\ PPP = 0{,}60;\ SESG = 0{,}60.$$

Тоді інтегральний індекс синергетичної узгодженості портової системи становитиме:

$$ISPS = (0{,}70 \times 0{,}60 \times 0{,}60) / (0{,}70 + 0{,}60 + 0{,}60),$$

$$ISPS = 0{,}252 / 1{,}90 = 0{,}133.$$

Отримане значення $\boldsymbol{ISPS = 0{,}133}$ свідчить про обмежений рівень синергетичної узгодженості портової системи, що зумовлено дисбалансом між її складовими. Зокрема, навіть за відносно достатнього рівня технологічної

трансформації ($\boldsymbol{SP = 0,70}$) нижчі значення інституційного та соціально-еколого-економічного компонентів обмежують загальний інтегральний результат.

Для порівняння розглянемо варіант узгодженого розвитку складових:

$$SP = 0{,}70;\ PPP = 0{,}70;\ SESG = 0{,}70.$$

У цьому випадку:

$ISPS = (0{,}70 \times 0{,}70 \times 0{,}70) / (0{,}70 + 0{,}70 + 0{,}70),$

$ISPS = 0{,}343 / 2{,}10 = 0{,}163.$

Порівняння результатів показує, що підвищення узгодженості складових моделі забезпечує зростання інтегрального індексу навіть без істотного збільшення рівня окремих компонентів. Це підтверджує, що розвиток портових систем визначається не максимізацією окремого технологічного, інституційного або соціально-еколого-економічного виміру, а їх збалансованою взаємодією.

Узагальнення отриманих результатів дозволяє сформулювати такі положення:

- максимізація окремих компонентів $(SP, PPP, SESG)$ не забезпечує пропорційного зростання ефективності системи.
- розвиток портових систем визначається ступенем узгодженості їх складових.
- індекс $ISPS$ забезпечує перехід від якісного до кількісного аналізу тріадної моделі.

Прикладне застосування моделі. Запропонований індекс $\boldsymbol{ISPS}$ може бути використаний як інструмент оцінювання доцільності реалізації концесійних проєктів та інших форм державно-приватного партнерства у портовій сфері.

Оцінювання ефекту проєкту здійснюється як:

$$\Delta ISPS = ISPS_{after} - ISPS_{before}\ , \qquad (8)$$

де $\Delta ISPS$ характеризує зміну рівня синергетичної узгодженості портової системи внаслідок реалізації відповідного інвестиційного або інституційного рішення.

Показник $\Delta ISPS$ виступає градаційним індикатором змін:

– $\Delta ISPS > 0$ свідчить про підвищення рівня узгодженості розвитку портової системи та потенційну доцільність реалізації проєкту;

– $\Delta ISPS \approx 0$ вказує на обмежений ефект проєкту або збереження існуючого структурного балансу;

– $\Delta ISPS < 0$ може свідчити про виникнення дисбалансів між складовими моделі, що потребує додаткового аналізу параметрів проєкту.

Таким чином, індекс $ISPS$ дозволяє врахувати не лише економічну, а й технологічну та соціально-екологічну ефективність інвестиційних рішень.

Висновки. У результаті проведеного дослідження здійснено подальший розвиток тріадної концептуальної моделі портових систем, що інтегрує технологічний (Smart Port), інституційний (Public – Private Partnership) та соціально-еколого-економічний (People – Planet – Profit) виміри.

Обґрунтовано доцільність переходу від концептуального представлення моделі до її аналітичної інтерпретації, що дозволяє розглядати розвиток портових систем як результат взаємодії взаємопов'язаних складових.

Запропоновано інтегральний індекс синергетичної узгодженості портової системи (ISPS), який забезпечує кількісне оцінювання взаємодії технологічного, інституційного та соціально-еколого-економічного вимірів розвитку.

Встановлено, що розвиток портових систем має нелінійний характер і визначається не максимізацією окремих складових, а ступенем їх узгодженості.

Показано, що індекс ISPS дозволяє ідентифікувати дисбаланси розвитку та забезпечує перехід від якісного до кількісного аналізу тріадної моделі.

Обґрунтовано можливість використання запропонованого підходу як аналітичного інструменту для оцінювання стратегій розвитку портових систем, зокрема на етапі обґрунтування доцільності реалізації концесійних проєктів та інших форм державно-приватного партнерства.

Список використаних джерел

1. Кириллова О. В., Кириллова В. Ю. Концепція «Smart Port + 3P»: інтеграція сучасних технологій і державно-приватного партнерства для сталого розвитку морських портів України // 78 професорсько-викладацька науково-технічна конференція: збірник тез доповідей. Одеса:

ОНМУ, 2025. С. 108–112. URL: https://onmu.org.ua/images/university/news/78_Sci_Tech_Conf_Faculty_2025_t.pdf.

2. Кириллова О. В., Кириллова В. Ю. Тріадна концептуальна модель розвитку портових систем: Smart Port, Public–Private Partnership, People–Planet–Profit // Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. 2026. Т. 37(76), № 2. URL: https://www.tech.vernadskyjournals.in.ua/archive.

3. Kyryllova V., Kyryllova O. Construction of a parameterized analytical model for full life-cycle emissions assessment in climate comparison of energy solutions for transport systems // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2026. Vol. 2, No. 10 (140). P. 6–17. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2026.358472. URL: https://journals.uran.ua/eejet/article/view/358472

kirillova18@i.ua
vk.onmu@gmail.com

УДК 656.073:656

Кириллова О.В., д.т.н., проф., Кириллова В.Ю., к.т.н.,
Бєлєй Є.А., аспірант
Одеський національний морський університет, Україна

СИТУАТИВНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ РОЛІ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА ЇХ БІЗНЕС-МОДЕЛЕЙ У СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ

Анотація. *У роботі обґрунтовано підхід до інтерпретації трансформації транспортно-експедиторських підприємств не як лінійного переходу від посередницької моделі до володіння активами, а як ситуативної зміни їх функціонально-рольової конфігурації в межах конкретних транспортних взаємодій. На основі концепції ситуативної PL-ідентифікації постачальників транспортних послуг та продуктоцентричного підходу до розмежування транспортно-технологічних і логістичних процесів запропоновано модель функціонально-рольової конфігурації транспортно-експедиторського підприємства. Сформовано типологію бізнес-моделей транспортно-експедиторських підприємств: модель*

без власних активів (asset-light), модель із власними активами (asset-based) та гібридна модель транспортно-експедиторської діяльності (hybrid freight forwarding model).

Ключові слова: *транспортні системи, транспортно-експедиторська діяльність; ситуативна PL-ідентифікація; інтеграція транспортних процесів; управління транспортними системами.*

Проблематика дослідження. Сучасний етап розвитку транспортних систем характеризується ускладненням структури перевезень, зростанням ролі мультимодальних технологій та інтеграцією різних видів транспорту в єдині транспортні процеси. У цих умовах традиційне трактування транспортно-експедиторських підприємств як виключно посередників, що організовують перевезення без залучення власних ресурсів, є методологічно обмеженим.

Водночас у науковій та практичній площині поширеним є спрощений підхід, відповідно до якого трансформація експедиторських підприємств ототожнюється з переходом до моделі володіння власними активами. Така інтерпретація не враховує багатовимірності функціонування підприємств у сучасних транспортних системах і не дозволяє адекватно оцінити їх роль у процесах формування транспортного продукту.

Як обґрунтовано у роботах Кириллової О.В. та Кириллової В.Ю. [1, 2], роль постачальника транспортних послуг не є фіксованою характеристикою компанії, а формується ситуативно в межах конкретної взаємодії з клієнтом [1]. Крім того, відповідно до продуктоцентричного підходу, ключовим об’єктом аналізу є транспортний продукт, параметри якого визначають конфігурацію транспортного процесу та функціональним навантаженням його учасників [2].

У зв’язку з цим виникає необхідність переосмислення трансформації транспортно-експедиторських підприємств як процесу зміни їх функціональної ролі у системах мультимодальних перевезень.

Метою роботи є обґрунтування концепції ситуативної трансформації функціональної ролі транспортно-експедиторських підприємств у системах мультимодальних перевезень та формування типології їх бізнес-моделей з

урахуванням рівня володіння активами та характеру участі у транспортному процесі.

Основні матеріали дослідження. На відміну від традиційного підходу, у межах якого транспортно-експедиторське підприємство класифікується як окремий тип суб'єкта господарювання, у даному дослідженні використано концепцію ситуативної PL-ідентифікації, відповідно до якої роль компанії визначається як функціональна характеристика конкретної взаємодії.

Це означає, що одне й те саме підприємство в різних умовах може виконувати різні функції [1]: організатора перевезення, оператора власних ресурсів, інтегратора транспортного процесу або координатора інформаційних потоків. Таким чином, функціональна роль не є сталою властивістю підприємства, а формується під впливом параметрів транспортного продукту, структури контрактної взаємодії, рівня інтеграції процесів та наявної ресурсної бази [1].

З урахуванням положень продуктоцентричного підходу, роль транспортно-експедиторського підприємства доцільно розглядати як функцію характеристик транспортного продукту [2], зокрема типу вантажу, вимог до часу доставки, складності маршруту та рівня інтеграції технологічних і управлінських процесів.

З урахуванням положень продуктоцентричного підходу, доцільно уточнити, що продукцією транспортно-експедиторського підприємства є не матеріальний результат, а транспортна послуга [2], яка реалізується у формі організації та забезпечення процесу переміщення вантажу.

Транспорт, як галузь, має низку специфічних особливостей, що принципово відрізняють його від інших сфер економічної діяльності. Зокрема, транспорт не створює нову речову продукцію, а забезпечує переміщення продукції, створеної іншими галузями, виступаючи таким чином продовженням процесу виробництва у сфері обігу. Продукцією транспорту є саме процес переміщення вантажів і пасажирів, а завершеним результатом - факт їх доставки до пункту призначення.

Важливою характеристикою транспортної продукції є нерозривність процесів її виробництва та споживання у часі і просторі, а також відсутність можливості її накопичення та зберігання. У процесі перевезення змінюється просторово-часовий стан вантажу, що зумовлює зростання його споживчої вартості. Крім того, у момент пред'явлення до перевезення товар набуває нової якості, а саме стає вантажем, а після завершення перевезення знову трансформується у товар.

У цьому контексті діяльність транспортно-експедиторського підприємства доцільно розглядати як систему організації та управління процесом створення транспортної послуги, параметри якої (умови доставки, часові обмеження, маршрут, рівень інтеграції процесів) визначають функціональну роль підприємства у конкретній взаємодії з клієнтом.

Таким чином, роль транспортно-експедиторського підприємства формується не лише на основі наявності матеріально-технічних ресурсів, а як результат поєднання характеристик транспортної послуги та організаційно-економічних умов її реалізації.

У цьому контексті запропоновано *модель ситуативної функціонально-рольової конфігурації транспортно-експедиторського підприємства* у системах мультимодальних перевезень, яка відображає багатовимірність його участі у формуванні транспортної послуги.

На відміну від традиційних підходів, де підприємство розглядається як носій фіксованого набору функцій, у межах запропонованої моделі його діяльність інтерпретується як динамічна комбінація функціональних ролей, що формується залежно від параметрів транспортної послуги та умов контрактної взаємодії.

Модель включає такі базові функціональні компоненти:

– ресурсну функцію - володіння або доступ до матеріально-технічних ресурсів, необхідних для реалізації транспортної послуги (зокрема на правових

підставах: оренда, лізинг, залучення субпідрядників-перевізників, у тому числі автоперевізників із власним або орендованим рухомим складом тощо);

– операційну функцію - організацію та/або безпосереднє виконання перевезення;

– інтеграційну функцію - координацію взаємодії учасників транспортного процесу в межах мультимодального транспортного ланцюга;

– інформаційну функцію - управління даними, цифровими потоками та забезпечення прозорості транспортного процесу.

Зазначені функції формують функціонально-рольову конфігурацію транспортно-експедиторського підприємства у межах конкретної транспортної взаємодії.

Таким чином, транспортно-експедиторське підприємство розглядається не як суб'єкт із фіксованою бізнес-моделлю, а як елемент системи формування транспортної послуги, функціональна конфігурація якого змінюється залежно від умов її реалізації.

З метою систематизації підходів до організації діяльності транспортно-експедиторських підприємств у межах запропонованої моделі сформовано типологію їх бізнес-конфігурацій:

1. Модель без власних активів (asset-light) – передбачає орієнтацію на координацію транспортного процесу із використанням ресурсів зовнішніх контрагентів та мінімізацію капіталоємності діяльності.

2. Модель із власними активами (asset-based) – характеризується наявністю матеріально-технічної бази, що забезпечує підвищений рівень контролю над процесом перевезення, але супроводжується зростанням інвестиційного навантаження.

3. Гібридна модель транспортно-експедиторської діяльності (hybrid freight forwarding model) – поєднує використання власних і залучених ресурсів, забезпечуючи адаптивність до умов транспортного ринку та баланс між гнучкістю і контролем.

Встановлено, що зазначені моделі не мають універсального характеру, а їх вибір і поєднання визначаються параметрами транспортної послуги та структурою взаємодії у межах конкретного контракту.

Функціональна роль транспортно-експедиторського підприємства може бути представлена у вигляді узагальненої залежності:

$$PL_{role} = f(S, C, A, I), \quad (1)$$

де: PL_{role} - функціональна роль підприємства, яка інтерпретується як ситуативна конфігурація його участі у формуванні транспортної послуги і може бути представлена у вигляді категоріальної змінної або інтегрального індексу;

S (service parameters) - параметри транспортної послуги (тип вантажу, вимоги до термінів доставки, складність маршруту, рівень сервісу);

C (contract conditions) - умови контрактної взаємодії (розподіл відповідальності, рівень ризику, глибина залучення у процес);

A (assets) - ресурсна база підприємства (наявність та структура матеріально-технічних ресурсів);

I (integration level) - рівень інтеграції транспортних процесів (ступінь координації учасників, цифровізація, управління потоками).

Зазначені фактори мають різну економічну природу та можуть бути представлені у вигляді системи показників або нормованих індексів, що забезпечує можливість їх комплексного врахування.

Запропонована залежність відображає перехід від статичної класифікації постачальників транспортних послуг (як експедиторів, перевізників, 3PL/4PL-провайдерів) до аналізу їх функціональної поведінки у транспортних системах залежно від параметрів транспортної послуги та умов конкретної взаємодії.

Висновки

1. Встановлено, що трансформацію транспортно-експедиторських підприємств доцільно розглядати не як лінійний перехід від посередницької

моделі до володіння активами, а як ситуативну зміну їх функціонально-рольової конфігурації у системах мультимодальних перевезень залежно від параметрів транспортної послуги та умов конкретної взаємодії.

2. Обґрунтовано, що наявність матеріально-технічної бази є лише одним із факторів формування функціональної ролі підприємства і не визначає її однозначно без урахування характеристик транспортної послуги та контрактної взаємодії.

3. Запропоновано модель ситуативної функціонально-рольової конфігурації транспортно-експедиторського підприємства, яка відображає багатовимірність його участі у формуванні транспортної послуги через поєднання ресурсної, операційної, інтеграційної та інформаційної функцій.

4. Сформовано типологію бізнес-моделей транспортно-експедиторських підприємств (asset-light, asset-based, hybrid freight forwarding model), що дозволяє системно описати їх функціональну участь у процесі створення транспортної послуги залежно від рівня контролю над ресурсами та ступеня інтеграції транспортних процесів.

5. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку методів формалізованого оцінювання функціональної ролі транспортно-експедиторських підприємств та ефективності їх бізнес-моделей з урахуванням параметрів транспортної послуги, умов контрактної взаємодії та рівня інтеграції транспортних процесів.

Отримані результати є розвитком концепції ситуативної PL-ідентифікації постачальників транспортних послуг [1] та забезпечують її прикладну конкретизацію для транспортно-експедиторських підприємств, що створює методологічну основу для подальшого аналітичного моделювання їх функціональної ролі у транспортних системах.

Список використаних джерел

1. Кириллова О.В., Кириллова В.Ю. Концептуалізація ситуативної PL (Party Logistics)-ідентифікації постачальників транспортних послуг. Transport Development, (3(26)). 2025. С.50-

72. DOI: https://doi.org/10.33082/td.2025.3-26.04. URL: https://journals.onmu.in.ua/index.php/journal/article/view/554.

2. Кириллова О.В., Кириллова В.Ю. Концептуальна модель розмежування технологічних і логістичних процесів у транспортній галузі на основі продуктоцентричного підходу // Transport Development, 2025. №4(27). С. 47-66. DOI: https://doi.org/10.33082/td.2025.4-27.04. URL: https://journals.onmu.in.ua/index.php/journal/article/view/582/701.

kirillova18@i.ua

vk.onmu@gmail.com

e.bieliei@gmail.com

УДК 378:656.61:005.95/96

Кириллова О.В., д.т.н., проф., Магамадов О.Р., к.т.н., доц., проф., Павлова Н.Л., к.т.н., доц., Кириллова В.Ю., к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет, Україна

СУЧАСНА ПАРАДИГМА ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ, ЗДАТНИХ ДО ЕФЕКТИВНОГО КЕРІВНИЦТВА ПОРТОВОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ В УМОВАХ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ

Анотація. *Виконано аналітичний огляд шляхів системної реалізації ключових положень державної політики щодо розвитку вищої професійної освіти з метою адаптації їх до підготовки фахівців з управління портовою діяльністю в умовах впровадження в портах штучного інтелекту. Запропоновані заходи стосовно організації самостійної роботи студентів під контролем менторів.*

Проблематика. Удосконалення форм і методів підготовки фахівців на сучасному етапі.

Основні матеріали дослідження. Загальний підхід до вирішення проблеми, що винесено на назву даної доповіді, здійснюється у відповідності до затвердженої Кабінетом Міністрів нашої країни стратегією розвитку вищої

освіти в Україні на 2022-2026 роки, пріоритети якої адаптовані до умов морської галузі Міністерством освіти і науки України (МОНУ) у рамках масштабної реформи «Нова українська школа» в єдності з концепцією «Освіта для життя». Мета вказаної адаптації полягає в реалізації гібридної парадигми навчання, якою передбачається енергійний розвиток її ключових складових – студентоцентралізму, компетентносного підходу, академічної свободи й автономії, зв'язку з ринком праці й дуальності навчання, орієнтації на безперервну освіту протягом всього життя, інтеграції в європейську освітню систему та цифровізацію управління процесом навчання із створенням єдиного інформаційного середовища моніторингу якості освіти.

Розуміючи, що окреслених рамкових умов стратегії МОНУ належить дотримуватись за замовчуванням, перейдемо до педагогічного аспекту, а саме до розгляду вихідних дидактичних категорій підготовки фахівців виробничої сфери, в нашому випадку управлінців портовою діяльністю. Такими категоріями є, як відомо, «чому» і «як» вчити.

Будемо шукати відповіді на вказані запитання керуючись сучасними науковими трендами в перетворенні портової індустрії, розвитку теорії й методів управління соціотехнічними системами, впровадження в управління портами штучного інтелекту (ШІ) та ШІ-візації освітнього процесу у галузевих закладах вищої освіти.

Отже, першу дидактичну категорію «чому вчити» з урахуванням орієнтації на ШІ-візацію навчання сьогодні необхідно трактувати як необхідність «вчити професії та коду» одночасно, тому що ці питання нерозривно пов'язані між собою. За такою умовою належить професію мислити як певну діяльність, шлях до оволодіння якою полягає через придбання студентами системних теоретичних знань, надійних практичних вмінь та майстерних навичок. Саме такий потенціал є фундаментальною основою створення й впровадження комплексу особистісних і професійних компетенцій у сенсі кваліфікації як поведінкового стандарту реалізації доленосного покликання фахівця. Разом з

тим потрібно розуміти, що кодом відображається внутрішня логіка професії, тобто творчий шлях перетворення студента в професіонала.

У відповідності з наведеними положеннями здійснюється підготовка фахівців з управління портовою діяльністю в Одеському національному морському університеті в рамках освітньо-професійної програми (ОПП) за спеціальністю J5 «Морський та внутрішній водний транспорт», спеціалізацією J5.05 «Транспортні технології на морському та внутрішньому водному транспорті» галузі знань J5 «Транспорт та послуги».

Профіль ОПП – організація перевезень та управління на транспорті, мета – підготовка фахівців, здатних розв'язувати складні спеціалізовані задачі та вирішувати практичні завдання у галузі транспорту і у сфері організації перевезень та управління на морському та внутрішньому водному транспорті з використанням теорій і методів сучасної науки та з урахуванням комплексності та невизначеності умов функціонування транспортних систем. Її узагальнена ціль – підготовка фахівців, конкурентоспроможних на світовому ринку праці у галузі транспорту і сфері організації перевезень і управління водним транспортом. При цьому освітній процес орієнтується на підготовку фахівців як для судноплавних компаній, так і для берегових підприємств (портів і автономних вантажних терміналів) та сервісних організацій (агентських і транспортно-експедиторських компаній).

Зосередимо далі увагу на поставленому вище запитанні: «чому вчити» майбутніх фахівців у сфері управління портовою діяльністю? Відповідь на це запитання ґрунтується на принципі забезпечення студентам умов для теоретичного розуміння суті управління зазначеним процесом у єдності з механізмом його практичної реалізації в конкретних виробничих ситуаціях. Звідси випливає, що студентам необхідно дати, з одного боку, загальні знання методологічних основ управління транспортними процесами, а з іншого боку, вичерпні знання теорії та методів управління портовою діяльністю. Ця двоєдина місія реалізується протягом майже століття в Одеському національному

морському університеті кафедрами колишнього експлуатаційного факультету, а нині навчально-наукового інституту управління морським транспортом. При цьому профілізація фахівців для управління портовою діяльністю здійснюється в рамках спеціальності – спочатку в циклі обов'язкових професійних дисциплін, а потім – в циклі вибіркових дисциплін за профілем випускової кафедри «Управління портовою і сервісною діяльністю на водному транспорті».

Доречно відзначити, що буквально з першого року існування згаданої кафедри навчання фахівців з керівництва портовою діяльністю виконувалося за схемою, що з народженням кібернетики набула статусу канону, яким передбачається вивчення спочатку об'єкту, а потім суб'єкту управління як складових портової діяльності в широкому її тлумаченні. На сучасному етапі за першою ознакою увага зосереджується на інфраструктурному та технологічному забезпеченні реалізації ключових видів портового виробництва – процесах перевалювання вантажів і обробки суден, а у випадку другої ознаки – на організації управління цими процесами. При цьому вивчення обох напрямків портової професії здійснюється в складі як обов'язкових, так і вибіркових дисциплін спеціальності.

Профілізація випускників у сфері управління портовою діяльністю реалізується комплексом обов'язкових дисциплін «Основи управління портами», «Технологія вантажних операцій» та «Внутрішньопортове оперативне управління» в єдності з вибірковими курсами. При цьому в дисципліні «Основи управління портами» увага зосереджується на довгостроковій перспективі з орієнтацією на створення так званого розумного порту «Smart port», а в курсі «Внутрішньопортове оперативне управління» робиться акцент на короткостроковому режимі функціонування інтелектуальної системи управління (intelligent management) портовою діяльністю.

Досвід випускової кафедри, що згадувалася вище, переконливо показав, що охарактеризований підхід повністю відповідає на запитання «чому належить вчити?» фахівців з управління портовою діяльністю, наскільки можна судити з

відсутності проблем працевлаштування випускників кафедри та збереження їх конкурентоспроможності на ринку морських професій в Україні та за кордоном.

У той же час питання виникають за другою дидактичною категорією – «як вчити?» – у сенсі реалізації рамкових умов висунутої МОНУ парадигми освіти. Справа в тому, що курс на студентоцентрізм, тобто визнання студента повноправним суб'єктом освітнього процесу з правом на формування індивідуальної траєкторії навчання й одночасно обов'язком самостійного добування знань з використанням конспектів лекцій, підручників, навчально-методичних посібників та пошукової системи Google у поєднанні зі ШІ. Це означає скасування традиційної парадигми освіти, якою забезпечувалося надання студентам знань, вмінь та навичок і відмову від інституту лекторства на користь інституту менторства.

Наведений проєкт МОНУ представляється логічним. Ще Аристотель підкреслював, що навчання вимагає від учня праці і що навчання – це важка праця. Останній нюанс підкреслюється в положенні антропології, у відповідності з яким існує об'єктивно природна ієрархія спроможностей і призначень, з чого випливає, що здатність до самонавчання розподіляється між учнями будь-якої школи нерівномірно. Для одних самостійне освоєння великих об'ємів знань, достатніх, наприклад, для оволодіння обраною професією, – це шлях природної самореалізації за наявності адекватного інтелектуального потенціалу, для інших, без зазначеного стрижня, така місія непосильна об'єктивно, внаслідок чого ці інші можуть мати прогалини у своїх знаннях, аж до дуже суттєвих.

Зрозуміло, що в змальованій ситуації наявність у викладацькому арсеналі тільки менторів проблеми якісного навчання всього контингенту студентів не зможе вирішити. Звідси випливає ідея впровадження гібридної організації професійної освіти: для частини студентської спільноти, яка може самостійно набувати фундаментальні знання, ввести інститут менторства, а для останньої

частини студентів зберегти інститут лекторства з урахуванням інновацій в освітньому процесі.

Впровадження МОНУ компетентносного підходу до формування професійного іміджу фахівців є також неоднозначно тлумачною по суті категорією. З одного боку, вона має безумовно позитивний сенс як бритва Оккама для відсікання надлишкових, не реалізованих у практичній діяльності знань, вмінь та навичок. Але з іншого боку, вказаний підхід несе ризик підміни фундаментального ядра освіти «клаптевою мозаїкою», створеної під кон'юнктурні вимоги ринку, актуальні на момент завершення студентами навчання в університеті.

Існування згаданого ризику є не суб'єктивним припущенням, а незаперечною реальністю з точки зору холізму. Внаслідок цього вона заслуговує на найсерйознішу увагу з боку, насамперед, лекторів і менторів як архітекторів професійної освіти. Їх місія має полягати у забезпеченні гармонійного балансу між знаннями «на все життя» і знаннями, потрібними «тут і зараз», звичайно з активною участю у цьому процесі і самих студентів.

Ще один ризик, серйозний і цілком реальний, пов'язаний з ШІ-візацією професійної освіти, що в наш час є світовим трендом, дуже популярним у студентському середовищі в емоційному прояві. Справа полягає в тому, що, як показано в низці наук про людину та її ареал (еволюційна біологія, нейробіологія, когнітивна психологія, економічна теорія та соціологія), людині, а значить і студенту, об'єктивно властиво прагнення до мінімізації зусиль до досягнення бажаного результату в будь-якій сфері діяльності, включаючи навчання. Звідси випливає, що тотальне використання студентами ШІ для миттєвого здобуття знань без розумової напруги веде до атрофії їх мозку з усіма наслідками, що звідси випливають аж до виродження homo sapiens та загибелі цивілізації в космологічному вимірі.

Очевидно, що приборкання охарактеризованого ризику залежить насамперед від сумлінного студента, його здатності зрозуміти, що за ілюзією

легкості вирішення за допомогою ШІ всіх і всіляких проблем криється реальна загроза втрати інтелекту. І вирішальну допомогу йому в цьому має забезпечити ментор, навчивши студента розподіляти працю навчання за принципом: творчу частину своєму природному інтелекту, а рутинну – ШІ. За такою умовою студент, як казали за старих часів, буде «гризти граніт науки» з метою свідомого накопичення знань для формування фундаментального ядра своєї професійної освіти при постійному навантаженні й завдяки цьому збереженні та розвитку розумного потенціалу мозку.

Звернемо увагу на те, що при наявності сталого фундаментального ядра освіти суттю концепції безперервної освіти протягом всього життя шляхом поєднання формального й інформального навчання стає лише оперативне засвоєння інновацій, які, наприклад, в портовій діяльності і управлінні нею трапляються не дуже часто. Але ідея зазначеної концепції в частині моніторингу інновацій зберігає свою актуальність.

І нарешті, ідея дуальної форми навчання як гармонійне поєднання теоретичного навчання та практичної підготовки майбутніх портових фахівців заслуговує на велику увагу, тому що вона не тільки конструктивна по суті, але й надзвичайно складна з точки зору ефективної реалізації. Представляється логічним стверджувати, що принципово важливою умовою успішного розв’язання обговорюваної проблеми є взаємна зацікавленість університету і портів у вказаному результаті, а найбільш раціональний шлях практичної підготовки студентів полягає в послідовному стажуванні їх на кожній посаді диспетчерської служби порту, починаючи з вивчення посадової інструкції та освоєння портових двійників з наступним переходом до набуття вмінь і навичок розв’язання завдань, передбачених згаданою інструкцією, за реальними вихідними даними синхронно з процесами, що здійснюються на кордонних і тилових вантажних фронтах порту. Саме такий підхід є гарантією забезпечення задоволення вимог ринку праці до професійних спроможностей портових фахівців.

Висновок. Завершуючи аналіз державної політики стосовно вищої професійної освіти в нашій країні, відзначимо, що викладені положення необхідно реалізувати в стратегічній постановці у відповідності з установками МОНУ, а на тактичному рівні – шляхом адаптації їх до умов функціонування та розвитку українських портів.

kirillova18@i.ua
maham038660@gmail.com
pavlova_1983@ukr.net
vk.onmu@gmail.com

УДК: 656.615:658.7:658.5:711.4

Кириллова О.В., д.т.н., проф. Ромах В.Л., здобувач PhD.
Одеський національний морський університет, Україна

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ПОДОЛАННЯ РОЗБІЖНОСТЕЙ У ВИЗНАЧЕННІ РОЛІ «DRY PORT» У СИСТЕМІ ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ МОРСЬКИХ ПОРТІВ

Анотація. *У роботі встановлено наявність істотних термінологічних та методологічних розбіжностей між вітчизняними й міжнародними підходами до визначення «dry port» та його ролі у системі просторового розвитку морських портів. Обґрунтовано підхід до визначення ролі та статусу портових об'єктів, відповідно до якого їх функціональна інтерпретація залежить від підходу до їх трактування та рівня інтеграції у транспортні й логістичні системи. Проаналізовано положення дуального підходу до розмежування транспортного та логістичного трактування портових об'єктів, а також Integrated Dry Port Conceptual Model (2025), у межах якої «dry port» концептуалізовано як елемент просторово-функціональної системи «Hinterland - Seaport - Foreland» (HSF). Визначено, що запропонована концептуальна модель формує цілісну теоретичну рамку для інтеграції «dry port» у систему просторового розвитку морських портів та створює методологічне підґрунтя для подальших досліджень інтегрованих портових систем.*

Проблематика дослідження. Сучасний підхід до управління портами не обмежується територією та акваторією морського порту, визначеними законодавством. Він передбачає організаційну та функціональну інтеграцію порту з іншими виробничими і транспортними об'єктами, розташованими за їх межами. Одним із інструментів підвищення конкурентоспроможності морських портів є використання об'єктів, що визначаються терміном «dry port» (сухий порт).

Питання функціонування «dry port» останніми десятиліттями перебуває у центрі уваги міжнародної наукової та виробничої спільноти. У межах відповідного наукового дискурсу постійно еволюціонують підходи до визначення місця, ролі та функціонального навантаження «dry port» у транспортних системах.

Водночас вітчизняні дослідження «dry port» характеризуються фрагментарністю підходів та відсутністю усталеної концептуальної інтерпретації порівняно з міжнародною науковою практикою. Крім того, спостерігається значне термінологічне різноманіття та функціональна невизначеність поняття «dry port». У науковій літературі «dry port» розглядається як мультимодальний вузол, логістичний центр, митний термінал, інтермодальний об'єкт або елемент транспортної інфраструктури.

Існуюча практика розгляду «dry port» окремо від морського порту або, навпаки, їх механічного поєднання без належної системної адаптації зумовлює необхідність уточнення особливостей інтеграції «dry port» у систему «Hinterland – Seaport – Foreland» (HSF), концептуалізовану у роботі [1], а також визначення його функціонального навантаження у системі просторового розвитку морських портів.

При цьому методологічним підґрунтям для аналізу ролі та статусу «dry port» виступає дуальний підхід до розмежування транспортного та логістичного трактування портових об'єктів, запропонований у роботі [2]. Відповідно до цього підходу функціональна інтерпретація портових об'єктів залежить не лише від

набору їх функцій, а й від рівня інтеграції у відповідні транспортні та логістичні системи.

Основні матеріали дослідження. В останнє десятиліття суттєво зросла кількість досліджень, присвячених «dry port». У міжнародній науковій практиці «dry port» переважно розглядається як інтермодальний внутрішній вузол, функціонально пов'язаний із морським портом. Водночас у роботі [1] запропоновано Integrated Dry Port Conceptual Model (2025), у межах якої «dry port» концептуалізовано як елемент просторово-функціональної системи «Hinterland–Seaport–Foreland» (HSF).

У перших дослідженнях «dry port» трактували як внутрішні транспортні вузли, супутникові термінали, перевантажувальні або інтермодальні центри. Значна увага приділялася питанням рентабельності їх впровадження, просторового розташування, екологічного впливу та функціональної взаємодії з морськими портами [3, 4].

Згодом посилився науковий інтерес до інтеграції «dry port» із морськими портами у межах концепції maritime-oriented dry ports. У роботі [5] встановлено, що при описі таких об'єктів термін «dry port» використовується значно рідше, ніж функціональні конструкції типу «логістичний центр».

Крім того, міжнародна наукова практика часто частково або повністю ототожнює «dry port» з інтермодальними терміналами різних типів, зокрема FH/IMT, IMT або extended gateway (AGW). При цьому такі об'єкти можуть не лише взаємодіяти з морським портом, а й частково заміщувати окремі його функції [1].

Щодо вітчизняних підходів, українські дослідники переважно тяжіють до інтерпретації «dry port» як мультимодального вузла з домінуванням митного функціоналу. У ряді робіт «dry port» розглядається насамперед як інструмент удосконалення системи митного оформлення та контролю, тоді як у міжнародній практиці він значно ширше інтегрується у систему просторового розвитку морських портів.

Таким чином, між міжнародними та вітчизняними підходами існують істотні термінологічні та функціональні розбіжності щодо визначення ролі «dry port» у системі HSF.

Ключем до подолання зазначених суперечностей стали положення дуального підходу до розмежування транспортного та логістичного трактування портових об'єктів, запропонованого у роботі [2]. Відповідно до цього підходу статус і роль портових об'єктів визначаються не лише набором їх функцій, а й місцем об'єкта у системі, в межах якої він аналізується, а також рівнем його функціональної та організаційної інтеграції.

На цій методологічній основі у роботі [1] запропоновано Integrated Dry Port Conceptual Model (2025), у межах якої «dry port» трактовано як інтермодальний внутрішній термінал, технологічно інтегрований із морським портом та включений у просторово-функціональну систему «Hinterland–Seaport–Foreland» (HSF).

У межах запропонованої концепції «dry port» розглядається не лише як окремий інфраструктурний об'єкт, а як елемент інтегрованої системи просторового розвитку морських портів, що виконує виробничі, митні, сервісні та додаткові функції і виступає каталізатором розвитку портових хінтерлендів.

Запропонована концептуальна модель формує цілісну теоретичну рамку для подальшої адаптації та впровадження «dry port» у систему просторового розвитку морських портів.

Висновок. У роботі встановлено наявність істотних термінологічних та концептуальних розбіжностей між міжнародними і вітчизняними підходами до інтерпретації «dry port» та визначення його ролі у системі просторового розвитку морських портів.

Обґрунтовано, що функціональна інтерпретація портових об'єктів залежить не лише від набору виконуваних функцій, а й від рівня їх інтеграції у транспортні та логістичні системи. Показано, що використання дуального підходу до

розмежування транспортного та логістичного трактування портових об'єктів дозволяє подолати суперечності у визначенні статусу та ролі «dry port».

Визначено, що Integrated Dry Port Conceptual Model (2025), запропонована у роботі [1], забезпечує системне трактування «dry port» як елемента просторово-функціональної системи «Hinterland–Seaport–Foreland» (HSF), технологічно інтегрованого із морським портом та орієнтованого на розвиток портових хінтерлендів.

Запропонований підхід формує теоретичне підґрунтя для подальшої інтеграції «dry port» у систему просторового розвитку морських портів та розвитку методології управління інтегрованими портовими системами.

Література.

1. Кириллова О.В., Ромах В.Л. Концептуальна модель інтегрованого сухого порту: системне бачення у тріаді «hinterland-seaport-foreland». Вісник Приазовського державного технічного університету. Технічні науки. Дніпро: ДВНЗ «Приазов. держ. техн. ун-т», 2025. Вип. 52. С. 229-243. - URL: https://doi.org/10.31498/2225-6733.52.2025.351135.

2. Кириллова О.В., Ларіна І.М. Дуальний підхід до розмежування поглядів на сучасний порт і портовий термінал з позицій транспортної науки і логістики. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Технічні науки. 2025. Том 36 (75). № 2. Ч.1 С. 234-242. DOI: https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.2.1/35.

3. Roso, V., Lumsden, K. A review of dry ports. Marit Econ Logist. 2010. № 12. Pp. 196-213. DOI: https://doi.org/10.1057/mel.2010.5.

4. Khaslavskaya A., Roso V. Dry ports: research outcomes, trends, and future implications. Maritime Economics & Logistics. 2020. № 22. Pp. 265-292. DOI: https://doi.org/10.1057/s41278-020-00152-9.

5. Nguyen L. C, Notteboom T. The relations between dry port characteristics and regional port-hinterland settings: findings for a global sample of dry ports. Maritime Policy & Management. 2018. № 46 (1). Pp. 24-42. DOI: https://doi.org/10.1080/03088839.2018.1448478

kirillova18@i.ua

romakhvalentina@gmail.com

УДК 656.1:339.9

Клюєв С.О., к.т.н., доц., Гордієнко С.О., студент

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ

Анотація. *В матеріалах доповіді розглянуто вплив воєнних дій на залізничний транспорт України. Проаналізовано роль залізниці в евакуації населення, перевезенні критичних вантажів, підтримці економіки та інтеграції з європейською транспортною системою*

Проблематика. Залізничний транспорт є однією з основних складових транспортної системи України. До початку повномасштабних воєнних дій він забезпечував значну частину пасажирських і вантажних перевезень, зокрема транспортування зерна, металу, вугілля, пального, будівельних матеріалів та промислової продукції. Після 24 лютого 2022 року умови роботи залізниці різко змінилися: частина інфраструктури опинилася під обстрілами, окремі ділянки були пошкоджені або тимчасово втрачені, а попит на евакуаційні та гуманітарні перевезення суттєво зріс.

Головна проблема полягає в тому, що залізниця під час воєнних дій одночасно виконує кілька критично важливих функцій: евакуює людей, перевозить вантажі для економіки, підтримує міжнародну торгівлю, забезпечує логістику гуманітарної допомоги та працює як елемент стійкості держави.

Основні матеріали дослідження. Залізничний транспорт України у воєнних умовах став не просто видом перевезень, а важливою частиною національної стійкості. Його перевага полягає у здатності перевозити великі обсяги людей і вантажів на значні відстані, працювати за складних погодних умов і забезпечувати відносно стабільне сполучення між регіонами. Коли авіаційне сполучення було припинене, а частина автомобільних маршрутів стала

небезпечною або перевантаженою, саме залізниця взяла на себе значну частину транспортного навантаження.

Одним із перших викликів стала масова евакуація населення. У перші місяці вторгнення поїзди вивозили людей із Києва, Харкова, Сум, Чернігова, Запоріжжя, Донбасу, Херсона та інших небезпечних регіонів. Для багатьох громадян залізниця була найбезпечнішим способом дістатися до західних областей або до кордону з країнами Європейського Союзу. Евакуаційні рейси часто виконувалися в умовах повітряних тривог, перевантажених вокзалів, нестачі часу та постійної загрози ударів по інфраструктурі.

Водночас залізниця забезпечувала вантажні перевезення. Через блокування частини морських портів та ускладнення автомобільної логістики підприємства були змушені активніше використовувати залізничні маршрути. Залізницею перевозили зерно, металургійну продукцію, паливо, будівельні матеріали, техніку, продукти харчування та гуманітарну допомогу. Це дозволяло підтримувати роботу економіки, хоча маршрути часто ставали довшими, дорожчими і складнішими для організації.

Воєнні дії суттєво вплинула на інфраструктуру залізниці. Під ударами опинялися вокзали, станції, мости, тягові підстанції, колії, депо, ремонтні бази та енергетичні об’єкти. Пошкодження навіть одного вузла могло порушити рух на великій ділянці, тому важливим завданням стало швидке відновлення інфраструктури. Укрзалізниця та ремонтні служби часто відновлювали колії, контактну мережу і мости у стислі терміни, щоб забезпечити безперервність пасажирських та вантажних перевезень.

Окремим викликом стала залежність залізничного транспорту від електроенергії. Значна частина магістральних ліній в Україні електрифікована, тому удари по енергетичній системі у 2022–2024 роках впливали і на залізничні перевезення. Під час аварійних або планових відключень електроенергії залізниця була змушена змінювати графіки руху, використовувати тепловози на

окремих напрямках, посилювати резервні джерела живлення та оперативно відновлювати тягові підстанції.

Вантажна логістика залізниці також зіткнулася з проблемою пропускної здатності західних прикордонних переходів. До воєнних дій значна частина експорту йшла через морські порти, а після їх блокування вантажні потоки були переорієнтовані на Польщу, Словаччину, Угорщину, Румунію та Молдову. Це створило черги вагонів, збільшило час доставки та потребу в додаткових перевантажувальних потужностях.

Важливою технічною проблемою є різниця ширини колії. Основна мережа українських залізниць використовує колію 1520 мм, тоді як у більшості країн Європейського Союзу стандартом є 1435 мм. Через це на кордоні часто потрібно перевантажувати товари, переставляти вагони на інші візки або використовувати спеціальну інфраструктуру. У мирний час це було логістичною незручністю, а під час воєнних дій стало серйозним обмеженням для експорту та міжнародних перевезень.

Саме тому одним із перспективних напрямів розвитку є поступова інтеграція української залізниці з європейською транспортною мережею. Будівництво та розширення ділянок європейської колії, модернізація прикордонних переходів, розвиток перевантажувальних терміналів і логістичних хабів можуть зменшити залежність України від окремих маршрутів та підвищити швидкість міжнародних перевезень. Це особливо важливо для експорту аграрної і промислової продукції.

Воєнні дії також змінили пасажирські перевезення. Частина людей виїхала з небезпечних регіонів, частина регулярно користується поїздами для поїздок між місцем проживання, навчанням, роботою та родиною. Зросло значення міжнародних поїздів до Польщі, Словаччини, Угорщини, Австрії, Молдови та інших країн. Для багатьох українців залізниця стала основним способом міжнародного сполучення, оскільки цивільна авіація в Україні не працює.

Не менш важливим є питання безпеки. Залізничні вокзали та поїзди мають працювати в умовах повітряної тривоги, ризику обстрілів і великого скупчення людей. Це вимагає організації укритій, інформування пасажирів, резервних маршрутів, координації з рятувальними службами та військовими адміністраціями. Безпека стала одним із головних критеріїв оцінки роботи залізничного транспорту.

Наслідки воєнних дій для залізничного транспорту України за напрямом впливу наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Основні наслідки воєнних дій для залізничного транспорту України

Напрям впливу	Прояви під час воєнних дій	Значення для країни
Пасажирські перевезення	евакуаційні рейси, міжнародні поїзди, перевезення ВПО	збереження мобільності населення та зв'язку між регіонами
Вантажна логістика	перевезення зерна, металу, пального, гуманітарних вантажів	підтримка економіки та експорту
Інфраструктура	пошкодження колій, мостів, станцій, енергетичних об'єктів	потреба у швидкому ремонті та резервних маршрутах
Євроінтеграція	розвиток переходів, терміналів і європейської колії 1435 мм	краща сумісність із транспортною системою ЄС

Цифровізація також допомогла залізниці адаптуватися до воєнних дій. Онлайн-продаж квитків, електронні сервіси, оперативне інформування пасажирів, системи планування вантажних перевезень і цифровий документообіг дають змогу швидше реагувати на зміни ситуації. У воєнних умовах важливо не лише доставити вантаж або пасажира, а й швидко змінити маршрут у разі небезпеки.

Висновки. Воєнні дії змінили роль залізничного транспорту в Україні. Якщо в мирний час залізниця була передусім важливою частиною пасажирської та вантажної логістики, то під час війни вона стала елементом безпеки, евакуації, гуманітарної підтримки та економічної стійкості держави.

Основними проблемами стали руйнування інфраструктури, загроза обстрілів, перевантаження окремих напрямків, нестача пропускної здатності на західному кордоні, різниця ширини колії з країнами ЄС та залежність від енергетичної інфраструктури. Водночас залізниця показала здатність швидко пристосовуватися до нових умов і продовжувати роботу навіть у кризових ситуаціях.

Подальший розвиток залізничного транспорту України має бути спрямований на модернізацію колій, мостів і станцій, розширення європейської колії, збільшення пропускної здатності прикордонних переходів, цифровізацію перевезень і підвищення безпеки пасажирів. Саме залізниця може стати однією з головних основ відновлення та інтеграції України до європейської транспортної системи.

Список літератури

1. Державна служба статистки України [офіційний сайт]. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/ (дата відвідування травень 2026).

2. Міністерство розвитку громад та територій України □офіційний сайт□. URL: https://mtu.gov.ua/ (дата відвідування травень 2026).

3. Клюєв С.О. Основні проблеми та напрямки енергозбереження в транспортному комплексі України / С.О. Клюєв // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 20-21 березня 2025 року). Полтава : ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2025. С. 326–329.

4. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025-2027 роках. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1550-2024-%D0%BF#Text (дата відвідування травень 2026).

5. Клюєв С.О. Транспортно-логістична система України в умовах європейської інтеграції / С.О. Клюєв, Б.В. Юров // Розвиток бізнесу в контексті європейської інтеграції: глобальні виклики, стратегічні пріоритети, реалії та перспективи [Електронне видання]: матеріали Міжнар. наук.- практ. конф., 07 червня 2024 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. – Харків, 2024. – С. 70–71. Електронні текстові дані. – Режим доступу : http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/

kliuiev@snu.edu.ua

gordienkos259@gmail.com

УДК: 656.1

Коваль Ю.П., студент, Дорощук В.О., ст. викладач,

Національний університет водного господарства та природокористування

ОРГАНІЗАЦІЙНО-УПРАВЛІНСЬКІ ЗАСАДИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ ЛОГІСТИЧНИХ МАРШРУТІВ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

Анотація. *У сучасних умовах глобалізації економіки ефективна організація транспортного обслуговування міжнародних логістичних маршрутів є одним із ключових факторів конкурентоспроможності виробничих підприємств. Розширення ринків збуту, інтеграція у світові ланцюги постачання та зростання вимог до швидкості й надійності доставки обумовлюють необхідність формування ефективних організаційно-управлінських підходів у сфері транспортної логістики.*

Постановка проблеми. Транспортне обслуговування міжнародних маршрутів – це комплекс заходів, спрямованих на забезпечення своєчасного, безпечного та економічно обґрунтованого переміщення вантажів від виробника до споживача за межами однієї країни. Воно включає планування перевезень, вибір видів транспорту, організацію взаємодії між учасниками логістичного процесу, управління ризиками та контроль виконання перевезень.

Основні матеріали дослідження. Однією з ключових складових є організаційна структура управління транспортною діяльністю підприємства. Залежно від масштабів і специфіки діяльності підприємства можуть застосовуватися централізовані або децентралізовані моделі управління. Централізована модель передбачає зосередження функцій планування та контролю в одному підрозділі, що забезпечує єдність управлінських рішень і кращу координацію. Децентралізована модель, у свою чергу, дозволяє оперативніше реагувати на зміни в окремих регіонах і підвищує гнучкість управління.

Система доставки вантажів обирається з урахуванням багатьох факторів, зокрема видом вантажу, необхідною швидкістю транспортування, географією та особливостями маршруту, фінансовими ресурсами, митними умовами, станом інфраструктури та рівнем сервісу (рис 1).

Рисунок 1. Основні інструменти обґрунтування вибору системи доставки вантажів

Важливим елементом організаційно-управлінських засад є планування міжнародних логістичних маршрутів. Воно включає визначення оптимальних шляхів транспортування з урахуванням географічних, економічних і політичних факторів. При цьому враховуються такі критерії, як вартість перевезення, терміни доставки, надійність маршрутів, наявність транспортної інфраструктури, митні процедури та можливі ризики. У сучасних умовах

особливої уваги потребує диверсифікація маршрутів для зниження залежності від окремих транспортних коридорів.

Суттєву роль у забезпеченні ефективності транспортного обслуговування відіграє інформаційне забезпечення та цифровізація процесів. Використання сучасних інформаційних систем, таких як TMS (Transportation Management System), дозволяє автоматизувати планування маршрутів, контролювати виконання перевезень у реальному часі, аналізувати витрати та підвищувати прозорість логістичних операцій. Інтеграція таких систем із ERP-платформами підприємства забезпечує узгодженість логістичних процесів із виробничими та фінансовими потоками.

Суттєвою складовою організаційно-управлінських засад є взаємодія з партнерами – транспортними компаніями, експедиторами, митними брокерами та іншими учасниками логістичного ланцюга. Ефективна координація між усіма сторонами дозволяє забезпечити безперервність процесу перевезення, зменшити витрати та підвищити рівень сервісу. У цьому контексті важливим є укладання довгострокових контрактів і розвиток партнерських відносин.

Крім того, значну роль відіграє нормативно-правове забезпечення міжнародних перевезень. Підприємства повинні враховувати вимоги міжнародних конвенцій, митного законодавства, правил перевезення небезпечних вантажів, а також національні нормативи країн, через які проходять маршрути.

У сучасних умовах особливого значення набуває впровадження інноваційних підходів до управління транспортним обслуговуванням. Це включає використання штучного інтелекту для оптимізації маршрутів, блокчейн-технологій для забезпечення прозорості операцій, а також розвиток екологічно орієнтованих рішень.

Висновок. Отже, організаційно-управлінські засади транспортного обслуговування міжнародних логістичних маршрутів виробничого підприємства є складною багатокомпонентною системою, яка охоплює планування,

організацію, контроль і вдосконалення логістичних процесів. Ефективна реалізація цих засад дозволяє підприємствам забезпечити стабільність постачання, знизити витрати, підвищити якість обслуговування та зміцнити свої позиції на міжнародному ринку. У подальшому розвиток цієї сфери буде пов'язаний із поглибленням цифровізації, підвищенням гнучкості логістичних систем і впровадженням інноваційних технологій.

koval_m23@nuwm.edu.ua
v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua

УДК 656.211.5

Ковальчук В.В. д.т.н., проф., Лесів Ю.З.
Національний університет «Львівська політехніка»

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ЗМІНИ ПІШОХІДНИХ ПОТОКІВ ПРИ ПЕРЕТИНІ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ ЗАЛЕЖНО ВІД ТИПУ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПІШОХІДНИХ ПЕРЕХОДІВ

Анотація. *У роботі досліджено особливості формування пішохідних потоків при перетині залізничних колій залежно від типу пішохідного переходу (в одному рівні, підземного та надземного). Встановлено, що тип переходу суттєво впливає на інтенсивність, структуру та поведінкові характеристики пішохідних потоків, а також рівень безпеки їх функціонування. Обґрунтовано доцільність застосування різних типів переходів з урахуванням умов експлуатації та потреб користувачів.*

Проблематика. Забезпечення безпеки руху пішоходів на залізничному транспорті є важливим науково-практичним завданням у сфері транспортних систем, особливо в умовах зростання інтенсивності руху поїздів. Залізничні пішохідні переходи виступають зонами підвищеного ризику, де відбувається взаємодія пішохідних потоків і рухомого складу, що формує потенційно конфліктні ситуації.

Дослідження [1] показує, що рівень травматизму на об’єктах залізничної інфраструктури залишається високим. Зокрема, у 2024 році зафіксовано зростання кількості травмувань, пов’язаних із рухомим складом, на 12,7 % порівняно з попереднім роком. Встановлено, що значна частина інцидентів зумовлена поведінковими характеристиками пішоходів, а також недосконалістю організації переходів.

Ймовірність виникнення небезпечних ситуацій залежить від комплексу факторів, серед яких визначальними є геометричні параметри переходів, інтенсивність руху поїздів та рівень технічного забезпечення (сигналізація, засоби попередження) [2]. При цьому формування пішохідних потоків має динамічний характер і визначається інтервалами між поїздами, швидкістю їх руху та умовами сприйняття інформації пішоходами.

Основний матеріал дослідження. У процесі дослідження встановлено, що ключовим фактором, який визначає параметри пішохідних потоків, є тип залізничного пішохідного переходу. Конструктивні особливості переходів обумовлюють відмінності у структурі потоків, їх інтенсивності, швидкості руху та поведінкових характеристиках пішоходів.

Залежно від конструктивного виконання виділено три основні типи переходів: у одному рівні, підземні та надземні (рис. 1).

1) в одному рівні 2) підземні 3) надземні

Рис. 1. Типи залізничних пішохідних переходів [3-5]

Проведений аналіз показав, що залізничні пішохідні переходи в одному рівні формують найбільш інтенсивні пішохідні потоки за рахунок мінімізації довжини маршруту та часу перетину. Водночас відсутність просторового розділення з рухом поїздів зумовлює підвищений рівень ризику та значну кількість порушень правил безпеки. Такі потоки характеризуються високою динамічністю, нерегульованістю та залежністю від режиму руху поїздів.

На відміну від цього, підземні переходи забезпечують просторове розділення транспортних і пішохідних потоків, що сприяє формуванню стабільних і впорядкованих потоків із прогнозованими параметрами руху. Встановлено, що використання підземних переходів дозволяє суттєво знизити рівень аварійності за рахунок усунення конфліктних точок. Однак ефективність їх функціонування визначається довжиною маршруту, рівнем комфортності та соціально-психологічними факторами, які впливають на вибір пішоходами траєкторії руху.

Надземні переходи, як і підземні, забезпечують повне розділення потоків, однак формують інший характер пішохідного руху. Встановлено, що вони сприяють утворенню регульованих і структурованих потоків із чітко визначеними траєкторіями руху. При цьому наявність додаткових вертикальних переміщень призводить до збільшення часу проходження, що може знижувати рівень використання таких переходів. Крім того, обмежена доступність для маломобільних груп населення виступає суттєвим фактором, що впливає на ефективність їх функціонування.

Висновки. У результаті дослідження встановлено, що тип залізничного пішохідного переходу є визначальним фактором формування параметрів пішохідних потоків та рівня їх безпеки. Переходи в одному рівні характеризуються високою інтенсивністю та підвищеним рівнем ризику, тоді як підземні та надземні переходи забезпечують більш організовані та безпечні умови руху.

Встановлено, що зміна типу переходу призводить до трансформації структури пішохідного потоку, зміни поведінкових характеристик учасників руху та варіації рівня аварійності.

Отримані результати свідчать про необхідність застосування диференційованого підходу до вибору типу пішохідних переходів із урахуванням інтенсивності руху, умов експлуатації та вимог до забезпечення безпеки.

Список використаних джерел

1. Lesiv J., Kovalchuk V. Assessment of the accident rate coefficient at pedestrian railway crossings. *Transport Technologies*. 2025. Vol. 6, No. 1. P. 1–12. DOI: https://doi.org/10.23939/tt2025.01.001

2. Kovalchuk V., Lesiv Y. Problems of ensuring the safety of pedestrian traffic across railway tracks and ways to solve them. *Transport Systems and Technologies*. 2024. No. 43. P. 8–20. DOI: https://doi.org/10.32703/2617-9059-2024-43-1

3. Переходи для життя. *Укрінформ*. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-society/2592761-perehodi-dla-zitta.html

4. Перони, ліфти, вокзальні тунелі. *Високий Замок*. URL: https://wz.lviv.ua/statti/513759-perony-lifty-vokzalni-tuneli

5. До кінця року у Львові має з’явитися новий пішохідний міст. *Твоє Місто*. URL: https://tvoemisto.tv/uk/news/92101-do-kintsya-roku-u-lvovi-maie-zyavytysya-novyy-pishohidnyy-mist

yuliia.z.lesiv@lpnu.ua

vitalii.v.kovalchuk@lpnu.ua

УДК: 656.6

Корнієць Т.Є., к.т.н., доцент,

Мошнянський О.А., старший викладач

Одеський національний морський університет

ЩОДО ОЦІНКИ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НА ЯКІСТЬ КАРБАМІДУ

Анотація. *В даній роботі представлені результати експериментів проведених на базі науково-випробувальної лабораторії ТОВ «АСі Україна» щодо впливу залишків попередніх вантажів на якість карбаміду. Запропонований експрес-метод контролю Bordentest дозволяє оперативно виявляти випадки забруднення та мінімізувати ризики постачання неякісної продукції споживачам.*

Проблематика. Основними причинами погіршення якості карбаміду під час перевантаження на морському терміналі є використання одного перевантажувального обладнання для різних видів добрив, недостатнє очищення вагонів, конвеєрів та складських систем, а також порушення умов зберігання й перевалки вантажу. Внаслідок підвищеного ризику забруднення карбаміду залишками попередніх вантажів, виникає необхідність у проведені оцінки впливу транспортно-технологічного процесу на якість карбаміду.

Основні матеріали дослідження. Карбамід або сечовина – хімічна сполука у вигляді білих, або слабо забарвлених гранул, що широко розповсюджена у сільському господарстві як мінеральне азотне добриво, а також використовується для виробництва карбамід-формальдегідних полімерів, пластмас, штучних волокон і клеїв, у деревообробній промисловості, виробництві присадок для дизельних двигунів, косметичній промисловості та інших галузях [1]. Відповідно, залежно від призначення карбамід виробляють двох марок: А - для промисловості та Б - для рослинництва, тваринництва, роздрібної торгівлі [2]. Не зважаючи на те, що карбамід отримується за одним

технологічним процесом, вимоги до якості карбаміду для сільськогосподарських цілей та для технічних потреб мають деякі відмінності (табл. 1).

Таблиця 1 – Вимоги до якості карбаміду (сечовини)*

FOR AGRICULTURAL PURPOSES		FOR TECHNICAL PURPOSES	
Nitrogen	46.0 pct min	Nitrogen	46.0 pct min
Biuret	1.2 pct max	Biuret	1.2 pct max
Moisture	0.5 pct max	Moisture	0.5 pct max
Granulometry	2 - 5 mm 90.0 pct min	Sulphates	10 ppm max
Appearance:		Chlorides	100 ppm max
Colour white, free flowing, free from dust and/or foreign matters and/or harmful substances		Color in 10% solution:	20 APHA max
Treated with anti-caking agent Formaldehyde only		Borden test	6.6pH min
		Granulometry	2 - 5 mm 90.0 pct min
		Appearance:	
		Colour white, free flowing, free from dust and/or foreign matters and/or harmful substances	
		Treated with anti-caking agent Formaldehyde only.	

*Зазвичай вимоги до якості карбаміду (сечовини) призначеної для експорту мають відповідати вимогам конкретної контрактної специфікації.

Як видно з представленого вище порівняння вимог, для технічного карбаміду додатково контролюються показники вмісту сульфатів, хлоридів, кольоровості розчину та показник *Bordentest* [3], [4].

Саме цей тест є головним методом оцінки придатності карбаміду для технічних потреб. Він відображає наявність солей амонію в карбаміді за допомогою їх реакції з формальдегідом. Реакція формальдегіду з іоном амонію в помірно лужному середовищі зменшує pH розчину пропорційно до вмісту солей.

Результат цього тесту відображається значення pH після додавання формальдегіду. Якщо значення pH падає нижче 6,6 – це свідчить про непридатність продукції для окремих напрямів технічного використання, а саме для виробництва карбамідно-формальдегідних смол. Перевагою даного методу є його простота, відсутність потреби у дорогому обладнанні та можливість проведення аналізу безпосередньо в «польових» умовах (наприклад під час навантаження).

Загалом, під час транспортування навалом, карбамід може проходити значну кількість етапів: переміщення через приймальні бункери, конвеєрні лінії, складські приміщення, завантаження у залізничні вагони, автомобілі або баржі та суднові вантажні системи. На одному терміналі одночасно можуть оброблятися інші мінеральні добрива, зокрема аміачна селітра, сульфат амонію або NPK-добрива (азот, фосфор і калій), відповідно використання спільних конвеєрів, бункерів та перевантажувального обладнання значно підвищує ризик перехресного забруднення вантажу залишками попередніх продуктів.

Для оцінки впливу залишків попередніх вантажів на якість карбаміду авторами, на базі науково-випробувальної лабораторії ТОВ «АСі Україна» [5], було проведено низку експериментів.

Перший експеримент моделював транспортування сульфату амонію конвеєрними системами та у вагонах методом струшування протягом 15 хвилин. Після очищення тари від сульфата амонію до неї було поміщено вже попередньо перевірений карбамід. У результаті контакту було проведено аналіз Bordentest який показав, що показник pH знизився з 7,2 до 4,15, що свідчило про значне забруднення карбаміду амонійними солями навіть за мінімальної кількості залишків попереднього вантажу.

Під час другого експерименту до карбаміду додали незначну кількість пилу NPK-добрив, який утворюється під час руйнування гранул добрива при вивантаженні з вагонів. Візуально присутність домішок у пробі була непомітною, однак результати аналізу Bordentest показали зниження рівня pH з 6,7 до 4,6. Отримані результати підтвердили, що навіть мінімальні залишки

інших мінеральних добрив можуть суттєво погіршувати якість карбаміду для технічного використання.

Дані дослідження дали змогу зробити висновок, що на стан та якість карбаміду вирішальний вплив має саме транспортно-технологічний процес. Відповідно, основними причинами погіршення якості є використання одного перевантажувального обладнання для різних видів добрив, недостатнє очищення вагонів, конвеєрів та складських систем, а також порушення умов зберігання й перевалки вантажу.

Висновки. Таким чином, забезпечення належного контролю чистоти транспортного та портового обладнання є важливим фактором збереження якісних характеристик карбаміду. Використання експрес-методів контролю, зокрема Bordentest, дозволяє оперативно виявляти випадки забруднення та мінімізувати ризики постачання неякісної продукції споживачам.

Список використаних джерел

1. Федік Л. Ю., Смолянкін О. О., Грудецький Р. Я. Аналіз технологічного процесу отримання карбаміду як об’єкта керування з використанням промислових контролерів. VII міжнародна науково-технічна конференція з проблем вищої освіти і науки ТК-2022 «Прогресивні напрямки розвитку автоматичних технологічних комплексів»: Зб. наук. пр., м. Луцьк, 28–30 трав. 2022 р. С. 30–32. URL: https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2023-02/2022_ТК-2022_Збірник%20тез.pdf#page=30.

2. ДСТУ 7312:2013. Сечовина (карбамід). Технічні умови. На заміну ГОСТ 2081-92 ; чинний від 2014-01-01. Вид. офіц.

3. ISO 2752:1973. Urea for industrial use – Measurement of the variation of pH in the presence of formaldehyde – Potentiometric method. Official edition (withdrawn).

4. SC001: Edition 08/83. Urea: Borden test. Officialedition. 1 p.

5. ТОВ «АСі Україна». URL:http://alexstewartinternational.com.ua/uk/.

tekornit@gmail.com

moshnyanskiy@gmail.com

УДК 339.543:656.073

Коробкова З.С., студентка

Одеський національний морський університет, Україна

ВПЛИВ МИТНИХ ПРОЦЕДУР НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Анотація. *У тезах досліджено вплив митних процедур на ефективність транспортного обслуговування контейнерних перевезень. Проаналізовано взаємозв'язок між тривалістю митного оформлення та якістю логістичного сервісу, розглянуто роль електронного декларування, системи управління ризиками та попередніх рішень. Обґрунтовано напрями підвищення ефективності транспортного обслуговування шляхом оптимізації митних процесів та впровадження сучасних цифрових технологій.*

Проблематика. Ефективність транспортного обслуговування в умовах глобалізації значною мірою визначається швидкістю та надійністю переміщення товарів. Контейнерні перевезення, як ключовий елемент сучасних логістичних систем, потребують узгодженості дій усіх учасників транспортного процесу, серед яких важливе місце займають митні органи.

Митні процедури виступають невід'ємною складовою транспортного обслуговування, оскільки саме вони визначають тривалість простою вантажів у пунктах пропуску, рівень витрат та загальну ефективність логістичного ланцюга. Надмірна складність або тривалість митного оформлення знижує якість транспортного сервісу, призводить до затримок та додаткових витрат для суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності.

Основні матеріали дослідження. Транспортне обслуговування контейнерних перевезень є складною багаторівневою системою, що охоплює процеси перевезення, перевалки, зберігання та супроводу вантажів. У цій системі митні процедури виконують регулятивну та контрольну функції, забезпечуючи дотримання законодавства при переміщенні товарів через митний кордон.

Сучасні тенденції розвитку транспортного обслуговування передбачають скорочення часу доставки вантажів та підвищення рівня сервісу. У цьому контексті тривалість митного оформлення стає одним із ключових факторів, що впливають на логістичну ефективність. Час виконання митних формальностей безпосередньо впливає на показники транспортного обслуговування, зокрема тривалість доставки (lead time), оборот контейнерів та витрати на перевезення.

Важливим напрямом підвищення ефективності митних процедур є їх цифровізація. Використання електронного декларування, електронного цифрового підпису та принципу «єдиного вікна» дозволяє значно скоротити час обробки документів, підвищити прозорість процедур та мінімізувати вплив людського фактору.

Значну роль у підвищенні ефективності транспортного обслуговування відіграє система управління митними ризиками. Її застосування дозволяє диференціювати підходи до контролю, використовуючи спрощені процедури для низькоризикових операцій та більш ретельний контроль для високоризикових вантажів. Це сприяє оптимізації використання ресурсів митних органів та прискоренню руху товарів.

Одним із найбільш ефективних інструментів оптимізації митного оформлення є застосування попередніх рішень щодо класифікації товарів та визначення їх походження. Використання таких рішень дозволяє ще до моменту переміщення вантажу узгодити ключові параметри декларування, що знижує ймовірність виникнення спірних ситуацій та скорочує час митного контролю.

Важливим фактором підвищення ефективності транспортного обслуговування є інтеграція України до міжнародних транспортно-логістичних систем. Запровадження Нової комп'ютеризованої транзитної системи (NCTS) забезпечує використання єдиної транзитної декларації та сприяє безперервності транспортного процесу. Це дозволяє скоротити час простою вантажів на кордоні, зменшити витрати та підвищити конкурентоспроможність транспортних послуг.

Висновки. Митні процедури мають суттєвий вплив на ефективність транспортного обслуговування контейнерних перевезень, оскільки визначають

швидкість переміщення товарів та рівень витрат у логістичному ланцюгу. Оптимізація митних процесів є важливою умовою підвищення якості транспортного сервісу.

Основними напрямами підвищення ефективності транспортного обслуговування є:

- цифровізація митних процедур та розвиток електронного декларування;
- удосконалення системи управління ризиками;
- розширення застосування попередніх рішень;
- інтеграція до міжнародних митних і транспортних систем, зокрема NCTS.

Реалізація зазначених заходів дозволить скоротити час митного оформлення, підвищити швидкість доставки вантажів та зміцнити позиції України на міжнародному ринку транспортно-логістичних послуг.

nechaeva1603@gmail.com

УДК 656.2:658.7:691

Кудряшов Д.В., аспірант

Український державний університет залізничного транспорту (Україна)

ЛОГІСТИЧНІ БАР'ЄРИ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ В УМОВАХ НЕРІВНОМІРНОГО ПОПИТУ ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОДОЛАННЯ

Анотація. *У статті досліджено особливості функціонування системи перевезення будівельних матеріалів залізничним транспортом в умовах нерівномірного попиту. Визначено основні логістичні бар'єри, що виникають у процесі організації перевезень, та обґрунтовано напрями підвищення ефективності транспортного процесу.*

Проблематика. Сучасний стан вантажних перевезень залізничним транспортом України характеризується структурними змінами у вантажній базі

та трансформацією просторової організації вантажопотоків. Особливо це проявляється у сегменті перевезення будівельних матеріалів, попит на які зростає внаслідок активізації будівельних процесів та відновлення інфраструктури.

На відміну від традиційних масових вантажів, таких як вугілля або зерно, перевезення будівельних матеріалів формуються на основі розосередженої мережі виробників і споживачів, що ускладнює організацію транспортного процесу. Водночас зниження обсягів перевезення окремих видів вантажів, зокрема вугілля та зернових, спричинене впливом воєнних факторів, призводить до перерозподілу навантаження в межах транспортної системи.

Зазначені процеси супроводжуються підвищенням нерівномірності вантажопотоків та формуванням додаткових логістичних обмежень, що потребує наукового аналізу та обґрунтування шляхів їх подолання.

Основні матеріали дослідження. Аналіз статистичних даних свідчить про суттєві зміни у структурі вантажних перевезень залізничним транспортом України у 2023–2025 роках. Загальний обсяг перевезень у 2023 році становив 148,4 млн. т, у 2024 році зріс до 174,9 млн. т, тоді як у 2025 році скоротився до 161,3 млн. т, що на 7,8% менше порівняно з попереднім роком.

На цьому фоні перевезення будівельних матеріалів демонструють стійку тенденцію до зростання: їх обсяг збільшився з 29,6 млн. т у 2023 році до 30,3 млн. т у 2024 році та досяг 31,2 млн. т у 2025 році. У відносному вимірі це відповідає приросту близько 5,4% за досліджуваний період.

Частка будівельних матеріалів у загальному обсязі перевезень також має тенденцію до зростання і у 2025 році становить близько 19,3%, що свідчить про підвищення їх ролі у формуванні вантажної бази залізничного транспорту.

Важливою тенденцією є те, що у 2025 році перевезення будівельних матеріалів (31,2 млн. т) вперше перевищили обсяги транспортування зернових вантажів (28,8 млн. т). Це свідчить про зміну структури вантажної бази та

переорієнтацію транспортної системи на обслуговування внутрішніх економічних процесів, пов'язаних із будівництвом та відновленням інфраструктури.

Зазначена динаміка формується в умовах територіально розосередженого розміщення підприємств з виробництва будівельних матеріалів, що обумовлює складну конфігурацію вантажопотоків. На відміну від концентрованих перевезень окремих масових вантажів, даний сегмент характеризується значною кількістю пунктів відправлення та призначення, що ускладнює організацію перевізного процесу.

Нерівномірність попиту на перевезення призводить до дисбалансу навантаження на елементи залізничної мережі, що проявляється у перевантаженні окремих станцій і напрямків, збільшенні часу обігу вагонів та зниженні ефективності використання рухомого складу. При цьому існуючі параметри інфраструктури не забезпечують необхідного рівня пропускної здатності для обслуговування зростаючих обсягів перевезень.

Додатковий негативний вплив мають зовнішні фактори, пов'язані з воєнними діями. Пошкодження об'єктів залізничної інфраструктури внаслідок ракетних ударів спричиняють тимчасове обмеження пропускної здатності окремих ділянок, зміну маршрутів перевезення та порушення графіків руху. Це знижує надійність транспортного процесу та ускладнює його планування.

У сукупності зазначені фактори формують логістичні бар'єри, що проявляються у збільшенні тривалості перевезень, нераціональному використанні рухомого складу та зростанні витрат на транспортування. За цих умов виникає необхідність удосконалення організації перевезень будівельних матеріалів із застосуванням більш гнучких та адаптивних логістичних підходів.

З урахуванням виявлених логістичних бар'єрів доцільним є комплексне удосконалення організації перевезень будівельних матеріалів. Ключовим напрямом є впровадження хабової моделі, яка передбачає концентрацію вантажопотоків у визначених логістичних вузлах з подальшим їх

перерозподілом залежно від напрямків попиту. Це дозволяє зменшити вплив територіальної розосередженості виробництва та забезпечити більш рівномірне завантаження інфраструктури.

Разом з тим, ефективність хабової організації перевезень значною мірою залежить від удосконалення системи маршрутизації. Формування раціональних маршрутів із урахуванням поточного стану інфраструктури та обмежень пропускної здатності дозволяє скоротити час доставки та підвищити ефективність використання рухомого складу.

Важливим доповненням є підвищення рівня координації перевезень, що передбачає узгодження дій між учасниками транспортного процесу та більш ефективний розподіл вагонного парку. Це сприяє зменшенню порожніх пробігів і підвищенню стабільності перевізного процесу.

Застосування зазначених підходів у сукупності забезпечує підвищення адаптивності транспортної системи до умов нерівномірного попиту та зовнішніх дестабілізуючих факторів, зокрема впливу воєнних дій.

Висновки. Проведене дослідження показало, що ефективність перевезення будівельних матеріалів залізничним транспортом визначається не стільки обсягами транспортування, скільки особливостями формування вантажопотоків, зокрема їх нерівномірністю та територіальною розосередженістю. У цих умовах традиційні підходи до організації перевезень виявляються недостатньо ефективними.

Встановлено, що підвищення результативності функціонування транспортної системи пов’язане з необхідністю переходу до більш узгодженої та структурованої організації перевізного процесу. Поєднання хабового підходу, раціональної маршрутизації та координації перевезень створює умови для більш ефективного використання інфраструктури та рухомого складу.

Застосування зазначених підходів сприятиме підвищенню стійкості транспортної системи до впливу зовнішніх факторів, забезпеченню більш

передбачуваного характеру перевезень та загальному підвищенню ефективності організації транспортування будівельних матеріалів.

kudriashov_dmytro@ukr.net

УДК 656.21

Кулешов В.В., к.т.н., Бражник М.О., магістр

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

ДО ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМ ПАРКОМ РІЗНИХ ВЛАСНИКІВ

Анотація. *Розглянуто питання удосконалення автоматизованих систем вантажної станції в умовах використання вагонів різних власників. Проаналізовано основні проблеми обліку, управління та інформаційної взаємодії, а також запропоновано напрями їх вирішення на основі сучасних цифрових технологій. Очікується, що впровадження запропонованих рішень підвищить ефективність перевізного процесу та зменшить простої рухомого складу.*

Проблематика полягає у невідповідності існуючих автоматизованих систем вантажних станцій сучасним умовам експлуатації рухомого складу, що належить різним власникам. Збільшення кількості операторів і власників вагонів ускладнює процеси координації, обліку та контролю, що призводить до зниження ефективності роботи станцій.

Суттєвою проблемою є відсутність єдиного інформаційного середовища та стандартизованих протоколів обміну даними між учасниками перевізного процесу. Це спричиняє затримки в обробці інформації, дублювання даних та обмежену прозорість щодо місцезнаходження і стану вагонів.

Крім того, недостатній рівень автоматизації та використання застарілих технологій не дозволяє оперативно приймати оптимальні управлінські рішення. Внаслідок цього зростають простої вагонів, нераціонально використовуються колійні ресурси, а також підвищується вплив людського фактору, що негативно позначається на загальній ефективності перевізного процесу.

Основні матеріали. У сучасних умовах реформування залізничного транспорту та розвитку ринку перевезень спостерігається суттєве зростання частки приватного рухомого складу. Вантажні вагони належать різним власникам - державним, приватним компаніям, лізинговим організаціям. Це призводить до ускладнення процесів планування перевезень, оперативного управління та технічного обслуговування.

Крім того, зростає обсяг перевезень, підвищуються вимоги до швидкості доставки та прозорості логістичних процесів. Традиційні підходи до управління вантажною станцією вже не забезпечують необхідної ефективності. У зв’язку з цим виникає потреба в модернізації та розвитку автоматизованих систем, які здатні забезпечити координацію дій між різними учасниками перевізного процесу.

Експлуатація вагонів різних власників супроводжується рядом системних проблем:

- фрагментованість інформаційних систем: кожен власник може використовувати власні програмні продукти, що ускладнює обмін даними та їх синхронізацію.

- складність ідентифікації та обліку вагонів: відсутність єдиного стандарту ведення обліку призводить до дублювання або втрати інформації.

- затримки в обробці операцій: ручне введення даних і недостатня автоматизація спричиняють затримки при оформленні прибуття, сортування та відправлення вагонів.

- низький рівень прогнозування: існуючі системи часто не дозволяють ефективно прогнозувати навантаження на станцію та використання колій.

- людський фактор: значна частина операцій виконується вручну, що підвищує ймовірність помилок.

- обмежена прозорість процесів: власники вагонів не завжди мають оперативний доступ до інформації про місцезнаходження та стан рухомого складу.

Модель підвищення ефективності місцевої роботи вантажної станції в умовах використання вагонів різних власників базується на основі використання технічних засобів з оптимізацією їх основних параметрів для скорочення загальних експлуатаційних витрат

$$F = F_{\text{м}} + F_{\text{з}} + F_{\text{д}} - F_{\text{е}} \rightarrow \min \qquad (1)$$

де $F_{\text{м}}; F_{\text{д}}; F_{\text{з}}; F_{\text{е}}$- відповідні функціонали, грн/добу, що враховують добові експлуатаційні витрати внаслідок знаходження вагонів на станції і під'їзній колії при здійсненні митних процедур; витрати від затримки поїздів на підходах до станції; витрати на допоміжний пробіг локомотивів з бригадами; економію при більш ранньому відправленні сформованих поїздів.

Враховуючи розбіжності в грошовій оцінці різних видів витрат між виробничими підприємствами залізничного транспорту України доцільно використовувати їх усереднені значення.

Сучасні автоматизовані системи вантажних станцій здебільшого створювалися для умов централізованого управління рухомим складом. Вони не враховують повною мірою особливості роботи з вагонами різних власників, що призводить до зниження ефективності їх використання.

Напрями удосконалення:

Створення єдиної інформаційної платформи із користувачами залізничних послуг. Об'єднання всіх учасників перевізного процесу в єдину систему з уніфікованими стандартами обміну даними.

Автоматизація обліку рухомого складу. Використання систем автоматичної ідентифікації та сенсорних рішень для фіксації операцій у реальному часі.

Інтеграція GPS-навігації. Забезпечення постійного моніторингу місцезнаходження вагонів і контролю їх технічного стану.

Використання аналітики та прогнозування. Застосування методів обробки великих даних для прогнозування навантаження станції та оптимізації роботи.

Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень. Розробка алгоритмів для оптимального розподілу вагонів, формування поїздів і використання інфраструктури.

Цифровізація документообігу. Перехід до електронних документів для скорочення часу обробки інформації

Висновки. Реалізація запропонованих заходів дозволить: скоротити час обробки вагонів на станції; зменшити простої рухомого складу; підвищити точність обліку та достовірність даних; оптимізувати використання колій та ресурсів; забезпечити прозорість перевізного процесу для всіх учасників

В умовах зростання частки вагонів різних власників удосконалення автоматизованих систем вантажних станцій стає стратегічно важливим завданням. Сучасні цифрові технології відкривають широкі можливості для інтеграції, автоматизації та оптимізації перевізного процесу.

Комплексний підхід до модернізації інформаційних систем дозволить не лише підвищити ефективність роботи станцій, але й забезпечити прозорість, керованість і гнучкість логістичних процесів. Це є необхідною умовою для подальшого розвитку залізничного транспорту в конкурентному середовищі.

УДК 656.6:616-036

Ларіна І.М., PhD, ст.викл.,

Решетков Д.М., к.т.н., проф.

Одеський національний морський університет, Україна

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ І ПЕРСПЕКТИВ ЦИФРОВОГО ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ В МОРСЬКИХ ПОРТАХ УКРАЇНИ

Анотація. *Проведено аналіз історічного розвитку морських портів світу та України з акцентом на цифрову трансформацію. Розглянуто класифікацію основних подій цифрових трансформацій на протязі виявлених етапів. Наведені дані можуть бути корисними при подальшому формуванні та реалізації напрямків розвитку морських портів України.*

Проблематика дослідження. Морські порти, як учасники світових ланцюгів поставок, особливо зазнають впливу технологічних змін. Щоб зрозуміти майбутні виклики в цій галузі, неминуче переглянути результати минулих розробок та їх вплив на роботу портів. Проаналізовано три етапи відповідних цифрових трансформацій, виділених з використанням відомої моделі. На основі спостережень визначено важливі аспекти та виклики. Для майбутньої модернізації морських портів України це дослідження чітко вказує на важливість взаємодії між портоорієнтованими та локальними IT/IC, а також адаптації процесів. Успішне взаємозбагачення може призвести до конкурентних переваг як для порту в цілому, так і для окремих портових учасників.

Основні матеріали дослідження. Цифровий та технологічний розвиток морських портів України можна розділити на кілька ключових етапів, що відображають перехід від паперового документообігу до інтелектуальних систем управління. Чотири основні покоління в розвитку цифрової трансформації в морських портах України:

Ключові етапи технологічного розвитку морських портів України
1. Формування базової структури (2013–2018)
●***Інституційні зміни:*** Створення ДП «Адміністрація морських портів України» (АМПУ) у 2013 р. ●***Перші цифрові реєстри:*** Запровадження Реєстру морських портів України.
2. Впровадження систем електронного документообігу (2018–2021)
●***Інформаційна система портової спільноти (ІСПС):*** Перехід на електронне оформлення суден та вантажів. ●***Стратегія-2038:*** Затвердження Стратегії розвитку морських портів.
3. Прискорена цифровізація та адаптація (2022–2025)
●***Інтеграція DocPort:*** Об'єднання логістичної портової системи АМПУ з базами Державної митної служби для прозорості операцій. ●***Електронна черга та сервіси:*** Впровадження електронних «доручень на навантаження» та систем управління транспортними потоками. ●***Військові виклики:*** Цифрова трансформація стала інструментом забезпечення безпеки та підтримки критичної інфраструктури в умовах воєнного стану.
4. Перехід до концепції "Smart Port" (2025+)
●***Штучний інтелект та IoT:*** Початок впровадження AI для оптимізації портових операцій та моніторингу стану інфраструктури. ●***Maritime Single Window:*** Робота над створенням єдиного морського вікна за стандартами ЄС для повної інтеграції в глобальні ланцюги постачання.

Станом на початок 2026 р. цифровий та технологічний розвиток морських портів України характеризується адаптацією до умов воєнного стану, активним впровадженням систем електронного документообігу та фокусом на автоматизацію кластеру Дунайських портів. При цьому основними викликами для портової галузі є:

Фізичне зношення: Значна частина державних перевантажувальних потужностей використовується лише на 50% від потенціалу через застаріле обладнання.

Безпекові ризики: Необхідність постійного впровадження новітніх технологій захисту інфраструктури та морських шляхів від атак.

Брак інвестицій: Потреба в іноземному капіталі для повної модернізації технічного парку та флоту.

Сучасний стан (2025–2026 рр.) технологічного розвитку морських портів
●***Динаміка вантажообігу:*** У 2025 р. морські порти України перевалили 82,2 млн т вантажів, що перевищило прогнозні очікування на 0,5%. Це стало можливим завдяки функціонуванню морського коридору та цифровій оптимізації процесів перевалки.
●***Впровадження «Єдиного вікна»:*** АМПУ запустила систему «Єдине морське вікно» у тестовому режимі, зокрема в порту Південний, для спрощення адміністративних процедур та обміну даними.
●***Оптимізація операцій:*** Розроблено цифровізовано систему видачі перепусток для транспорту, що дозволяє портам працювати безперервно навіть під час повітряних тривог.
●***Розвиток Дунайського кластеру:*** У 2026 р. порти Дунаю стали ключовим майданчиком для випробування роботизації та автоматизації портових операцій.

Відповідно до оновленої Стратегії розвитку морських портів України до 2038 року, впроваджуються три концептуальні моделі розвитку:

Смарт-порт (Smart Port): Впровадження систем електронного документообігу та автоматизація логістичних процесів для підвищення швидкості обробки вантажів.

Енергоефективний порт: Реалізація технологій ресурсозбереження та раціонального споживання енергії.

Зелений порт (Green Port): Впровадження екологічних стандартів для зменшення негативного впливу на акваторії та навколишнє середовище.

Перспективи розвитку
●***Пріоритет Дунаю на 2026 рік:*** Держава планує забезпечити перевезення через Дунайські порти не менше 15 млн т вантажів на рік, зосередившись на технологічному оновленні інфраструктури.
●***Стратегія «WINWIN 2030»:*** Затверджена у 2025 р. стратегія цифрового розвитку інновацій формує основу для перетворення українських портів на Smart Ports за прикладом Роттердама та Сінгапуру.
●***Інтеграція з ЄС:*** Участь у програмах на кшталт *Horizon Europe (Ports of the Future)* для впровадження сталих та розумних мобільних рішень у портову логістику.
●***Електронні сервіси:*** Очікується подальша відмова від паперових актів виконаних робіт (законопроєкт №14023) та перехід на повністю цифрові взаєморозрахунки.

Висновки. Впровадження ІТ/ІС неодноразово прокладало шлях до модернізації в морських портах. Для майбутньої модернізації портів це дослідження чітко вказує на важливість взаємодії між портоорієнтованими та локальними ІТ/ІС, а також адаптації процесів. Успішне взаємозбагачення може призвести до конкурентних переваг як для порту в цілому, так і для окремих портових учасників; навпаки, ігнорування тенденцій може призвести до недоліків у вигляді втрати важливих клієнтів або неможливості участі в портових операціях, керованих даними. Однак ступінь цифровізації та міжорганізаційної інтеграції значно варіюється серед портових учасників і може призвести до перерв в інформаційних потоках. У зв'язку з цим для морських портів України важливо постійно визначати та оцінювати нові підходи, що допомагають формувати стратегії та діяльність портів та портових учасників.

ivanovain92@gmail.com.

reshetkov@ukr.net.

УДК 656.073:338.47

Літачевський В.В., аспірант, Шпак Н.Г., к.е.н., доц.

Одеський національний морський університет, Україна

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО КЛІЄНТООРІЄНТОВАНОГО МЕТОДУ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖОПОТОКІВ

Анотація. *У роботі розглянуто підходи до підвищення ефективності транспортно-експедиторського обслуговування міжнародних вантажопотоків на основі впровадження раціонального клієнтоорієнтованого методу. Проаналізовано тенденції розвитку логістичних систем та обґрунтовано доцільність застосування клієнтоорієнтованих підходів у сфері міжнародних перевезень.*

Проблематика дослідження. На сучасному ринку міжнародних перевезень традиційні методи транспортно-експедиторського обслуговування (ТЕО), орієнтовані переважно на мінімізацію транзакційних витрат експедитора, дедалі частіше виявляються неефективними через зростання вимог вантажовласників до гнучкості, прозорості та надійності. У сучасних умовах глобалізації та зростання обсягів міжнародної торгівлі особливого значення набуває ефективна організація транспортно-експедиторського обслуговування вантажопотоків. Підвищення конкуренції на ринку логістичних послуг вимагає від підприємств впровадження нових підходів до управління перевезеннями, орієнтованих не лише на зниження витрат, а й на підвищення якості сервісу та задоволення потреб клієнтів.

Основний матеріал дослідження. Одним із перспективних напрямів розвитку є застосування раціональних клієнтоорієнтованих методів організації транспортно-експедиторської діяльності, які дозволяють оптимізувати логістичні процеси, скоротити час доставки та підвищити надійність перевезень. У цьому контексті актуальним є дослідження економічного ефекту від впровадження таких методів, що дає змогу обґрунтувати доцільність їх використання та визначити вплив на основні показники діяльності підприємств.

Метою даних тез є оцінка економічного ефекту впровадження раціонального клієнтоорієнтованого методу транспортно-експедиторського обслуговування міжнародних вантажопотоків та визначення його впливу на ефективність логістичних операцій. Раціональний клієнтоорієнтований метод ТЕО передбачає персоналізацію маршрутів, динамічне коригування графіків, активне інформування клієнта та оптимізацію за критерієм «час – вартість – ризик». Однак головною перешкодою для його широкого впровадження є відсутність чіткої методики кількісної оцінки економічного ефекту [1, 2].

Під раціональним клієнтоорієнтованим методом ТЕО в роботі розуміється організація перевезення, за якої вибір маршруту, виду транспорту, графіку подачі та вартості здійснюється на основі інтегральної оцінки індивідуальних

потреб клієнта, включаючи точність дотримання термінів, частоту коригувань маршруту під запит та рівень інформаційної відкритості [3, 4]. Для оцінки економічного ефекту E запропоновано формулу (1):

$$E = \Delta R - \Delta C - I + \Delta CLV, \quad (1)$$

де ΔR – приріст доходу за рахунок зменшення штрафів і втрати клієнтів, ΔC – зміна операційних витрат експедитора (як правило, зниження), I – одноразові інвестиції в IT-рішення та навчання, ΔCLV – додаткова довгострокова цінність клієнта внаслідок підвищення лояльності.

Алгоритм впровадження раціонального методу включає сегментацію вантажопотоків за чутливістю до часу, формування гнучкого білінгу (базовий тариф плюс опції), впровадження системи сповіщень у реальному часі та пост-аналіз виконання з розрахунком індивідуального індексу якості. Відхід від принципу «один маршрут для всіх партій» до динамічного формування ланцюга поставки дозволяє враховувати поточні обмеження вантажовідправника.

Для оцінки ефекту розглянемо типового експедитора з річним обсягом 1200 ТЕО (контейнери 20 футів) на маршруті Гамбург – Київ. При традиційному методі втрати від незадоволення клієнтів (штрафи, знижки, відтік) становлять 4,2% від виручки, операційні витрати на один ТЕО – 320 дол., річний дохід – 2,4 млн дол. Після впровадження раціонального клієнтоорієнтованого методу з інвестиціями I = 85 000 дол. (CRM-модуль, навчання) показники змінюються: втрати від низької якості знижуються до 1,1% виручки, операційні витрати на ТЕО падають до 278 дол., коефіцієнт утримання клієнтів зростає з 72% до 89%, а середній CLV – з 18 000 до 24 600 дол.

У результаті впровадження раціонального клієнтоорієнтованого методу підприємство отримує суттєвий економічний ефект. Скорочення втрат від низької якості обслуговування (штрафи, знижки, відтік клієнтів) разом зі зниженням операційних витрат на одиницю вантажу забезпечують щорічну

економію, яка вже після першого року повністю покриває початкові інвестиції. Додатковим джерелом зростання прибутку стає підвищення лояльності клієнтів, що збільшує їхню довгострокову цінність.

Загальний річний чистий ефект після першого року сягає майже 40 тис. дол., а починаючи з другого року перевищує 170 тис. дол. на рік. Дисконтування грошових потоків за ставкою 12% дає чисту теперішню вартість близько 262 тис. дол. за три роки, що свідчить про високу інвестиційну привабливість методу. Термін окупності становить менше одного року (0,9 року), тому капіталовкладення в IT-рішення та навчання персоналу можна вважати практично безризиковими.

Висновок. Отже, раціональний клієнтоорієнтований метод ТЕО дає як прямий ефект у вигляді зменшення операційних витрат завдяки оптимізації маршрутів, консолідації вантажів і скороченню порожніх пробігів, так і непрямий ефект через зростання CLV.

У міжнародних вантажопотоках вартість залучення нового клієнта в 5–7 разів перевищує вартість утримання існуючого, тому навіть відносно невелике підвищення рівня лояльності (наприклад, на 10-15%) трансформується в значний додатковий прибуток. Крім того, підвищення передбачуваності ланцюга поставок дозволяє експедитору отримувати знижки від перевізників за стабільні обсяги, що додатково зміцнює його конкурентну позицію.

Література:

1. Лужанська, Н., Лебідь, І., Лебідь, Є., & Рой, М. (2024). Обгрунтування доцільності співпраці транспортно-експедиторських підприємств з об’єктами митно-логістичної інфраструктури. Транспортні системи та технології перевезень, (28), 70-79. https://doi.org/10.15802/tstt2024/312070

2. Pavlenko, O., Muzylyov, D., Shramenko, N., Cagáňová, D., Ivanov, V. (2023). Mathematical Modeling as a Tool for Selecting a Rational Logistical Route in Multimodal Transport Systems. In: Cagáňová, D., Horňáková, N. (eds) Industry 4.0 Challenges in Smart Cities. EAI/Springer Innovations in Communication and Computing. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92968-8_2

3. Charkina, T., & Zadoia, V. (2025). of Customer-Oriented Railway Transport Based on Digital Communications. The Future of Inclusion: Bridging the Digital Divide with Emerging Technologies: Proceedings of ITAF 2024, 347. https://surl.li/sswzll

4. Птиця, Н. (2025). Підхід до оцінювання якості транспортного обслуговування в автомобільній логістиці. Автомобільний транспорт, (57), 60–65. https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2025.57.0.08

umitan2302@gmail.com

itachevskyivalerii@gmail.com

УДК 656.073.51

Лебідь І.Г., к.т.н., проф., Лебідь Є.М., к.т.н., доц.,

Лужанська Н.О., к.т.н., доц.

Національний транспортний університет, Україна

Михайленко І.В., к.пед.н., доц.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Анотація. *У роботі розглянуто особливості організації міжнародних автомобільних перевезень небезпечних вантажів та визначено основні чинники, що впливають на ефективність функціонування транспортних підприємств у даному сегменті ринку. Обґрунтовано доцільність застосування імітаційного моделювання для оцінювання техніко-експлуатаційних показників, планування використання персоналу та рухомого складу, а також мінімізації ризиків виникнення позаштатних ситуацій. Встановлено, що використання сучасних програмних комплексів сприяє підвищенню якості транспортного обслуговування, безпечності перевезень і конкурентоспроможності підприємств на міжнародному ринку транспортних послуг.*

Проблематика. Ефективність здійснення зовнішньоторговельних операцій під час перевезення небезпечних вантажів у міжнародному автомобільному сполученні значною мірою визначається рівнем організаційно-технологічного забезпечення транспортного процесу, а також технічним станом рухомого складу, оснащеного спеціалізованими системами безпеки, засобами контролю та обладнанням, передбаченим вимогами міжнародних нормативів. Транспортне підприємство в даному випадку виступає ключовим суб'єктом перевізного процесу, що забезпечує безперервність, надійність і безпечність доставки небезпечних вантажів завдяки узгодженій роботі водіїв, логістів, фахівців з безпеки та інженерно-технічного персоналу.

Водночас сучасний ринок транспортних послуг у сегменті перевезень небезпечних вантажів характеризується дефіцитом кваліфікованих кадрів, здатних забезпечити належний рівень експлуатації спеціалізованого рухомого складу та організації міжнародних перевезень відповідно до вимог Європейської угоди про міжнародне дорожнє перевезення небезпечних вантажів (ADR). Недостатній рівень професійної підготовки персоналу або його вузька спеціалізація можуть призводити до порушення правил маркування, пакування, розміщення вантажу, недотримання маршрутних обмежень, виникнення аварійних ситуацій у процесі перевезення та, як наслідок, до загрози життю людей, довкіллю і матеріальним цінностям. Такі відхилення негативно впливають на техніко-експлуатаційні показники діяльності транспортного підприємства, знижують рівень його конкурентоспроможності та формують ризики втрати ділової репутації на міжнародному ринку перевезень. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває застосування сучасних методичних підходів до управління персоналом, орієнтованих на забезпечення високої якості виконання транспортно-технологічних операцій у сфері перевезення небезпечних вантажів.

Основні матеріали дослідження. Аналіз практичної діяльності транспортних підприємств свідчить про те, що обслуговування різних категорій

небезпечних вантажів супроводжується суттєвими відмінностями у технічних та технологічних параметрах перевізного процесу. Зокрема, варіативність проявляється у вимогах до оформлення транспортно-супровідної документації (CMR, письмові інструкції, сертифікати допущення транспортних засобів, документи щодо класифікації вантажу), підготовки спеціалізованого обладнання, а також у специфіці виконання навантажувально-розвантажувальних операцій із дотриманням вимог безпеки для окремих класів небезпечних речовин.

Формування довгострокових партнерських відносин між перевізником і замовником безпосередньо залежить від здатності транспортного підприємства забезпечити високий рівень техніко-експлуатаційної надійності перевезень, безпечність транспортного процесу та відповідність міжнародним стандартам якості. У межах своєї діяльності підприємство самостійно формує структуру кадрового складу, визначає склад і технічні характеристики парку спеціалізованих транспортних засобів, а також обирає напрями міжнародних перевезень з урахуванням наявних обмежень щодо транзиту небезпечних вантажів. Це створює передумови для адаптації технології перевезення до специфіки окремих класів небезпечних вантажів.

Актуальність наукових досліджень у цій сфері зумовлює необхідність використання сучасних програмних комплексів для моніторингу техніко-експлуатаційних показників транспортного процесу та оцінювання ефективності функціонування транспортних підприємств. Практичне застосування таких інструментів дозволяє здійснювати прогнозування обсягів перевезень небезпечних вантажів, визначати тривалість транспортного циклу, рівень завантаження персоналу і рухомого складу, а також оцінювати ризики виникнення надзвичайних ситуацій. Крім того, це створює можливості для обґрунтованого визначення потреби у кваліфікованих кадрах та спеціалізованих транспортних засобах, обладнаних відповідно до вимог безпеки.

Комплексний аналіз поточного стану транспортного підприємства дозволяє ідентифікувати наявні організаційно-технічні недоліки та розробити ефективні заходи щодо підвищення результативності перевезень небезпечних вантажів у міжнародному сполученні. Досягнення необхідного ефекту є можливим при застосуванні імітаційного моделювання діяльності транспортного підприємства для оцінювання техніко-експлуатаційних показників під час виконання міжнародних перевезень небезпечних вантажів.

Застосування імітаційної моделі дозволяє: здійснювати оцінку ефективності функціонування транспортного підприємства на основі аналізу часових параметрів виконання транспортно-технологічних операцій персоналом відповідної спеціалізації; розробляти обґрунтовані управлінські рекомендації щодо підвищення якості транспортного обслуговування при організації перевезень небезпечних вантажів у міжнародному сполученні; планувати тривалість виконання організаційно-технологічних процедур залежно від класу небезпечності вантажу, його фізико-хімічних властивостей та вимог до безпечного транспортування; визначати оптимальну чисельність персоналу транспортного підприємства, необхідного для забезпечення безперервності та безпечності перевізного процесу.

Основними показниками моделювання, які є основою для оптимізації роботи транспортного підприємства, є:

– середня тривалість обслуговування t_l, хв.;

– середня тривалість простою в черзі до відповідного фахівця для обслуговування w_k, хв.;

– середня довжина черги до відповідного фахівця, η_k, замовлень;

– частка заявок, які обслуговували без простою в черзі до відповідного фахівця, ν_k %;

– кількість відповідних фахівців для обслуговування окремого потоку заявок, n_k;

– коефіцієнт завантаження відповідних фахівців, ψ_k;

– середня кількість зайнятих відповідних фахівців, ρ_k.

Для забезпечення ефективного функціонування транспортного підприємства керівництву необхідно здійснювати планування чисельності та рівня завантаження управлінського персоналу з урахуванням структури парку спеціалізованих транспортних засобів, інтенсивності надходження заявок на перевезення, тривалості виконання окремих етапів транспортного процесу, а також імовірності виникнення відхилень у вигляді затримок, аварійних ситуацій або порушень вимог безпеки. Особливу увагу слід приділяти врахуванню середньої тривалості простоїв, пов'язаних із проходженням додаткового контролю в пунктах пропуску, технічними несправностями спеціалізованого обладнання, необхідністю усунення недоліків маркування чи документації, а також обмеженнями щодо руху транспортних засобів із небезпечними вантажами. Зазначені параметри мають визначальний вплив на формування техніко-експлуатаційних показників діяльності підприємства та прийняття рішень замовниками щодо вибору перевізника для виконання міжнародних перевезень небезпечних вантажів.

Висновок. Використання імітаційної моделі дозволяє комплексно оцінити основні характеристики функціонування транспортного підприємства, зокрема тривалість транспортного циклу, рівень завантаження персоналу, ефективність використання рухомого складу та рівень ризику виникнення позаштатних ситуацій. Це, у свою чергу, забезпечує можливість мінімізації ризиків, пов'язаних із порушенням умов перевезення небезпечних вантажів, та підвищення надійності виконання зовнішньоторговельних операцій на всіх етапах транспортного процесу.

i.h.lebed@gmail.com
eugene.lebed@gmail.com
natali.luzhanska@gmail.com
irinaamih@gmail.com

УДК 347.763:004

Мироненко В. К., д.т.н., проф.,

Іродовська Н. Ю. , аспірантка

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

ТРАНСФОРМАЦІЯ ПРАВОВОГО СТАТУСУ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО ОПЕРАТОРА В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ДОКУМЕНТООБІГУ

Анотація. *У статті досліджується трансформація правового статусу мультимодального транспортного оператора (МТО) в умовах впровадження електронних транспортних документів — на прикладі e-CMR та e-AWB. На основі математичного моделювання (коефіцієнт ефективності документообігу, система масового обслуговування M/M/1) встановлено, що цифровізація документообігу скорочує час виконання операцій понад 80%, забезпечує економічний ефект у сотні мільйонів гривень та стабілізує роботу митних пунктів. Визначено правові обмеження e-CMR та кількісно оцінено кіберризики МТО. Сформульовано рекомендації щодо адаптації законодавства України до вимог цифрової євроінтеграції транспортної галузі.*

Проблематика дослідження. Стрімкий розвиток інформаційно-комунікаційних технологій та євроінтеграційний курс України зумовлюють необхідність переосмислення правового та операційного статусу мультимодального транспортного оператора (МТО). Впровадження електронних транспортних документів — e-CMR (електронна міжнародна товарно-транспортна накладна) та e-AWB (електронна авіавантажна накладна) — трансформує МТО від традиційного організатора перевезень до комплексного провайдера цифрових логістичних рішень — «цифрового диригента» логістичного ланцюга.

Основні матеріали дослідження. Для кількісної оцінки ефективності переходу від паперового до електронного документообігу запропоновано коефіцієнт ефективності документообігу (КЕД):

$$КЕД = (Тп – Те) / Тп \times 100\%$$

де Тп — середній час обробки документа при паперовому документообігу; Те — час обробки при електронному документообігу.

За даними IRU та FIATA, при оформленні накладної МТО Тп = 32,5 хв, Те = 4,1 хв, що дає КЕД ≈ 87,4%. Зведений аналіз семи ключових операцій (оформлення накладної, митне оформлення, міжагентська передача, верифікація доставки, врегулювання спорів, обробка e-AWB, підготовка митних декларацій) на основі даних 12 країн ЄС свідчить про скорочення часу виконання операцій у середньому більш ніж на 80%.

Сукупний часовий ефект у розрізі логістичного ланцюга розраховано за формулою:

$$\Delta T = \Sigma^{n}_{i=1} (Тп_i – Те_i) \times Q_i \times k$$

Для МТО з річним обсягом 10 000 відправлень та п'ятьма документарними операціями ΔТ становить понад 508 800 людино-годин на рік. Чистий економічний ефект від впровадження e-CMR (за формулою Е = ΔТ × Сл.год – (Впідкл + Внавч + Вобсл)) при погодинній ставці логіста 219 грн/год та витратах на цифровізацію 225 000 грн становить близько 111,2 млн грн/рік при терміні окупності менше однієї доби.

Моделювання митних процесів як системи масового обслуговування M/M/1 (модель Кендалла) виявило критичну нестійкість паперового документообігу: при інтенсивності надходження вантажів $\lambda = 0,4$ відпр./год коефіцієнт завантаженості інспектора $\rho = 1,20 > 1$, що спричиняє необмежене зростання черги. Впровадження e-CMR знижує ρ до 0,50, стабілізує систему та забезпечує середній час очікування 37,5 хвилини замість теоретично нескінченного.

З правової точки зору e-CMR відповідно до ст. 4(1) Додаткового протоколу до Конвенції CMR визнається оригінальним документом, юридично рівнозначним паперовій накладній за умови підтвердження автентичності. Водночас виявлено два суттєвих обмеження: (1) e-CMR зберігає статус нетоваророзпорядчого документа, що унеможливлює її застосування в операціях документарного акредитиву та факторингу; (2) її доказова сила в транзитних юрисдикціях, які не ратифікували відповідні норми, є обмеженою та вирішується через колізійні норми Регламенту ЄС 593/2008.

Цифровізація формує нову категорію правових ризиків — кіберризики МТО. Для їх кількісної оцінки запропоновано показник правового ризику кіберінциденту (ПРК):

ПРК = Рінц × Вмакс × (1 – Сстрах)

Для МТО з річним обсягом вантажів вартістю 50 млн грн та рівнем страхового покриття 30% незабезпечений правовий ризик становить 4,2 млн грн/рік — що вдесятеро перевищує витрати на впровадження сертифікованої системи кіберзахисту (ISO/IEC 27001).

Висновок: На підставі проведеного дослідження сформульовано такі рекомендації для адаптації законодавства України: хоч Україна ратифікувала Додаткового протоколу e-CMR, однак для повноцінної роботи необхідна технічна інтеграція IT систем транспортних операторів різних рівнів між собою; створення єдиної національної платформи e-CMR на засадах державно-приватного партнерства з інтеграцією до UAIS та європейської системи eSPEED; прийняття спеціалізованого закону про мультимодальні перевезення з нормами щодо визначення формату та зразку єдиного перевізного документу, кіберризиків та захисту даних; запровадження індексу цифровізації мультимодальних перевезень (ІЦМ) не менше 50 балів для операторів міжнародних перевезень; укладення двосторонніх угод про взаємне визнання e-документів на перевезення з ключовими торговельними партнерами (наприклад : Польща, Угорщина, Молдова, Туреччина).

Таким чином, цифровізація документообігу МТО є не лише інструментом підвищення операційної ефективності, а й обов'язковою нормативною умовою євроінтеграції транспортної галузі України, що потребує комплексного законодавчого супроводу.

Література

1. IRU. eCMR: The digital future of transport documentation. Geneva, 2022. URL: https://www.iru.org
2. FIATA. Digitalisation in freight forwarding. Geneva, 2023. URL: https://www.fiata.com
3. ALICE. Digital Freight Documents: Impact Assessment Across EU Member States. Brussels, 2023. 96 p.
4. Bergami R. Digital freight documents and the liability gap. Journal of International Trade Law and Policy. 2024. Vol. 23, No. 1. P. 44–67.
5. Додатковий протокол до Конвенції CMR щодо електронної накладної (e-CMR). UNECE. Женева, 2008. URL: https://digitallibrary.un.org/record/619052

УДК 656.61.073.23:519.852.

Магамадов О. Р. к.т.н, доц., проф.

Одеський національний морський університет, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ ОБРОБКИ СУДЕН

Анотація. *Досліджено підходи до календарного планування динамічних процесів на прикладі обробки судна, що розглядається окремо. Доведено, що для цієї цілі правомірно використовувати модель лінійного програмування. Показано разом з тим, що календарні алгоритми MILP неефективні для управління вказаним процесом.*

Проблематика. Управління транспортними процесами.

Основний матеріал. Зі створенням дисципліни «Дослідження операцій» почалася тріумфальна хода її ключового розділу - лінійного програмування (ЛП) - у всіх прикладних гілках управління завдяки витонченій простоті його методичного арсеналу та відповідності природі практично актуальних завдань.

Ця обставини послужила міцним імпульсом до зародження тренду прагнення створення саме лінійних моделей короткострокового планування виробничих процесів, зокрема, процесу обробки суден у портах. І хоча моделі ЛП визначалися як статичні, тому що вони забезпечують лише перехід від початкового стану (вихідних даних) модельованої системи до її кінцевого стану (результатів обчислень) без відображення проміжних станів, вони придбали широку популярність, включаючи сферу портової діяльності.

Охарактеризована особливість моделей ЛП означає, іншими словами, їх неспроможність відтворювати динаміку розвитку системи в календарному поданні внаслідок відсутності в них ознаки часу.

Але це положення було спростовано в Одеському інституті інженерів морського флоту – ОІІМФ (нині Одеський національний морський університет – ОНМУ) автором даної публікації, що створив на прикладі процесу обробки судна (ПОС), що розглядається окремо, першу лінійну модель, реалізація якої забезпечує моделювання згаданого процесу в динаміці у прив'язці до «календаря», тобто складання календарного плану обробки судна (КПОС). В результаті цього виникла ще одна парадоксальна ситуація, коли теоретично неймовірне легко й просто стало практично реальним.

Еволюція зазначеного парадоксу стосовно моделювання ПОС здійснювалась хрестоматійно природним чином. Вже в середині 1960-х років з'явилася серія лінійних моделей планування ПОС. При цьому всі вони будувалися за єдиною логікою – шляхом «вписання» умов реального завдання в структуру модифікованої розподільчої задачі ЛП. Узагальнений автором даної роботи варіант вказаних моделей має такий вид:

$$x_{ikl} \geq 0,\ i = 1(1)m;\ k = 1(1)r_i;\ l = 1(1)\nu; \tag{1}$$

$$\sum_{k=1}^{r_i} \sum_{l=1}^{\nu} P_{ikl} * x_{ikl} = Q_i,\ i = 1(1)m; \tag{2}$$

$$\sum_{k=1}^{r_i} \sum_{l=1}^{\nu^*} P_{ikl} * x_{ikl} = G_i,\ i = 1(1)m; \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^{m}\sum_{k=1}^{r_i}\sum_{l=1}^{\nu} x_{ikl} \le m * T; \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^{r_i}\sum_{l=1}^{\nu} x_{ikl} \le T,\ i = 1(1)m; \quad (5)$$

$$f(x) = T \to \min, \quad (6)$$

де i, k, l – шифри (номери) відповідно люку судна , кількості одночасно використовуваних на кожному люку технологічних ліній (ТЛ) та технологічної схеми,

ν^* – підмножина технологічних схем прямого варіанту;

r_i – межа концентрації ТЛ на i-му люку;

P_{ikl} – продуктивність k-тої кількості ТЛ при їх одночасній роботі на i-му люку за l-тою технологічною схемою;

Q_i та G_i – кількість вантажу, що необхідно завантажити в i-й люк (вивантажити з нього), відповідно, всього й за прямим варіантом;

T – планова тривалість ПОС;

x_{ikl} – відрізки часу, протягом яких i-й люк оброблюється k-тою кількістю ТЛ за l-тою технологічною схемою (параметри управління моделі).

Представлені в аналізованій моделі змістовні умови мають такий сенс: необхідно повністю розвантажити/завантажити усі люки судна (2), включаючи частку вантажу, що перевалюється за прямим варіантом (3), при використанні робочого часу ТЛ в обсязі його резерву (4) і тривалості обробки кожного люка судна в межах планового періоду ПОС (5) та забезпечити мінімальний час розвантаження/завантаження судна (6). Обмеженням (1) передбачається обов’язкова умова моделей задач ЛП щодо невід’ємності змінних.

Легко бачити, що наведена модель є «нерішучою» внаслідок некоректного визначення цільової функції (6). Крім того, навіть за умови бездоганного запису (1) реалізація цієї моделі й подібних до неї схем свідомо не можуть забезпечити

безпосередньо отримання КПОС, тому що в них ТЛ фігурують у знесобленому виді.

Спробу наблизити обговорювану модель до формування КПОС вжито в [1], де подано наступну модель (у позначеннях з вказаного джерела):

$$x_{ij} \geq 0,\ i=\overline{1,m};\ j=\overline{1,n}; \tag{7}$$

$$\sum_j P_{ij} * x_{ij} = Q_j,\ j=\overline{1,n}; \tag{8}$$

$$\sum_j x_{ij} \leq T_{суд},\ i=\overline{1,m}; \tag{9}$$

$$\sum_i \sum_j \nu_{ij} * x_{ij} \rightarrow \max, \tag{10}$$

де i та j – шифри (номери) відповідно ТЛ і трюму судна;

Q_j – кількість вантажу j-го трюму;

P_{ij} – усереднена продуктивність i-ої ТЛ на j-му трюмі;

$T_{суд}$ – запланований час обробки судна;

ν_{ij} – значення пріоритетності роботи i-ої ТЛ на j-му трюмі.

З аналізу моделі (7) - (10) стає очевидним, що її суттєвою відмінністю від моделі (1) - (6) є заміна в цільовій функції показника тривалості ПОС на показник під назвою «пріоритетність роботи i-ої ТЛ на j-му трюмі», що встановлюється експертним шляхом. При осмисленні суті цього прийому природно виникає питання про його реальний сенс у змістовному розумінні. Справа полягає в тому, що апріорний вибір «доцільних» варіантів закріплення ТЛ за люками судна не може, за визначенням, гарантувати оптимальності реалізації розглянутої моделі внаслідок можливого прояву «людського фактору» портових спеціалістів. Крім того, і це головне, ця модель, як і схема (1)-(6) неспроможна забезпечити безпосередньо отримання КПОС, тому що оптимальному плану її реалізації відповідає час роботи кожної ТЛ на кожному люку судна, що є лише вихідними

даними для будування діаграми Ганта, яку можна отримати відразу за допомогою графо-аналітичного методу формування КПОС, викладеному в [2].

До принципово іншого результату веде шлях створення моделі ПОС, якщо її умови формувати, спираючись на змістовний сенс завдання планування обробки судна. Такому підходу відповідає, зокрема, ідея формування змінних моделі не за стандартною логікою ЛП, а на основі творчого вирішення цього питання. У такому випадку вказана мета досягається гарантовано, коли у якості невідомих приймаються відрізки часу, на протязі яких залишається постійним розміщення ТЛ на люках судна. І тоді початок/закінчення й тривалість обробки судна, його кожного люка, а також час роботи кожної ТЛ відображається однозначно у прив'язці до «календаря». А це, у свою чергу, забезпечує вирішення питання подачі ПОС у динаміці, що еквівалентно перетворенню статичної моделі в динамічну модель, яка відображає розвиток (зміну станів) у часі вказаного процесу як квінтесенцію КПОС. Саме цей факт є суттю парадоксу, про який мова йшла вище.

Вказана проблема розв'язується за допомогою наступної моделі:

$$x_\alpha \geq 0,\ \alpha = 1(1)\omega; \tag{11}$$

$$\sum_{\alpha=1}^{\omega} D_{i\alpha} * x_{i\alpha} = Q_i,\ i = 1(1)m; \tag{12}$$

$$\sum_{\alpha=1}^{\omega} x_\alpha \leq T^0; \tag{13}$$

$$R = \sum_{\alpha=1}^{\omega} C_\alpha * x_\alpha \rightarrow \min, \tag{14}$$

де T^0 – сталійний час судна.

Як бачимо, наведена модель, як і схема (7) - (10), передбачає необхідність дотримання невід'ємності змінних (11) та планового розвантаження/завантаження люків судна (12) при забезпеченні сталійного часу (13) і мінімальних витрат на його обробку (14), а також можливість

безпосереднього отримання КПОС за інформацією, що надається оптимальним планом реалізації моделі.

Звернемо увагу на ту обставину, що в моделі (11)-(14) відсутні обмеження на кількість ТЛ, що використовується для здійснення ПОС. Це пояснюється тим, що для коректної реалізації вказаної моделі втім як і схеми (7)-(9), належить скласти множину допустимих варіантів розміщення ТЛ по люках для однієї, двох і так далі до межі концентрації ліній на судні. Завдяки цьому в процесі вирішення задачі фіксується кількість ТЛ, при якій обробку судна може бути виконано у термін сталійного часу.

Ще одна принципово важлива особливість моделі (11)-(14) полягає у тому, що вона залишається коректною у випадку використання двох і більш ТЛ на одному і тому ж люку, коли їх продуктивність зніжується на певну величину.

В результаті реалізації наведеної моделі знаходиться оптимальний план, $\left\{X_{\alpha}^{0}\right\}$, компонентами якого визначаються відрізки часу, протягом яких розміщення ТЛ на судні залишається постійним. Цими часовими відрізками фіксуються етапи ПОС у виді свого роду «смуг», склеювання яких у певній технологічній послідовності дозволяє отримати КПОС без додаткових обчислень та графічних побудов.

Завершуючи обговорення дослідженої проблеми відзначимо, що на Заході, насамперед, у США для оперативного управління динамічними системами розвивають підхід, який базується на так званому змішано-лінійному програмуванні – MILP (Mixed Integer Linear Programing), моделі якого містять змінні, одна частина яких може бути цілими (або бінарними), а інша – безперервними. Більшість задач MILP відноситься до класу NP-задач (важких задач), в яких при збільшенні кількості бінарних змінних розмірність зростає експоненціально, що веде до комбінаторного вибуху, внаслідок чого стає неможливим отримання шуканого рішення за поліноміальний (розумний) час.

Для подолання такого роду «прокляття розмірності» (за Р. Беллману), що є фатальною особливістю задач MILP, спеціалісти в цієї області шукають різні

еврістики, які дозволяють знаходити «майже оптимальні» рішення в прийнятні терміни. Але такий прийом перетворює сувору в математичному сенсі теорію в наближений методичний інструментарій.

У випадку календарного планування потенціал MILP полягає лише у можливості будування діаграми Ганта, що стосовно КПОС виконується без бінарних обмежень раніше згаданим графо-аналітичним методом [2].

Висновок. Основні результати виконаного дослідження полягають, по-перше, у доведенні на прикладі процесу обробки судна можливості створення лінійних моделей, придатних для календарного планування цього процесу, та по-друге, недоцільності використання для цієї цілі алгоритмів MILP.

Література:

1. Крук Ю.Ю. Методи адаптивного управління діяльністю оператора портового терміналу: дис канд. техн. наук: 05.22.01/Одеський національний морський університет. Одеса, 201 7. 179 с.

2. Кириллова, О.В., Магамадов, О.Р., Кириллова, В.Ю., Павлова, Н.Л., Шурін, Б.В. Теоретико-методичне обґрунтування механізму оперативного управління процесом обробки судна. *Вісник Одеського національного морського університету*. 2023. №2 (69). С. 105-123. DOI: https://doi.org./10.47049/2226-1893-2023-2-105-123

maham038660@gmail.com

УДК 656.615.004.8 (477)

Магамадов О.Р., к.т.н., доц., проф.

Одеський національний морський університет, Україна

ОБГРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННЯ ПОРТАМИ УКРАЇНИ

Анотація. *Обговорено ключові питання щодо коректного тлумачення можливостей штучного інтелекту (ШІ) та використання його в управлінні портовою діяльністю. Обґрунтовано джерела ефективності ШІ-візації українських портів у межах процесу*

обробки суден. Показано, що вирішення досліджуваної проблеми належить починати з встановлення доцільного рівня ШІ-візації кожного порту окремо.

Проблематика. Управління транспортними системами.

Основний матеріал. Як відомо, навколо «крутих» ідей завжди виникають і довго тривають гострі та безкомпромісні дискусії. Класичним прикладом у цьому сенсі може служити обговорення можливості створення ШІ, концепцію якого висунув у 1956 році американський науковець М. Минський на Дартмутській науковій конференції в США. Дискусія з цього приводу буквально спалахнула вже на зазначеної конференції та швидко набула планетарного масштабу. Її учасники поділилися на два крила, назвемо їх умовно оптимістами та песимістами. При цьому кожне крило також розпалося на дві частини по суті їх точок зору, або переслідуваним цілям. Так, одні оптимісти (в особі консалтингових гігантів і виробників ШІ) почали експансивно пропагандували цей винахід, а інші (з категорії «просунутих») виступали під впливом моди «бути в тренді». У той же час частина песимістів з числа деніалістів категорично відкидала таку можливість внаслідок того, що ШІ неможливо навчити творчості, привити йому схильність до інтуїції, емпатії, емоціям тощо. Інші песимісти з категорії «добре інформованих оптимістів» навпаки вважали, що якусь подобу природньому інтелекту (ПІ), яким Вселенський Розум вирішив нагородити homo sapiens, в принципу можна отримати, але можливість абсолютної переваги ШІ над ПІ вони рішуче відкидали.

Далі напруження академічної боротьби почало поступово згасати, а після фіаско із спробою розробки автоматизованих систем управління, як прообразу за суттю сьогоднішніх ШІ-систем, ця ідея втратила усі ознаки привабливості аж на півстоліття. А зараз, завдяки невичерпної активності енергійних підприємців типу І. Маска і що з ним, ідея ШІ знову охопила не тільки науковців та виробників, але й майбутніх споживачів цих систем. Але тепер питання «бути чи не бути ШІ» вже не стоїть на порядку денному, з ним змирилися «за умовчанням».

У наш час предметом дискусії стає питання стратегії створення ШІ-систем з визначенням простору її раціонального провадження. Обговоримо це питання на прикладі портів у відповідності із задумом даної роботи. У цьому зв'язку звернемо увагу на світовий досвід ШІ-візації портів придбаний, зокрема, у країнах, які є морськими державами. Вказаний досвід показує, що зазначена проблема вирішується на основі двох підходів, першим з яких передбачається впровадження ШІ-систем, що охоплюють всі напрямки портової діяльності, а другим – поетапне (точкове) впровадження частин системи у міру завершення проєктування й готовності портів до їх впровадження, освоєння та постійного використання.

Повна ШІ-візація зараз здійснюється в мега-портах Азії, а точкову стратегію обрали великі порти Європи та обох Америк. Останню стратегію прийнято і в портах України, де у тестовому режимі пробуються єдина система обміну даними між портом і митною службою, модуль інтеграції з «єдиним вікном» для міжнародної торгівлі, система моніторингу стану причальних стінок за допомогою підводних дронів, локальні системи автоматизованого управління зерновими комплексами, зокрема, стивідорної компанії «Новотех-Термінал» в Одеському порту.

Переходячи до обговорення подальшого розвитку процесу ШІ-візації українських портів, підкреслимо, що неможна в буквальному сенсі орієнтуватися на західний досвід створення ШІ-систем, тому що вони адекватні умовам та особливостям згаданих вище портів різних континентів. А наші порти функціонують зовсім в інших умовах. Тому завдання кожного українського порту полягає в обґрунтуванні економічно ефективного простору ШІ-візації з аргументованим визначенням реальних джерел ефективності.

Нажаль, доводиться констатувати, що зрозумілого методичного інструментарію для вирішення вказаного завдання за станом на сьогодні в науковій літературі з водного транспорту України не існує, наскільки можна судити з публікацій на цю тему. Спроби розв'язати змальовану ситуацію з

використанням закордонного досвіду стосовно ШІ-візації управління портами також не дають позитивного результату, тому що, наприклад у США консалтингові компанії розробляють для портів методики на замовлення за певну плату з юридичним оформленням прав на володіння інтелектуальним капіталом. Зрозуміло, що за такою умовою зазначені методики відсутні у відкритому друку.

Внаслідок наведених фактів залишається тільки одна реальна можливість, а саме – створити потрібну методику, грунтуючись на загальних принципах визначення економічної ефективності удосконалення управління функціонуванням виробничих систем на будь-якій основі, в нашому випадку шляхом впровадження портової ШІ-візації.

Здається логічним як з теоретичної, так і з практичної точок зору підхід, яким передбачається виявлення «підозрілих на ефективність» складових процесу управління портовою діяльністю. У випадку українських портів до вказаних складових належить віднести насамперед:

1. Структуризацію й параметризацію портової діяльності, насамперед, процесів перевалювання вантажів і обробки суден як її фундаментальної основи;

2. Створення сучасного теоретико-методичного арсеналу управління обробкою суден з орієнтацією на використання гібридних методів адаптивного управління шляхом безперервного ведення в ковзному режимі двох видів планів обробки суден: ситуаційного – для множин суден (системна ознака) та календарних – для окремо розглянутих суден (локальна ознака);

3. Визначення, а за необхідністю створення теоретико-методичного арсеналу управління портовою діяльністю з постановкою типових завдань і розробкою оптимізаційних моделей, алгоритмів та технологій їх розв’язання з використанням ШІ;

4. Розробку модулів інтеграції порту з підприємствами й організаціями транспортної та суміжних сфер для забезпечення ефективної взаємодії при управлінні портовою діяльністю;

5. Формування інтегральної бази даних щодо портового виробництва шляхом раціонального поєднання масивів вхідної, постійно збереженої, оновлювальної та вихідної інформації;

6. Обґрунтування архітектури ШІ-системи, її складових елементів, параметрів та характеристик з охопленням всіх виробничих процесів, а також комунікаційних систем взаємодії із стейкхолдерами та суміжними підприємствами.

Переходячи, далі до обґрунтування джерел ефективності ШІ-візації портів, звернемо увагу на те, що в умовах роботи українських портів реальні джерела ефективності оптимізації управління обробкою суден полягають у наступному.

Перше з них пов'язано із забезпеченням максимально повного використання причалів у часі для розвантаження/завантаження суден, що може досягатися за узгодженням між портом і судновласниками (фрахтовниками) термінів прибуття суден до порту для обслуговування. Реалізація цього джереда обертається для портів приростом вантажообігу та завдяки цьому збільшенню їх доходів

Друге реальне джерело проявляється у випадку забезпечення раціонального (без зниження продуктивності) використання перевантажувальних ресурсів порту в ході виконання обробки суден, що сприяє скороченню витрат портів.

Трете реальне джерело відповідає можливості підвищення доходів портів у довгостроковому виміру за рахунок зміцнення їх репутаційної привабливості у сприйнятті стейкхолдерів при встановленні підвищених рівнів договірних показників, а саме-інтенсивності перевантажувальних операцій (валових норм обробки суден) і консалідованих тарифів (акордних ставок) на перевалювання вантажів. Зростання першого показника веде до скорочення термінів обробки суден, що еквівалентно вивільненню робочого часу причалів, і завдяки цьому використанню отриманої таким чином реальної можливості освоєння додаткового вантажообігу причалів з отриманням відповідного доходу. Другий показник у випадку його підвищення також забезпечує збільшення доходів портів.

Безумовно реальним є джерело ефективності ШІ-візації портів, яке полягає в удосконаленні інформаційного забезпечення управління портовою діяльністю, зокрема, підвищенню якості інформації щодо виробничого процесу шляхом її систематичного оновлення. До реальних джерел можна цілком обґрунтовано віднести також потенційний ефект. від вирішення проблем інтеграції портів із зовнішніми системами та удосконалення на цієї основі їх взаємодії при управлінні процесами перевалювання вантажів та обробки суден, включаючи документальне оформлення отриманих результатів.

Особливої уваги заслуговує таке популярне на Заході джерело економічної ефективності впровадження ШІ в систему моніторингу стану техніки та споруд, як можлива економія витрат завдяки своєчасному запобіганню аварій та руйнувань. Ця точка зору всюди у світі вважається дискусійною, тому що довести її реальну спроможність (або зворотне) поки не вдається.

Отже, якщо з доходною частиною економічної ефективності ШІ-візації портів ситуація поки є не зовсім прозорою, то з її витратною складовою проблемним бачиться лише одне – на який рівень ШІ-візації належить орієнтуватися нашим портам. За експертними оцінками спеціалістів, витрати в залежності від реалізації можуть коливатися від десятків до сотень мільйонів гривень.

Звідси випливає проблема встановлення рівня ШІ-візації портів, при якому досягається економічно прийнятне співвідношення між витратами та гарантованими результатами.

Саме в такій цільовій постановці проблема ШІ-візації українських портів досліджується на кафедри «Управління портовою і сервісною діяльністю на водному транспорті» Одеського національного морського університету.

maham038660@gmail.com

УДК 656.13:004.9

Макарець В.В., д-р філос., ст. викл.,

Марченко М.П., студентка

ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ІТ-РІШЕНЬ

Анотація. *Розглянуто проблему підвищення ефективності маршрутизації вантажних перевезень в умовах цифровізації транспортної галузі. Систематизовано основні класи математичних моделей та алгоритмічних підходів до задачі ЗМТЗ, проаналізовано прикладний потенціал GIS-, TMS-платформ і методів машинного навчання у контексті скорочення логістичних витрат і вуглецевого сліду перевезень.*

Проблематика. Зростання конкуренції на ринку транспортних послуг та збільшення обсягів вантажоперевезень об’єктивно вимагають перегляду усталених підходів до планування маршрутів. Традиційне диспетчерське планування, що ґрунтується на досвіді та спрощених евристиках, не дозволяє оперативно опрацьовувати великі масиви просторових і часових даних і, як наслідок, призводить до надлишкових пробігів, неповного завантаження транспортних засобів та підвищених витрат на пальне. Окремої уваги заслуговує ситуація в агрологістиці, де сезонна нерівномірність вантажопотоків, розпорошеність пунктів відвантаження і вплив польових умов створюють додаткові обмеження. Усе це актуалізує необхідність дослідження прикладного потенціалу ІТ-рішень, здатних забезпечити обґрунтоване, адаптивне та економічно ефективне планування маршрутів.

Основні матеріали дослідження. В основі сучасних систем маршрутизації лежать математичні моделі класу задачі маршрутизації транспортних засобів, уперше формалізованої Данцигом і Ремзером ще у 1959 р. [1]. Задача зводиться до визначення оптимального набору маршрутів флоту, що мінімізує сумарну довжину перевезень за дотримання обмежень на

вантажопідйомність, часові вікна обслуговування та робочий час водіїв. Оскільки ЗМТЗ належить до класу важких задач, точне її розв'язання для реалістичних розмірностей є обчислювально нездійсненним, тому в практиці широко застосовуються евристичні та метаевристичні алгоритми: алгоритм заощадження Кларка-Райта [2], генетичні алгоритми, мурашині колонії, метод оптимізації роєм частинок.

Інфраструктурною основою практичної реалізації цих моделей виступають геоінформаційні системи, інтегровані з GPS-телематикою та платформами управління перевезеннями. Такі рішення формують єдине інформаційне середовище, в якому диспетчер у режимі реального часу контролює стан флоту, а маршрут динамічно коригується з урахуванням заторів і погодних умов. За оцінками галузевих джерел, інтегровані TMS-платформи дозволяють скоротити витрати на пальне на 15–25 %, а час складання маршрутних завдань — на 40–60 % порівняно з ручним плануванням [3].

Окремий напрям становить застосування методів машинного навчання до динамічних варіантів, коли запити на доставку надходять у реальному часі. Алгоритми навчання з підкріпленням демонструють конкурентоспроможні результати в задачах онлайн-маршрутизації [4], а рекурентні нейронні мережі ефективно прогнозують попит. На нашу думку, повноцінне використання цих підходів передбачає достатню цифрову зрілість підприємства та якісні операційні дані — обставина, яку часто недооцінюють у дискусіях про «повну автоматизацію» логістики.

Висновки. Комплексне застосування GIS/GPS-інфраструктури, TMS-платформ і методів машинного навчання дозволяє суттєво підвищити ефективність транспортного планування за одночасного зниження операційних витрат і вуглецевого сліду перевезень. Перспективним напрямом подальших досліджень є адаптація методу рою часток до задач динамічної маршрутизації з урахуванням специфіки агрологістики.

Література

1. Dantzig G.B., Ramser J.H. The Truck Dispatching Problem. Management Science. 1959. Vol. 6, № 1. P. 80–91.
2. Clarke G., Wright J.W. Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points. Operations Research. 1964. Vol. 12, № 4. P. 568–581.
3. Танасійчук О.М., Фесенко В.В. Логістика і управління ланцюгами постачань: навч. посіб. Харків: ХНАДУ, 2020. 256 с.
4. Nazari M., Oroojlooy A., Snyder L.V., Takáč M. Reinforcement Learning for Solving the Vehicle Routing Problem. Advances in Neural Information Processing Systems. 2018. Vol. 31. P. 9839–9849.

Walera10100@gmail.com

UDC 656.7:656.073

Мацюк В.І., д.т.н., проф., Циганій С.В., MSc, аспірант,

Каламбет А.І., MSc, аспірант

Національний університет «Київський авіаційний інститут», Україна

ПРОБЛЕМАТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ АВІАЦІЙНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Анотація. *Проведений аналіз відкритих джерел щодо сучасного стану авіаційних вантажних перевезень дозволяє стверджувати, що авіаційний транспорт сьогодні є одним із ключових елементів глобальних ланцюгів постачання експрес-вантажів та пошти. Особливо важливим це є для міжконтинентальних перевезень термінових, високовартісних і дрібнопартійних вантажів. Незважаючи на те, що частка авіаційного транспорту у світовому вантажообігу становить близько 1%, вартість таких вантажів сягає 30–40% від загальної вартості світового вантажопотоку, що визначає специфіку його використання [1], [2], [3].*

Проблематика. Аналіз наукової та фахової літератури за останні 10–15 років свідчить про актуальність проблематики вдосконалення транспортно-

технологічних систем доставки вантажів за участю авіаційного транспорту. За результатами дослідження можна виділити чотири основні напрями підвищення ефективності функціонування авіаційних транспортних систем (рис. 1) [4], [5], [6], [7], [8], [9], [10], [11], [12].

Основний текст. Перший напрям пов'язаний із вдосконаленням структури авіаційної транспортної мережі, що включає взаємодію аеропортів, транзитних терміналів та авіаційних ліній. Основна увага приділяється розробці математичних моделей і методів оптимізації за критеріями мінімізації витрат, часу доставки та підвищення ефективності функціонування мережі.

Другий напрям стосується доставки експрес-пошти та дрібнопартійних високовартісних вантажів. Дослідження базуються на тому, що авіаційний транспорт є складовою глобального логістичного ланцюга, у якому наземний транспорт забезпечує початкові та завершальні етапи доставки, а авіаційний — основний транзитний етап. Саме тому значна увага приділяється логістичному принципу доставки «від дверей до дверей». Водночас складність таких транспортно-технологічних систем обумовлена значною кількістю учасників і параметрів, які складно врахувати в межах єдиної моделі.

Третій напрям досліджень зосереджується на ефективності використання парку повітряних суден, зокрема оптимізації їх вантажопідйомності та структури залежно від параметрів вантажопотоків. Даний напрям переважно орієнтований на внутрішні задачі функціонування авіаційних перевізників.

Четвертий напрям стосується ефективного використання транспортних хабів і логістичних терміналів, де здійснюється накопичення, сортування та формування партій вантажів. Разом з тим такий підхід часто розглядає лише окремі елементи системи без комплексного врахування всього ланцюга доставки.

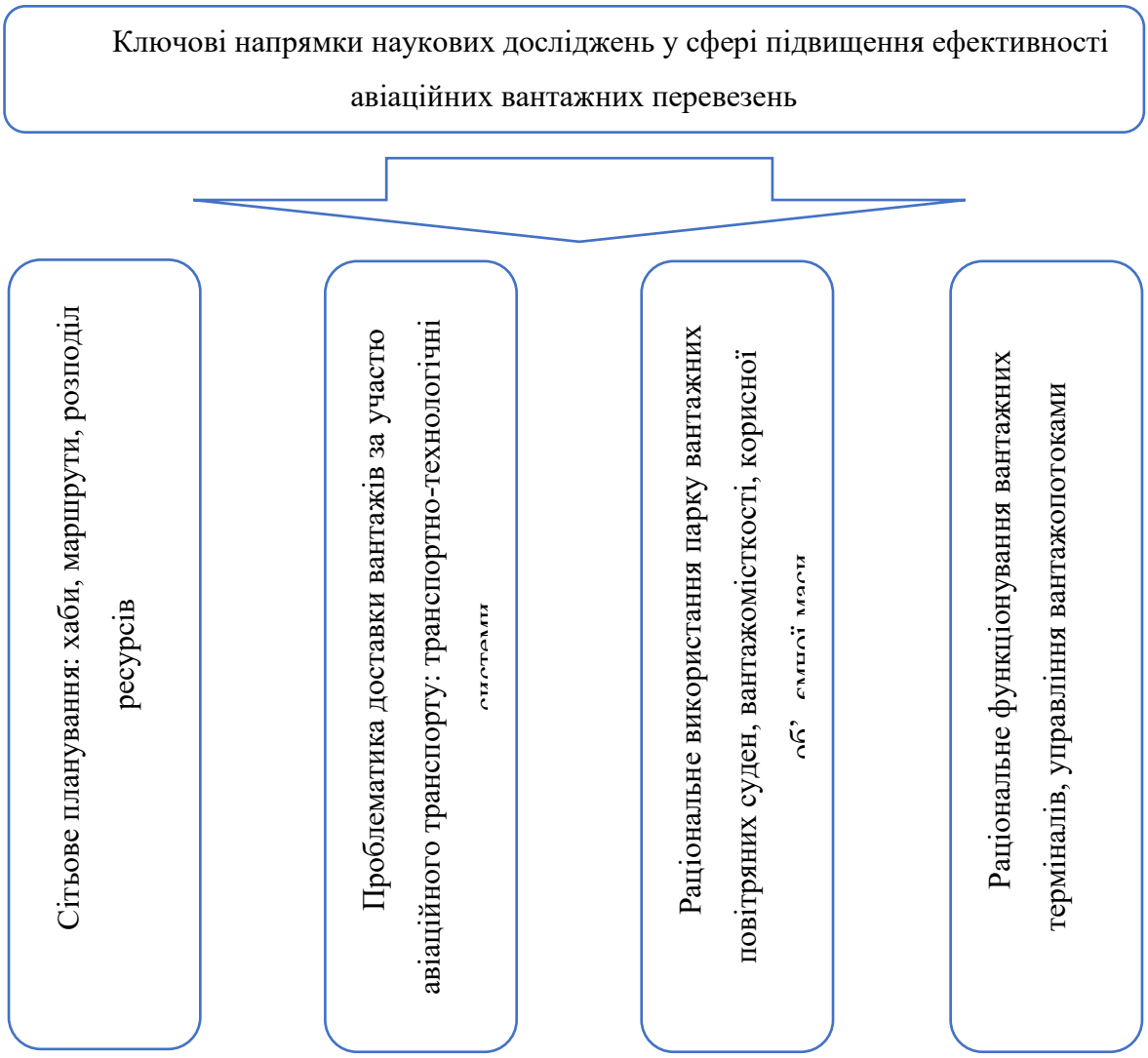


Рисунок 1 – Структурно-логічна модель напрямків дослідження проблематик авіаційних вантажних перевезень

Висновок. Отже, найбільш перспективним напрямом розвитку авіаційних транспортно-технологічних систем є дослідження доставки експрес-пошти та термінових вантажів за участю авіаційного й автомобільного транспорту. Подальші дослідження доцільно зосередити на вдосконаленні параметрів взаємодії видів транспорту та критеріїв ефективності систем доставки вантажів загалом.

Список використаних джерел.

1. “RNE Guidelines Basic TIS requirements on data delivery for reporting purposes ,” RailNetEurope.

2. “ACI World Airport Traffic Forecasts 2025–2054 - Store | ACI World.” Accessed: Apr. 23, 2026. [Online]. Available: https://store.aci.aero/form/lp-aci-world-airport-traffic-forecasts-2025-2054/?gad_source=1&gad_campaignid=19783984700&gbraid=0AAAADJnGKyjl3gXwJkvbbqCNyZtjwgX6&gclid=CjwKCAjwhqfPBhBWEiwAZo196vfugJW__fwZF55DdfPS0EOG80Epxb5iSZaNYcjBQzNTmrNyKMMYDhoC2EEQAvD_BwE

3. “▶ Geschäftsbericht Deutsche Bahn 2025.” Accessed: Apr. 23, 2026. [Online]. Available: https://ibir.deutschebahn.com/2025/de/start/

4. G. Zäpfel and M. Wasner, “Planning and optimization of hub-and-spoke transportation networks of cooperative third-party logistics providers,” *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 78, no. 2, pp. 207–220, Jul. 2002, doi: 10.1016/S0925-5273(00)00152-3.

5. Y. Wang, T. Zhu, K. Yuan, P. Zhang, Z. Liang, and J. Zhu, “An Interval Integrated Optimization to Air-Cargo Hub Network Design and Airline Fleet Planning,” *J. Adv. Transp.*, vol. 2024, no. 1, p. 5754231, Jan. 2024, doi: 10.1155/2024/5754231.

6. Z. Wu, P. L. Lai, P. Piboonrungroj, and H. Guo, “Determinants of air cargo volumes within airport networks: Insights from an augmented gravity model with economic distance and geographic threshold effects,” *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, vol. 41, no. 3, pp. 153–163, Sep. 2025, doi: 10.1016/J.AJSL.2025.06.004.

7. Kyungwoo Kang and Woong-Yi Kim, “STUDY ON THE AIR CARGO HUB NETWORKS OF THE INCHEON INTERNATIONAL AIRPORT ,” in *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Hanyang: Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Oct. 2023, pp. 195–212.

8. Kuancheng HUANG and Wenhsiu HSU, “REVENUE MANAGEMENT FOR AIR CARGO SPACE WITH SUPPLY UNCERTAINTY ,” in *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Taiwan, 2005, pp. 570–580. Accessed: May 04, 2026. [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://easts.info/online/proceedings_05/570.pdf?utm_source=chatgpt.com

9. Akseniia Kaya, “Сучасний стан та тенденції розвитку авіатранспортної галузі України,” *Економіка. Фінанси. Право.*, no. 5, pp. 8–14, 2009, Accessed: May 04, 2026. [Online]. Available: file:///C:/Users/vimat/Downloads/1.5.pdf

10. Соколова О.Є. and Чередніченко К.В., “МЕТОДИ ТА МОДЕЛІ КОРОТКОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ЄВРОПЕЙСЬКОГО РИНКУ АВІАЦІЙНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ,” *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського.*, vol. Технічні науки, pp. 306–316, 2023, Accessed: May 04, 2026. [Online]. Available: file:///C:/Users/vimat/Downloads/2023_03_.pdf

11. Bill KP Chan, Henry YK Lau, and Steve KK Chan, “SIMULATION STUDY OF AN AUTOMATED AIR CARGO TERMINAL ,” *MSC-LES*, pp. 252–260, 2008, Accessed: May 04, 2026. [Online]. Available: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.msc-les.org/proceedings/mas/2008/MAS2008_252.pdf?utm_source=chatgpt.com

12. K. Amaruchkul and V. Lorchirachoonkul, “Air-cargo capacity allocation for multiple freight forwarders,” *Transp. Res. E Logist. Transp. Rev.*, vol. 47, no. 1, pp. 30–40, 2011, doi: 10.1016/j.tre.2010.07.008.

vimatsiuk@gmail.com

УДК 656.073:656.615

Михайлов Є.В., к.т.н., доц.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛІВ

Анотація. *У роботі розглядається трансформація контейнерних терміналів в умовах зростання глобальної торгівлі, збільшення розмірів суден та посилення вимог до ефективності логістичних ланцюжків. Аналізуються обмеження традиційної моделі зберігання, заснованої на блочному штабелюванні, та обґрунтовується перехід до вертикальних автоматизованих складських систем. Робиться висновок про перехід контейнерного терміналу від фізичної інфраструктури до інтелектуальної логістичної системи.*

Проблематика дослідження. Сучасна глобальна економіка характеризується високим ступенем залежності від ефективного функціонування транспортно-логістичних систем. Контейнерні перевезення є ключовим елементом світової торгівлі, забезпечуючи стандартизацію і масштабованість вантажопотоків. Однак інтенсивне зростання обсягів перевезень, а також поява надвеликих контейнеровозів (ULCS) радикально змінили вимоги до транспортної інфраструктури [1].

Традиційні контейнерні термінали (КТ), сформовані в умовах менших обсягів та іншої логістичної динаміки, дедалі частіше демонструють структурні обмеження. Це призводить до зниження пропускної спроможності, зростання операційних витрат та погіршення передбачуваності логістичних процесів. У цих умовах виникає необхідність концептуального переосмислення архітектури терміналів.

Найбільші та краще технічно оснащені КТ розташовуються насамперед у морських портах. Класичний контейнерний термінал є комплексом, що включає три ключові елементи [2]:

• причальну лінію із кранами STS;

• контейнерний майданчик (Container Yard, CY);

• інтерфейсні зони (автомобільні та залізничні термінали).

Основна логіка функціонування такого КТ заснована на тимчасовому зберіганні контейнерів на відкритих майданчиках з подальшим переміщенням між видами транспорту.

Фундаментальною особливістю традиційної моделі є блокове штабелювання контейнерів. Цей підхід спрямований на максимальне використання обмеженої площі, проте супроводжується критичними операційними витратами. Ключовий його недолік – необхідність виконання непродуктивних переміщень (re-handling). Для вилучення контейнера з нижніх рівнів штабеля потрібне тимчасове переміщення одиниць, що лежать вище. Частка таких операцій досягає 30…60% від загального обсягу кранових переміщень, що призводить до збільшення часу обробки контейнерів, зростання енерговитрат та зниження надійності технологічних операцій.

Під час заповнення такого терміналу понад 70…80% його пропускна спроможність різко падає. Це пов’язане з експоненційним зростанням складності доступу до контейнерів. В результаті суттєво збільшується час простою транспорту та порушується синхронізація логістичних процесів, що призводить до зниження загальної ефективності всього ланцюжка постачання.

Контейнерні термінали є ключовими вузлами інтермодальних перевезень, поєднуючи морський, залізничний та автомобільний транспорт. Їхня ефективність безпосередньо впливає на стійкість усієї логістичної системи. Таким чином, контейнерний термінал перетворюється на критичне вузьке місце.

Основні матеріали дослідження. Обмеженість земельних ресурсів у портових зонах зазвичай робить подальше горизонтальне розширення КТ неможливим. Альтернативою стає перехід до вертикального зберігання контейнерів.

Висотні складські системи (High Bay Storage, HBS) дозволяють збільшити щільність зберігання в 3 і більше разів із забезпеченням прямого доступу до кожного контейнера та усунення необхідності їх зайвих перестановок [3].

Ключова відмінність нового підходу – відмова від штабелювання на користь адресного зберігання. Кожен контейнер розміщується в окремому осередку стелажної конструкції.

В якості засобів механізації зазвичай використовуються автоматизовані крани, які забезпечують прямий доступ до будь-якого контейнера, виключення непродуктивних операцій та стабільну продуктивність незалежно від рівня завантаження.

В основу технологічної архітектури сучасних контейнерних терміналів закладено кілька важливих факторів:

1. Автоматизація роботи КТ. Вона розвивається поетапно - від часткової автоматизації (автоматизації складування) до повної автоматизації (включаючи транспортування контейнерів). Сучасні технологічні рішення КТ побудовані на використанні автоматизованих кранів (ASC - Automated Stacking Cranes) та безпілотних транспортних засобів (AGV - Automated Guided Vehicles /ALV - Automated Lifting Vehicles). ASC пересуваються рейками вздовж контейнерних стелажів, виконують сортування та штабелювання контейнерів у зоні зберігання. Вони працюють без водія. Система самостійно визначає оптимальне місце для кожного контейнера, щоб мінімізувати кількість зайвих переміщень. AGV - це

автоматизовані платформи. Вони лише перевозять контейнер. Щоб зняти або поставити на них вантаж, потрібен кран (STS або ASC). ALV є більш просунутою версією. Ці машини вміють «самозавантажуватися» - вони піднімають контейнер із землі або спеціальних стійок самостійно, не чекаючи крана. Це розриває жорстку залежність «кран-машина» і пришвидшує логістику.

Весь ланцюг працює наступним чином. Причальний кран (STS) знімає контейнер із судна. На причалі його чекає AGV, маршрут якого прокладено комп'ютером за допомогою магнітних датчиків у покритті або GPS/Lidar. AGV автоматично їде до потрібного блоку, де його зустрічає ASC, який забирає контейнер і ставить його в точно визначену комірку складу. Головна перевага такої системи -вона працює 24/7, без людських помилок, із ідеальною точністю та значно вищою безпекою, оскільки людей у зоні руху техніки немає.

2. Інтернет речей (IoT). IoT забезпечує цифрове уявлення фізичної інфраструктури терміналу. Основні його функції:

• моніторинг стану обладнання;

• відстеження контейнерів;

• предиктивне обслуговування.

Це дозволяє знизити витрати на технічне обслуговування на 50…75%.

3. Штучний інтелект (ШІ). Використання ШІ дозволяє оптимізувати розподіл контейнерів, планування технологічних операцій та прогнозування завантаження КТ.

У результаті стає можливим зниження логістичних витрат, підвищення ефективності використання ресурсів та мінімізація непродуктивних простоїв.

Перехід до автоматизованих термінальних систем супроводжується зміною структури витрат. Незважаючи на необхідність значних початкових інвестицій, довгострокова ефективність таких проектів досягається за рахунок скорочення експлуатаційних витрат, підвищення пропускної спроможності КТ та економії земельних ресурсів.

Автоматизовані контейнерні термінали також відповідають концепції

сталого розвитку та сучасних екологічних вимог за рахунок переходу на електричні системи з можливістю інтеграції поновлюваних джерел енергії [4]. При цьому знижуються викиди CO_2 та NOx та зменшується шумове забруднення.

Додатковою перевагою є зменшення необхідності розширення територій терміналів.

Автоматизація КТ неминуче призводить до трансформації ринку праці за рахунок зростання попиту на фахівців у галузі ІТ та робототехніки при скороченні робочих місць низької кваліфікації. Це потребує розробки програм перепідготовки персоналу та розвитку нових компетенцій.

Основними бар'єрами впровадження автоматизованих КТ є високі капітальні витрати та складність інтеграції із існуючою інфраструктурою. Це призводить до тривалих термінів реалізації таких проектів.

Особливої актуальності в сучасних умовах набуває забезпечення кібербезпеки, оскільки цифровізація збільшує вразливість складних технічних систем.

Таким чином, аналіз показує, що сучасні контейнерні термінали еволюціонують у бік повної автоматизації з інтеграцією до цифрових логістичних екосистем. Актуальним стає використання цифрових двійників та перехід до тривимірної логістики.

Висновки. Еволюція контейнерних терміналів є не просто їх технологічним оновленням, а фундаментальною трансформацією логістичної інфраструктури. Перехід від горизонтальних майданчиків до вертикальних автоматизованих систем дозволяє усунути ключові обмеження традиційної моделі та забезпечити стійкість глобальних ланцюжків постачання.

Контейнерний термінал нового покоління стає не складом, а інтелектуальною системою управління потоками, де ключову роль відіграють дані, алгоритми та автоматизація. В умовах зростання невизначеності світової економіки саме такі системи формують основу конкурентоспроможної та сталої логістики майбутнього.

Література

1. World Bank. Port Reform Toolkit. Washington, DC: World Bank, 2025. https://www.worldbank.org/en/topic/transport/publication/port-reform-toolkit.

2. Carlo H. J., Vis I. F. A., Roodbergen K. J. Transport operations in container terminals: a literature overview // European Journal of Operational Research. 2014. Vol. 236. P. 1–13. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.11.023.

3. Steenken D., Voß S., Stahlbock R. Container terminal operation and operations research: a classification and literature review // OR Spectrum. 2004. Vol. 26. P. 3–49. DOI: https://doi.org/10.1007/s00291-003-0157-z.

4. Michele Acciaro, Thierry Vanelslander, Christa Sys, Claudio Ferrari. Environmental sustainability in seaports: a framework for successful innovation. September 2014. Maritime Policy & Management 41(5):480-500. DOI: https://doi.org/10.1080/03088839.2014.932926.

mihajlov@snu.edu.ua

УДК 621.87

Нєженцев О.Б., к.т.н., доцент

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ДИНАМІЧНИХ ЗУСИЛЛЯ, ЩО ДІЮТЬ НА ВАНТАЖ ПРИ РОЗГОНІ МОСТОВОГО КРАНА З ЧАСТОТНИМ КЕРУВАННЯМ

Анотація. *Викладено методику і результати аналізу динамічних зусиль, що діють на вантаж при розгоні мостового крана з частотним керуванням. Дослідження виконано на тримасовій динамічній моделі крана, рух якої описано нелінійними диференційними рівняннями. За допомогою теорії планування експерименту побудовано залежності вказаних зусиль і часу розгону крана вантажопідйомністю 10 т від параметрів частотного керування.*

Проблематика дослідження. Дослідження перехідних процесів пересування мостових кранів з частотним частотним керуванням показали, що в залежності від величини таких факторів як час роботи (T_p) частотного

перетворювача, діапазон регулювання частоти напруги статора (f_1), крок зміни частоти ($h_ч$), динамічні навантаження, які діють на вантаж $S_к$, а також час розгону крана $t_Р$ можуть як знижуватися, так і істотно зростати.

Основні матеріали дослідження. Мета роботи - встановлення залежностей максимальних динамічних навантажень $S_{ê}^{max}$, а також часу розгону $t_Р$ мостового крана вантажопідйомністю 10 т від параметрів частотного керування.

Мостовий кран представлено у вигляді тримасової розрахункової схеми (рис. 1), рух якої описується нелінійними диференціальними рівняннями другого порядку (1).

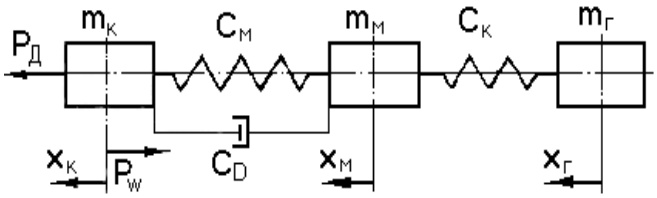


Рис. 1. Розрахункова схема мостового крана

$$\begin{cases} m_K \ddot{x}_K + C_D(\dot{x}_K - \dot{x}_M) + C_M(x_K - x_M) + P_W sign(\dot{x}_K) = P_д; \\ m_M \ddot{x}_M + C_K(x_M - x_Г) - C_D(\dot{x}_K - \dot{x}_M) - C_M(x_K - x_M) = 0; \\ m_Г \ddot{x}_Г - C_K(x_M - x_Г) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

На рис. 1 і в рівняннях (1) прийняті наступні позначення: m_K - зведені до переміщення коліс маса обертових частин привода і частина маси моста; m_M - зведена до середини прольоту маса середніх частин моста і порожнього візка; $m_Г$ - маса вантажу; C_M - коефіцієнт жорсткості металоконструкції крана; C_D - коефіцієнт загасання коливань металоконструкції; C_K - горизонтальна складова натягу канатів при $(x_M - x_Г) = 1$; P_W - сила статичного опору пересуванню крана; x_K, x_M, $x_Г$ - шляхи, що проходять відповідні маси від початку координат; $P_д$ - приведена до ходових коліс сила приводу.

Для проведення комп'ютерного експерименту використовувався квазі-D-

оптимальний план типу B_k з урахуванням рівнів і інтервалів варіювання факторів T_p, $\boldsymbol{h_ч}$, f_1 для мостового крана в/п 10 т (див. таблицю).

У кожній точці плану (при певному поєднанні факторів T_p, $\boldsymbol{h_ч}$, f_1) вирішувалася система нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку (1) чисельним методом Рунге-Кутта за допомогою комп'ютерної програми (в середовищі Delphi). При цьому на кожному кроці інтегрування визначалися максимальні значення динамічних навантажень на вантаж $S_{\hat{e}}^{max}$, які приймалися за результати експерименту в даній точці плану.

Таблиця - Рівні та інтервали варіювання факторів T_p, $\boldsymbol{h_ч}$, f_1

Рівні факторів	T_p, с	$\boldsymbol{h_ч}$, Гц	f_1, Гц
Код (z_i)	z_1	z_2	z_3
Основний рівень ($z_i = 0$)	3,0	1,5	42,5
Інтервал варіювання (Δz_i)	1,0	1,0	7,5
Верхній рівень ($z_i = +1$)	4,0	2,5	50,0
Нижній рівень ($z_i = -1$)	2,0	0,5	35,0

Для мостового крана в/п 10 т були побудовані рівняння регресії максимальних динамічних навантажень $S_{\hat{e}}^{max}$, а також часу розгону крана t_p при частотному управлінні:

$$S_{\hat{e}}^{max} = 4{,}9304 - 0{,}2151 \cdot z_1 + 0{,}2734 \cdot z_2 + 0{,}1375 \cdot z_3 - 0{,}0803 \cdot z_1 \cdot z_2 - \\ - 0{,}0738 \cdot z_1 \cdot z_3 + 0{,}0628 \cdot z_2 \cdot z_3 + 0{,}0991 \cdot z_1^2 + 0{,}0914 \cdot z_2^2; \quad (2)$$

$$t_p = 5{,}1671 + 0{,}1850 \cdot z_1 - 0{,}2120 \cdot z_2 - 0{,}1240 \cdot z_3 + 0{,}0700 \cdot z_1 \cdot z_2 - \\ - 0{,}0725 \cdot z_1 \cdot z_3 - 0{,}1050 \cdot z_2 \cdot z_3 + 0{,}1071 \cdot z_2^2 + 0{,}0971 \cdot z_3^2, \quad (3)$$

де z_1, z_2, z_3 - кодовані значення факторів T_p, $h_ч$, f_1, (див. таблицю).

Рівняння регресії (2, 3) дозволяють досліджувати вплив кожного фактора і їх взаємодії на максимальні динамічні навантаження $S_ê^{max}$, а також тривалість перехідного процесу мостового крана t_P. На рис. 2 наведено графіки залежностей горизонтальних динамічних навантажень $S_ê^{max}$ від кроку зміни частоти $h_ч$ частотного перетворювача.

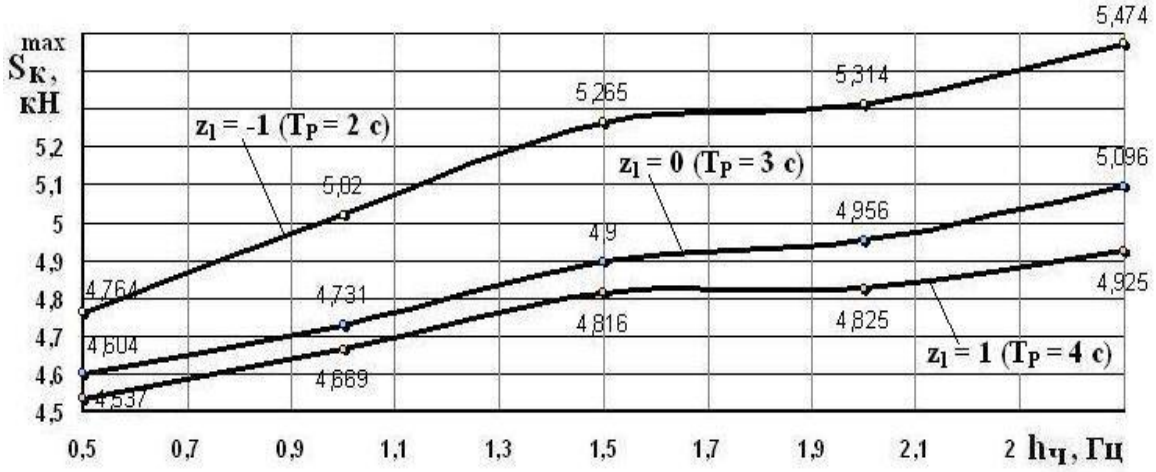


Рис. 2. Графіки залежності горизонтальних динамічних навантажень $S_ê^{max}$, що діють на вантаж, від кроку зміни частоти $h_÷$ частотного перетворювача

Висновки. За результатами аналізу проведених досліджень встановлено, що: при збільшенні кроку зміни частоти $h_ч$ навантаження $S_ê^{max}$ зростають на 13%, а час розгону крана t_P - зменшується більш ніж на 9%. Зі збільшенням часу роботи частотного перетворювача T_p навантаження $S_ê^{max}$ знижуються на 11%, а час розгону крана t_P - зростає більше ніж на 10%.

nezhentsev007@gmail.com

УДК 656.2.07

Новальська Н. І., к.е.н., доц.,

Білоус Т. М., студ., Дунаєва А. В., студ.

Національний університет «Київський авіаційний інститут»

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ РИНКУ ПАСАЖИРСЬКИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ

Анотація. У статті досліджено сучасний стан та тенденції розвитку ринку пасажирських перевезень залізничним транспортом в Україні. Проведено аналіз динаміки перевезень та пасажирообігу, а також визначено ключові фактори, що впливають на розвиток галузі. Встановлено основні тенденції функціонування ринку в сучасних умовах.

Проблематика. Залізничний транспорт є важливою складовою транспортної системи України, забезпечуючи значну частку пасажирських перевезень та виконуючи стратегічну роль у функціонуванні економіки держави. Водночас сучасні умови розвитку галузі характеризуються впливом кризових явищ, зокрема воєнних дій, що призводить до змін у структурі попиту та ефективності функціонування транспортної системи. Це обумовлює необхідність аналізу тенденцій розвитку ринку пасажирських перевезень залізничним транспортом.

Основні матеріали дослідження. Залізничний транспорт є базовою складовою транспортної системи України та відіграє ключову роль у забезпеченні мобільності населення і функціюванні економіки. Також на залізничних транспорт припадає значна частка пасажирообігу країни [1]. У сучасних умовах ринок пасажирських перевезень зазнає трансформацій під впливом як внутрішніх, так і зовнішніх факторів, що зумовлює необхідність комплексного аналізу його розвитку.

Аналіз динаміки перевезень показує, що у 2021 році пасажиропотік на залізниці досяг позначки 81,3 млн.осіб. Разом з тим, помісячний обсяг

перевезень визначається суттєвими сезонними коливаннями попиту [2]. Такі коливання пояснюються зростанням мобільності населення в літній період. Це збільшує навантаження на транспортні системи та спричиняє коливання пасажиропотоків. Такі зміни добре узгоджуються з базовими принципами функціонування транспортних систем, а саме залежністю від сезонності, соціально-економічної активності та поведінки населення.

У подальшому спостерігається спад обсягів перевезень: у 2024 році їх кількість скоротилася до 65,7 млн пасажирів [2]. Така динаміка пов'язана не лише зі зниженням мобільності населення, але й із суттєвими змінами в транспортній системі країни, спричиненими воєнними діями та пошкодженням інфраструктури. Зокрема, за оцінками Світового банку, транспортний сектор зазнав значних втрат, що негативно вплинуло на ефективність функціонування залізничного транспорту.

Водночас у 2025 році (за 9 місяців) обсяг перевезень становив 48,6 млн пасажирів, що свідчить про поступову стабілізацію ринку та адаптацію до нових умов функціонування. Це узгоджується з висновками про високу адаптивність транспортної системи України, яка, незважаючи на кризові умови, демонструє здатність до відновлення [3].

Більш глибоке розуміння розвитку ринку забезпечує аналіз пасажирообігу. У 2021 році він становив 15 709 млн пас.-км, що відображає значний обсяг перевезень на різні відстані. У 2024 році цей показник зріс до 16 699,4 млн пас.-км, незважаючи на зменшення кількості пасажирів . Така суперечлива динаміка свідчить про структурні зміни попиту, зокрема зростання середньої дальності поїздок [2].

Зміщення попиту у бік більш тривалих перевезень можна пояснити трансформацією просторової мобільності населення, що виникла внаслідок зміни економічних зв'язків і логістичних маршрутів у країні [3]. Це підтверджує, що залізничний транспорт зберігає свою стратегічну роль, адаптуючись до нових умов функціонування.

У 2025 році (за 9 місяців) пасажирообіг становив 12 821,7 млн пас-км , причому максимальні значення перевищують попередні періоди, що свідчить про активізацію міжміських перевезень. Структура попиту змінюється, зокрема зростає значення дальніх перевезень у загальній системі транспортних послуг (табл. 1).

Таблиця 1 - Основні показники розвитку ринку пасажирських перевезень залізничним транспортом в Україні, 2021–2025 рр.

Показник	2021	2022	2023	2024	2025 (9 міс.)
Перевезено пасажирів, млн осіб	81,3	53	65	65,7	48,6
Пасажирообіг, млрд.пас.км	15,7	10,9	15,5	16,7	12,8

Таким чином, ринок пасажирських перевезень залізничним транспортом в Україні характеризується скороченням кількості перевезених пасажирів та одночасним зростанням пасажирообігу, що свідчить про зміну структури попиту. Зберігається сезонність перевезень та простежується тенденція до збільшення дальності поїздок. В умовах сучасних викликів ринок поступово адаптується до нових умов функціонування, що визначає необхідність подальшої модернізації інфраструктури та підвищення ефективності діяльності залізничного транспорту.

Попри позитивні зрушення, галузь залізничних перевезень в Україні стикається з низкою суттєвих проблем. Дефіцит фінансування обмежує можливості повноцінної модернізації та стабільного розвитку. Водночас значний знос рухомого складу та ризики для енергетичної інфраструктури підвищують витрати і ускладнюють забезпечення ефективних перевезень.

Серед ключових напрямів розвитку ринку пасажирських перевезень залізничним транспортом в Україні слід виокремити: впровадження моделі PSO та держзамовлення, оновлення рухомого складу та інклюзивність, інтеграцію до ЄС та розбудову євроколії. Модернізація інфраструктури та оновленням рухомого складу сприятиме підвищенню швидкості, безпеки та якості перевезень. Важливими напрямами розвитку є також розширення швидкісного

сполучення, цифровізація сервісів і впровадження клієнтоорієнтованих підходів. Значний потенціал має інтеграція національної залізничної системи до європейського транспортного простору. Це забезпечить розширення міжнародних перевезень. Водночас подальший розвиток галузі залежить від здатності адаптуватися до змін у структурі попиту. Важливими умовами є також підвищення ефективності функціонування та використання екологічних переваг залізничного транспорту.

Висновки. Отже, результати дослідження дають змогу виокремити ключові тенденції розвитку ринку пасажирських перевезень залізничним транспортом в Україні: скорочення кількості перевезених пасажирів, зростання пасажирообігу, збереження сезонності попиту та поступову адаптацію ринку до кризових умов. У перспективі розвиток ринку пасажирських перевезень залізничним транспортом в Україні має бути спрямований на модернізацію інфраструктури, підвищення ефективності функціонування та врахування змін у структурі попиту, оновлення рухомого складу та розвитком швидкісного сполучення.

Джерела:

1. Державна служба статистики. URL: https://www.ukrstat.gov.ua/
2. Савицький Е., Шемаєв В. Економічні аспекти розвитку швидкісного залізничного сполучення в Україні. *Економіка і управління: збірник наукових праць.* 2024. Вип. 56. С. 113–122. URL: https://doi.org/10.32703/2664-2964-2024-56-113-122
3. Ukraine’s transport and logistics system: current and prospective opportunities and challenges. Washington, DC: World Bank, 2025. URL: https://doi.org/10.1596/43467

naduch@ukr.net
8569957@stud.kai.edu.ua
7341719@stud.kai.edu.ua

УДК 656.615:004:338.2

Павлова Н.Л., к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет, Україна

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЯК ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МОРСЬКИХ ПОРТІВ ТА МЕХАНІЗМИ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ

Анотація. *Досліджено теоретико-методологічні засади забезпечення сталого розвитку морських портів в умовах цифрової трансформації. Визначено роль цифрових технологій у підвищенні ефективності управління портовими системами та досягненні збалансованості економічних, екологічних і соціальних результатів. Обґрунтовано механізми інтеграції інструментів цифровізації у систему стратегічного управління портами.*

Проблематика дослідження. Сучасний етап розвитку портової інфраструктури характеризується зростаючою невизначеністю зовнішнього середовища, що зумовлює необхідність переходу до адаптивних моделей управління. Незважаючи на активізацію процесів цифровізації, їх вплив на досягнення сталого розвитку морських портів залишається недостатньо системним. Це пояснюється, з одного боку, фрагментарністю впровадження цифрових рішень, а з іншого — відсутністю інтегрованих підходів до оцінювання їх ефективності з урахуванням багатовимірності сталого розвитку. Наукові дослідження свідчать, що цифрова трансформація портів потребує узгодження технологічних інновацій із стратегічними цілями розвитку, а також формування єдиного інформаційного середовища управління [1]. Водночас впровадження таких технологій, як цифрові двійники та аналітика великих даних, стримується проблемами інтероперабельності систем, якості даних та інституційних обмежень [2].

Основні матеріали дослідження. Трансформаційні процеси у сфері морського транспорту відображають загальні тенденції переходу до цифрової

економіки, де ключовим ресурсом стають дані, а ефективність функціонування систем визначається здатністю до їх обробки та інтерпретації. У цьому контексті морські порти виступають складними соціально-економічними системами, що інтегрують матеріальні, інформаційні та фінансові потоки, а отже, потребують нових підходів до управління, заснованих на принципах системності, адаптивності та інтегрованості.

Цифрова трансформація портів передбачає перехід від локальної автоматизації операцій до формування цілісних цифрових екосистем, у межах яких забезпечується безперервна взаємодія між усіма учасниками логістичного процесу. Одним із ключових методів реалізації такої трансформації є створення портових цифрових платформ (Port Community System), що забезпечують інтеграцію інформаційних потоків між адміністрацією порту, судноплавними компаніями, експедиторами, термінальними операторами та митними органами. Використання таких платформ дозволяє скоротити час документообігу, мінімізувати дублювання інформації та підвищити прозорість логістичних процесів.

Важливим напрямом цифровізації є впровадження технологій Інтернету речей (IoT), які забезпечують збір інформації про стан портового обладнання, транспортних засобів та інфраструктурних об’єктів у режимі реального часу. Практична реалізація цього підходу передбачає встановлення сенсорів на перевантажувальній техніці, контейнерах, енергетичних системах та елементах причальної інфраструктури. Отримані дані використовуються для моніторингу технічного стану обладнання, прогнозування відмов та оптимізації експлуатаційних витрат.

Ефективним методом реалізації цифрової трансформації є застосування аналітики великих даних та систем підтримки прийняття рішень. На основі аналізу історичних і поточних даних можуть формуватись прогностичні моделі щодо інтенсивності вантажопотоків, використання складських площ та завантаження терміналів. Це дозволяє оптимізувати розподіл ресурсів,

скорочувати час перебування вантажів у порту та підвищувати пропускну спроможність інфраструктури.

Ключовим механізмом реалізації цифрової трансформації морських портів є створення цифрового двійника порту (Digital Twin Port), який являє собою інтегровану цифрову модель портової системи, синхронізовану з реальними процесами функціонування інфраструктури, обладнання та логістичних потоків у режимі реального часу. Цифровий двійник формується на основі поєднання технологій Інтернету речей, сенсорних систем, великих даних, геоінформаційних систем та аналітичних платформ. Його впровадження забезпечує можливість комплексного моніторингу стану портової інфраструктури, прогнозування навантаження на термінали, оцінювання ефективності використання причального фронту та моделювання сценаріїв розвитку портової системи.

Практична реалізація цифрового двійника передбачає створення єдиного інформаційного середовища, у межах якого інтегруються дані про рух суден, обробку вантажів, технічний стан обладнання, енергоспоживання та екологічні показники. Це дозволяє забезпечити оперативне прийняття управлінських рішень, мінімізувати непродуктивні витрати часу та ресурсів, а також підвищити адаптивність порту до змін зовнішнього середовища. Крім того, цифровий двійник створює передумови для переходу до предиктивного управління, коли рішення формуються не лише на основі поточного стану системи, а й з урахуванням прогнозованих змін вантажопотоків, технічних ризиків та інфраструктурних обмежень.

Важливим механізмом реалізації цифрової трансформації є автоматизація процесів управління рухом транспортних потоків на території порту. Використання інтелектуальних систем диспетчеризації та технологій штучного інтелекту дозволяє оптимізувати маршрути руху автотранспорту, координувати роботу перевантажувальної техніки та зменшувати простої транспортних засобів. Це сприяє підвищенню ефективності використання портової інфраструктури та зниженню енергоспоживання.

Екологічний аспект цифрової трансформації реалізується через впровадження систем екологічного моніторингу, які забезпечують контроль за рівнем викидів, шумового навантаження та споживання енергетичних ресурсів. Інтеграція цифрових технологій із системами енергоменеджменту дозволяє здійснювати оперативне регулювання використання електроенергії та мінімізувати негативний вплив портової діяльності на довкілля. Одним із практичних методів є використання автоматизованих систем управління освітленням і енергоспоживанням, а також впровадження технологій shore power для забезпечення суден електроенергією під час стоянки.

У цьому контексті цифровий двійник порту виступає не лише інструментом технологічного моделювання, а й інтегруючим елементом системи управління сталим розвитком. Його використання дозволяє здійснювати оцінювання впливу управлінських рішень на економічні показники діяльності порту, рівень екологічного навантаження та ефективність використання ресурсів. Завдяки моделюванню альтернативних сценаріїв функціонування портової системи створюються передумови для формування адаптивної моделі управління, здатної забезпечувати баланс між економічною ефективністю, екологічною безпекою та соціальною стійкістю розвитку морського порту.

Соціальний вимір цифровізації проявляється у трансформації структури зайнятості та підвищенні ролі людського капіталу як ключового ресурсу розвитку. Реалізація цифрової трансформації потребує створення систем професійної підготовки та перепідготовки персоналу у сфері цифрових технологій, аналітики даних та кібербезпеки. Важливим методом є впровадження цифрових навчальних платформ і симуляційних комплексів для підготовки фахівців портової галузі.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що цифрова трансформація виступає інтегруючим фактором, який забезпечує синергію між економічною, екологічною та соціальною складовими сталого розвитку. Її реалізація передбачає формування багаторівневої системи управління, що включає стратегічний, технологічний та

операційний рівні, об’єднані єдиним інформаційним середовищем. Ефективність такої системи визначається здатністю до адаптації, гнучкого реагування на зміни зовнішнього середовища та використання даних як основного ресурсу управління.

Висновки. Цифрова трансформація є ключовим чинником забезпечення сталого розвитку морських портів, оскільки сприяє підвищенню ефективності управління, оптимізації логістичних процесів та зниженню екологічного навантаження. Встановлено, що реалізація цифрової трансформації має базуватись на комплексному впровадженні цифрових платформ, технологій Інтернету речей, аналітики великих даних та інтелектуальних систем управління.

Особливе значення у системі цифрового управління портом має цифровий двійник, який забезпечує інтеграцію інформаційних потоків, моделювання функціонування портової системи та підтримку прийняття управлінських рішень. Його використання створює передумови для формування адаптивної моделі управління, орієнтованої на досягнення економічної ефективності, екологічної безпеки та соціальної стійкості розвитку морських портів.

Література

1. Heilig L., Lalla-Ruiz E., Voß S. Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework. *NETNOMICS: Economic Research and Electronic Networking*. 2017. Vol. 18. P. 227–254. https://doi.org/10.1007/s11066-017-9122-x.

2. Neugebauer J., Heilig L., Voß S. Digital twins in the context of seaports and terminal facilities. *Flexible Services and Manufacturing Journal*. 2024. Vol. 36. No. 3. P. 821–917. https://doi.org/10.1007/s10696-023-09515-9.

pavlova_1983@ukr.net

УДК 656.073:656.615.073

Павлова Н.Л., к.т.н., доц., Овсяник В.О., асп.

Одеський національний морський університет, Україна

ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕКСПЕДИТОРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В КОНТЕЙНЕРНІЙ ЛОГІСТИЦІ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Анотація. *Досліджено сучасні тенденції трансформації експедиторської діяльності в системі контейнерної логістики в умовах цифровізації глобальних ланцюгів постачання. Розглянуто вплив цифрових технологій, зокрема хмарних платформ, штучного інтелекту, Інтернету речей, блокчейну та роботизованої автоматизації процесів, на ефективність організації контейнерних перевезень. Визначено основні проблеми та перспективи цифрової трансформації експедиторської діяльності, пов'язані з інтеграцією інформаційних систем, підвищенням прозорості логістичних процесів і забезпеченням конкурентоспроможності транспортно-логістичних компаній.*

Проблематика дослідження полягає у необхідності оптимізації та підвищення ефективності процесів в експедиторській діяльності у системі контейнерної логістики в умовах цифрової трансформації міжнародних перевезень. Традиційні підходи до організації експедирування характеризуються фрагментарністю інформаційних потоків, залежністю від паперового документообігу та недостатнім рівнем координації між учасниками ланцюга постачання, що призводить до затримок, додаткових витрат і підвищення операційних ризиків. У зв'язку з цим актуальним є дослідження можливостей цифрової трансформації експедиторської діяльності шляхом впровадження сучасних інформаційних технологій та інтегрованих цифрових платформ.

Основні матеріали дослідження. Зростання обсягів перевезень, ускладнення транспортно-логістичних процесів та підвищення вимог до швидкості і прозорості доставки зумовлюють необхідність трансформації традиційних підходів до організації експедиторської діяльності. Одним із ключових напрямів такої трансформації є цифровізація, яка забезпечує

інтеграцію інформаційних потоків, автоматизацію операцій та підвищення рівня управління в системі контейнерної логістики.

Експедиторська діяльність традиційно характеризується високим рівнем фрагментації процесів, значною залежністю від паперового документообігу та обмеженою прозорістю інформаційних потоків. У таких умовах виникають численні операційні ризики, пов'язані із затримками, помилками в документації та неузгодженістю дій між учасниками логістичного процесу. Цифрова трансформація спрямована на усунення цих недоліків шляхом впровадження сучасних інформаційних технологій, які дозволяють інтегрувати всі етапи перевезення в єдину цифрову систему.

На сучасному етапі розвитку логістики цифровізація охоплює широкий спектр технологічних рішень, серед яких особливе значення мають хмарні платформи, системи управління транспортом, технології штучного інтелекту, Інтернету речей та блокчейн. Впровадження цифрових платформ у морській логістиці сприяє підвищенню ефективності управління та зменшенню невизначеності у ланцюгах постачання, що особливо актуально в умовах нестабільного ринкового середовища [1]. Такі платформи забезпечують централізований доступ до інформації, автоматизацію операцій та можливість оперативного прийняття управлінських рішень.

Одним із ключових напрямів цифрової трансформації експедиторської діяльності є автоматизація бізнес-процесів. Використання технологій роботизованої автоматизації процесів дозволяє оптимізувати обробку документів, скоротити час виконання операцій та зменшити вплив людського фактору. Дослідження у сфері експедиторської діяльності підтверджують, що впровадження цифрових рішень, зокрема RPA, сприяє усуненню операційних вузьких місць та підвищенню ефективності логістичних процесів [2].

Важливим елементом цифровізації є використання технологій Інтернету речей, які забезпечують можливість моніторингу контейнерів у режимі реального часу. Завдяки використанню сенсорів та систем передачі даних стає можливим

відстеження місцезнаходження вантажів, контроль умов їх транспортування та своєчасне реагування на відхилення від заданих параметрів. Це значно підвищує рівень безпеки перевезень та дозволяє мінімізувати ризики пошкодження вантажу. Крім того, цифрові технології сприяють інтеграції всіх елементів контейнерного ланцюга постачання, що забезпечує більш ефективне управління ресурсами та потоками інформації.

Особливу увагу в сучасних дослідженнях приділено застосуванню технології блокчейн у логістиці. Блокчейн забезпечує прозорість, незмінність та безпечність даних, що є критично важливим для експедиторської діяльності. Завдяки використанню цієї технології можливе створення електронних документів, зокрема коносаментів, що значно скорочує час їх обробки та знижує ризик шахрайства. Крім того, блокчейн сприяє підвищенню довіри між учасниками логістичного процесу та забезпечує ефективний обмін інформацією.

Впровадження штучного інтелекту та аналітики великих даних відкриває нові можливості для оптимізації експедиторської діяльності. Алгоритми машинного навчання дозволяють прогнозувати попит на перевезення, оптимізувати маршрути, аналізувати ефективність логістичних операцій та виявляти потенційні ризики. Застосування таких технологій сприяє підвищенню точності планування та забезпечує більш ефективне використання ресурсів.

Разом із тим цифрова трансформація експедиторської діяльності супроводжується низкою викликів. Одним із основних є необхідність значних інвестицій у впровадження нових технологій. Крім того, важливим фактором є готовність персоналу до використання цифрових інструментів, що потребує підвищення рівня кваліфікації та розвитку нових компетенцій. Також значну увагу слід приділяти питанням кібербезпеки, оскільки зростання обсягів цифрових даних підвищує ризики їх несанкціонованого доступу.

Сучасні тенденції розвитку логістики свідчать про поступове формування цифрових екосистем, у межах яких відбувається інтеграція всіх учасників логістичного процесу. Використання штучного інтелекту, блокчейну та Інтернету

речей дозволяє створити єдиний інформаційний простір, що забезпечує прозорість, гнучкість та ефективність управління. Застосування таких технологій уже сьогодні дозволяє знизити витрати та підвищити ефективність логістичних операцій приблизно на чверть, що підтверджує їх значний потенціал.

Перспективи розвитку цифрової трансформації експедиторської діяльності пов'язані з подальшим удосконаленням технологій та їх інтеграцією у глобальні логістичні системи. Очікується, що в найближчі роки відбудеться широке впровадження цифрових платформ, які забезпечать повну прозорість ланцюгів постачання та підвищать ефективність управління контейнерними перевезеннями. Важливу роль у цьому процесі відіграватимуть міжнародні стандарти електронного документообігу, розвиток цифрової інфраструктури та співпраця між державними органами та бізнесом.

Таким чином, цифрова трансформація є ключовим фактором розвитку експедиторської діяльності в системі контейнерної логістики. Вона сприяє підвищенню ефективності, зниженню витрат, покращенню якості послуг та забезпеченню конкурентоспроможності логістичних компаній. Водночас успішна реалізація цифрових перетворень потребує комплексного підходу, який включає впровадження сучасних технологій, розвиток кадрового потенціалу та створення сприятливого нормативно-правового середовища.

Висновки. Впровадження цифрових технологій сприяє автоматизації бізнес-процесів, підвищенню прозорості інформаційних потоків, оптимізації управління контейнерними перевезеннями та зниженню операційних витрат. Використання технологій штучного інтелекту, Інтернету речей, блокчейну та цифрових платформ забезпечує більш ефективну взаємодію учасників логістичного процесу та підвищує рівень безпеки й контролю перевезень. Разом із тим успішна реалізація цифрової трансформації потребує значних інвестицій, розвитку цифрових компетенцій персоналу та вдосконалення нормативно-правового забезпечення. Перспективи подальшого розвитку експедиторської діяльності пов'язані з формуванням інтегрованих цифрових екосистем та

широким впровадженням електронного документообігу у сфері контейнерної логістики.

Література

1. Liu Y., Zhao S., Zhao S. Adoption of digital logistics platforms in the maritime logistics industry. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2025. Vol. 12:791. P. 1-15 https://doi.org/10.1057/s41599-025-04969-8.

2. Lam H. Y., Tang V. Digital transformation for cold chain management in freight forwarding industry. *International Journal of Engineering Business Management*. 2023. Vol. 15. https://doi.org/10.1177/18479790231160857.

pavlova_1983@ukr.net

vladov886@gmail.com

УДК 656.615:005.51:004

Павлова Н.Л., к.т.н., доц., Уваров М.С., асп.

Одеський національний морський університет, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МОРСЬКИМИ ВАНТАЖНИМИ ТЕРМІНАЛАМИ НА ЗАСАДАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА LEAN MANAGEMENT

Анотація. *Досліджено основні напрями підвищення ефективності системи управління морськими вантажними терміналами на основі впровадження цифрових технологій та концепції Lean Management. Обґрунтовано роль цифровізації, автоматизації управлінських процесів, оптимізації ресурсного забезпечення та усунення операційних втрат у забезпеченні конкурентоспроможності морських вантажних терміналів. Визначено перспективи інтеграції сучасних управлінських підходів у стратегічний розвиток портової інфраструктури в умовах глобальної трансформації морської галузі.*

Проблематика дослідження. Сучасні морські вантажні термінали функціонують в умовах посилення міжнародної конкуренції, зростання вимог до швидкості обробки вантажів, цифрової трансформації та необхідності

підвищення операційної ефективності. Наявність нераціональних управлінських процесів, недостатній рівень автоматизації, високі операційні витрати та втрати ресурсів обумовлюють потребу у впровадженні сучасних підходів до управління, зокрема цифровізації та Lean Management. Актуальність дослідження полягає у визначенні ефективних напрямів модернізації системи управління морськими вантажними терміналами для забезпечення їхньої конкурентоспроможності та сталого розвитку.

Основні матеріали дослідження. Сучасний етап розвитку світової економіки характеризується глибокими трансформаційними процесами, що охоплюють міжнародну торгівлю, транспортну інфраструктуру та системи управління стратегічно важливими об'єктами. Морські транспортні термінали виступають ключовими елементами портової інфраструктури, забезпечуючи обслуговування вантажних потоків, інтеграцію національних економік у глобальний економічний простір, формування конкурентоспроможності держав та стабільність зовнішньоекономічних зв'язків. Водночас зростання обсягів морських перевезень, підвищення вимог до швидкості обробки вантажів, посилення міжнародної конкуренції, необхідність забезпечення безпеки, екологічної стійкості та адаптації до цифрових викликів актуалізують потребу в удосконаленні системи управління морськими транспортними терміналами. Особливого значення набуває інтеграція цифровізації та концепції Lean Management як комплексної управлінської моделі, спрямованої на підвищення ефективності функціонування терміналів шляхом оптимізації процесів, усунення втрат та використання сучасних технологій.

Морські транспортні термінали функціонують у складному багаторівневому середовищі, де поєднуються технічні, організаційні, економічні та адміністративні процеси. Управління такими об'єктами передбачає координацію великої кількості операцій, включаючи обробку суден, управління інфраструктурою, експлуатацію перевантажувального обладнання, взаємодію з державними структурами, контроль за безпекою, планування ресурсів та забезпечення високої якості обслуговування клієнтів. У традиційних моделях управління значна частина процесів характеризується бюрократизацією,

недостатньою автоматизацією, дублюванням функцій, неефективним використанням ресурсів, тривалими часовими витратами та низькою адаптивністю до змін зовнішнього середовища. Це призводить до зростання операційних витрат, зниження продуктивності, втрати конкурентних переваг та обмеження потенціалу розвитку.

Цифровізація в сучасних умовах стає фундаментальною основою модернізації морських транспортних терміналів. Вона передбачає впровадження інформаційно-комунікаційних технологій, автоматизованих систем управління, цифрових платформ, електронного документообігу, інтелектуальних систем моніторингу та прогнозування, що дозволяють забезпечити оперативність управлінських рішень, прозорість операційних процесів та підвищення загальної ефективності діяльності. Серед ключових напрямів цифрової трансформації морських терміналів особливу роль відіграють Terminal Operating Systems, технології Internet of Things, Big Data, Artificial Intelligence, Blockchain та цифрові двійники інфраструктури. Використання цих інструментів дозволяє створювати інтегроване середовище управління, де всі основні процеси контролюються в режимі реального часу, а управлінські рішення базуються на аналітиці та прогнозних моделях.

Водночас цифровізація сама по собі не гарантує високої ефективності, якщо існуючі процеси залишаються нераціональними. Саме тому важливою складовою сучасної системи управління є концепція Lean Management, яка забезпечує оптимізацію організаційної структури, усунення всіх видів втрат та формування культури безперервного вдосконалення. Lean Management орієнтована на створення максимальної цінності для клієнта за мінімального використання ресурсів. У сфері морських транспортних терміналів це означає скорочення часу обробки суден, мінімізацію простоїв обладнання, підвищення продуктивності персоналу, оптимізацію використання територій, зменшення надлишкових операцій та стандартизацію управлінських процедур.

Поєднання цифровізації та Lean Management створює синергетичний ефект, за якого цифрові інструменти забезпечують технологічну основу для збору, аналізу та передачі інформації, а Lean-підхід формує ефективну логіку

використання цих даних для постійного вдосконалення системи управління. Наприклад, автоматизовані системи моніторингу можуть виявляти затримки в операціях, а Lean-аналіз дозволяє визначити їх причини та усунути джерела втрат. Це формує новий тип управління морськими терміналами, який характеризується високою адаптивністю, ефективністю, прозорістю та стратегічною стійкістю.

Одним із ключових елементів удосконалення системи управління є цифровізація документообігу. Традиційні паперові процедури у морських портах часто супроводжуються затримками, дублюванням інформації, помилками та адміністративними бар'єрами. Перехід до електронних систем обміну даними, єдиних цифрових платформ та технологій blockchain дозволяє значно скоротити час оформлення документів, підвищити рівень безпеки інформації, забезпечити прозорість операцій та знизити адміністративні витрати. Це особливо важливо для міжнародних перевезень, де швидкість обробки інформації безпосередньо впливає на конкурентоспроможність терміналу.

Важливим напрямом є також цифрове управління технічними ресурсами. Використання систем predictive maintenance дозволяє прогнозувати технічний стан обладнання, запобігати аваріям, скорочувати витрати на ремонти та підвищувати коефіцієнт технічної готовності. У поєднанні з Lean-принципами Total Productive Maintenance це забезпечує максимальну ефективність експлуатації перевантажувальної техніки та мінімізацію простоїв.

Система Lean Management також передбачає залучення персоналу до процесів удосконалення через принципи Kaizen, стандартизацію робочих процедур та розвиток корпоративної культури ефективності. Для морських транспортних терміналів це особливо важливо, оскільки людський фактор залишається критично значущим навіть за умов високої автоматизації. Підвищення кваліфікації працівників, розвиток цифрових компетенцій, створення мотиваційних механізмів та участь персоналу у процесах оптимізації сприяють більш швидкому впровадженню інновацій та стійкості змін.

Застосування концепції smart-port є логічним продовженням інтеграції цифровізації та Lean Management. Smart-port передбачає створення

інтелектуального портового середовища, де всі компоненти інфраструктури, транспортні потоки, адміністративні процедури та технічні системи об'єднані єдиною цифровою мережею. Такий підхід дозволяє забезпечити стратегічне планування, оптимальне використання ресурсів, зниження витрат, екологічну стійкість та підвищення конкурентоспроможності. Для України розвиток smart-port моделей є особливо важливим у контексті модернізації морської інфраструктури, відновлення економічного потенціалу та інтеграції до міжнародних транспортних систем.

Водночас процес удосконалення системи управління морськими транспортними терміналами стикається з низкою бар'єрів, серед яких можна виділити високу капіталомісткість цифрової трансформації, недостатній рівень технічної модернізації, кадрові проблеми, опір організаційним змінам, обмеженість фінансових ресурсів та складність інтеграції нових систем у наявну інфраструктуру. Проте довгострокові переваги, що проявляються у підвищенні продуктивності, скороченні витрат, зростанні інвестиційної привабливості та формуванні стратегічної стійкості, роблять такі перетворення економічно обґрунтованими.

Особливого значення набуває питання екологічної ефективності. Сучасні морські транспортні термінали мають відповідати міжнародним вимогам щодо зменшення шкідливих викидів, енергоспоживання та негативного впливу на довкілля. Цифрові системи контролю ресурсів, автоматизація енергоменеджменту та Lean-оптимізація процесів дозволяють значно скоротити екологічне навантаження, що відповідає принципам сталого розвитку.

Висновки. Удосконалення системи управління морськими транспортними терміналами на засадах цифровізації та Lean Management є стратегічно важливим напрямом розвитку сучасної портової інфраструктури. Інтеграція цифрових технологій з принципами безперервного вдосконалення забезпечує підвищення ефективності управління, скорочення витрат, оптимізацію використання ресурсів, покращення якості послуг, розвиток кадрового потенціалу та зміцнення конкурентних позицій морських терміналів на міжнародному ринку. Для України реалізація такої моделі є не лише інструментом модернізації галузі, а й

важливим фактором економічного відновлення, підвищення національної безпеки та інтеграції до сучасного глобального транспортного простору. Успішність цих процесів залежить від системності реформ, стратегічного бачення, інвестицій у технології, розвитку людського капіталу та ефективної державної політики у сфері морської інфраструктури.

Література

1. Behdani B. Port 4.0: A Conceptual Model for Smart Port Digitalization. *Transportation Research Procedia*. 2024. Vol. 74. P. 346–353.

2. Neugebauer J., Heilig L., Voß S. Digital Twins in the Context of Seaports and Terminal Facilities. *Flexible Services and Manufacturing Journal*. 2024. Vol. 36. P. 821–917.

pavlova_1983@ukr.net

superuvarov2222@ukr.net

УДК 656.615. (477)

Перепічко М.Є., ст. викл., Самойловська В.П., доцент

ОНМУ, Україна

АНАЛІЗ ЗАВДАНЬ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ ІНТЕГРАЦІЇ СИСТЕМИ «ПОРТ-ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ПАРК»

Анотація. *Метою доповіді є ідентифікації структури витрат за можливими варіантами транспортного забезпечення у системі «порт – індустріальний парк», як основи для подальшої оптимізації відповідних процесів транспортування. Ця проблема розглядається за умови, що розташування індустріального парку визначено, тому транспортні витрати у відповідній системі залежать тільки від технологічних рішень та кількості вантажу.*

Проблематика. Індустріальний парк забезпечить розбудову сучасного виробничого комплексу в морському порту з розвиненою інженерно-транспортною інфраструктурою, складськими та адміністративними приміщеннями. На основі аналізу видокремлено основні напрямки щодо

вирішення завдань транспортного забезпечення виробничої інтеграції системи «порт – індустріальний парк», а саме оптимізація транспортно-технологічної інфраструктури; ефективне використання портової інфраструктури; оптимізація транспортних витрат. Для ідентифікації структури витрат за можливими варіантами транспортного забезпечення у системі «порт – індустріальний парк» представлено у вигляді схеми можливі варіанти транспортно-технологічного оснащення системи «порт-індустріальний парк».

Основний текст Для характеристики транспортного забезпечення у системі «порт – індустріальний парк», як основи для подальшої оптимізації відповідних процесів транспортування, представимо на рис. 1 складові процесу транспортних перевезень в умовах виробничої інтеграції в системі «порт-індустріальний парк».

Рис.1. Складові процесу транспортних перевезень в умовах виробничої інтеграції в системі «порт-індустріальний парк»

Під транспортним забезпеченням виробничої інтеграції в системі «порт-індустріальний парк» розуміється сукупність елементів, які знаходяться в тісній взаємодії порту та індустріального парку і складають єдину транспортну

систему, що об’єднує операції щодо виробництва та обігу продукту.

Елементами транспортного забезпечення системи «порт-індустріальний парк» є транспортно-технологічна та портова інфраструктура, зокрема, транспортно-технологічне обладнання, контейнерний термінал, склад стивідорної компанії, контейнерний майданчик індустріального парка та склади індустріального парка, автомобільний транспорт, залізничний транспорт, функції яких спрямовані на раціональну взаємодію та оптимальну роботу всієї системи.

Слід звернути увагу на те, що транспортування вантажів через систему «порт-індустріальний парк» є лише одним із складових транспортного забезпечення виробничої інтеграції аналізованої системи. Принциповим є той факт, що морське транспортування здійснюється лише з використанням суміжних видів транспорту – автомобільного та залізничного, що передбачає узгодження всіх зазначених складових, а не лише морської, для забезпечення необхідної ефективності функціонування системи «порт – індустріальний парк».

Таблиця 1 - Транспортно-технологічні операції системи «порт-індустріальний парк»

Номер транспортно-технологічної операції	Характеристика транспортно-технологічної операції
1	переміщення контейнерів із судна на причал причальним перевантажувачем;
2	передача контейнерів із причалу термінальними тягачами до контейнерного терміналу;
3	переміщення контейнера річстакером на склад порту;
4	переміщення контейнера річстакером зі складу порту на контейнерний майданчик індустріального парку (відстань не більше 60 метрів);
5	переміщення контейнера термінальним тягачем та передача на річстакер зі складу порту;
6	переміщення контейнера річстакером на контейнерний майданчик індустріального парку (відстань понад 60 метрів);
7	переміщення контейнера зі складу порту річстакером на залізничний транспорт;
8	переміщення контейнера зі складу порту річстакером на автомобільний транспорт;

9	переміщення контейнера з причалу портальним навантажувачом до контейнерного терміналу порту;
10	переміщення контейнера портальним навантажувачом зі складу порту на контейнерний майданчик індустріального парку;
11	переміщення контейнера зі складу порту портальним навантажувачом на залізничний транспорт;
12	переміщення контейнера зі складу порту портальним навантажувачом на автомобільний транспорт;
13	передача контейнера портальним навантажувачом на рейковий козловий кран та навантаження його на залізничний транспорт;
14	передача контейнера термінальними тягачами до контейнерного терміналу та передача його на кран на пневматичному ході;
15	переміщення контейнера краном на пневматичному ходу з подальшим навантаженням на термінальний тягач;
16	переміщення контейнера з крана на пневматичному ходу на автомобільний транспорт;
17	передача контейнера термінальними тягачами до контейнерного терміналу порту та передача на козловий кран на рейковому ході;
18	переміщення контейнера з крана на рейковому ході з навантаженням на термінальний тягач;
19	переміщення контейнера із крана на рейковому ходу на автомобільний транспорт;
20	переміщення контейнерів із причалу до контейнерного терміналу автоматизованими транспортними навантажувачами;
21	передача контейнерів автоматизованими транспортними навантажувачами на козловий кран на рейковому ході;
22	передача контейнерів зі складу порту козловим краном на рейковому ходу на автоматизовані транспортні навантажувачі та доставка на індустріальний парк;
23	переміщення контейнерів зі складу порту козловим краном на рейковому ходу та передача на автоматизовані транспортні навантажувачі з наступним навантаженням на залізничний транспорт;
24	доставка контейнера безпосередньо до індустріального парку

Висновки. Складові процесу транспортних перевезень в умовах виробничої інтеграції в системі «порт-індустріальний парк» є основою для подальшої оптимізації відповідних процесів транспортування та характеризує транспортне забезпечення у системі «порт – індустріальний парк». Аналізуючи завдання транспортного забезпечення виробничої інтеграції системи «порт-індустріальний парк» виділено основні напрямки: оптимізація транспортно-технологічної інфраструктури, ефективне використання портової інфраструктури, оптимізація транспортних витрат. Тому ідентифікації структури

витрат за можливими варіантами транспортного забезпечення у системі «порт – індустріальний парк», і є основою для подальшої оптимізації відповідних процесів транспортування.

perepichkomaja@gmail.com
vpsam@ukr.net

УДК 656.078:658.89

Пилипенко О.В., к. е. н., доц.,
Кореніцин О.С., аспірант
Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

СТРАТЕГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ІНТЕГРАЦІЇ КЛІЄНТООРІЄНТОВАНИХ МЕХАНІЗМІВ У МУЛЬТИМОДАЛЬНІ ЛОГІСТИЧНІ СИСТЕМИ

Анотація. *У роботі досліджено стратегічні підходи до інтеграції клієнтоорієнтованих механізмів у мультимодальні логістичні системи. Визначено ключові напрями підвищення ефективності логістичних процесів на основі цифровізації, інтеграції інформаційних платформ та удосконалення сервісної взаємодії з клієнтами. Обґрунтовано, що впровадження клієнтоорієнтованих підходів сприяє оптимізації транспортно-логістичних операцій, підвищенню якості сервісу та конкурентоспроможності логістичних систем.*

Проблематика дослідження. У сучасних умовах глобалізації та цифровізації особливої актуальності набуває розвиток мультимодальних логістичних систем, орієнтованих на потреби споживача. Зростання вимог до швидкості доставки, прозорості логістичних процесів і якості сервісу зумовлює необхідність інтеграції клієнтоорієнтованих механізмів у систему управління мультимодальними перевезеннями. Водночас недостатня координація учасників логістичних ланцюгів, фрагментарність інформаційних систем і низький рівень

цифрової інтеграції знижують ефективність взаємодії з клієнтами та конкурентоспроможність логістичних систем.

Питання розвитку мультимодальної логістики та клієнтоорієнтованого управління досліджували українські й зарубіжні науковці, зокрема Є. Крикавський [1], М. Кристофер [2], Д. Ламберт [3] та Дж. Т. Ментезер [4]. Однак питання стратегічної інтеграції клієнтоорієнтованих механізмів у мультимодальні логістичні системи в умовах цифрової трансформації залишаються недостатньо дослідженими, що зумовлює необхідність подальших наукових розробок у даному напрямі.

Основний текст. У сучасних умовах глобалізації та цифровізації мультимодальні логістичні системи відіграють важливу роль у забезпеченні ефективності транспортних процесів. Зростання вимог до швидкості доставки, прозорості перевезень і якості сервісу зумовлює перехід до клієнтоорієнтованих підходів управління. За таких умов орієнтація на потреби споживача стає ключовим чинником конкурентоспроможності логістичних операторів та ефективного функціонування мультимодальних транспортних систем.

За визначенням М.Кристофер, сучасна логістика повинна забезпечувати не лише фізичне переміщення товарів, а й створення доданої цінності для клієнта шляхом інтеграції інформаційних, сервісних та управлінських процесів. У своїх дослідженнях учений наголошує, що ефективність ланцюгів постачання значною мірою залежить від рівня координації між усіма учасниками транспортно-логістичного процесу та швидкості обміну інформацією [2]. Подібної позиції дотримується Д.Ламберт, який розглядає управління взаємовідносинами з клієнтами як ключовий елемент інтегрованої логістики [3].

Мультимодальні логістичні системи являють собою комплекс взаємопов’язаних транспортних, складських, інформаційних та організаційно-управлінських елементів, що забезпечують переміщення вантажів із використанням декількох видів транспорту в межах єдиного логістичного процесу. Як зазначає Є. Крикавський, інтеграція різних видів транспорту

дозволяє оптимізувати логістичні витрати, скоротити час доставки та підвищити рівень транспортного сервісу [1]. Однак функціонування мультимодальних систем часто супроводжується низкою проблем, серед яких недостатня узгодженість інформаційних потоків, фрагментарність цифрових платформ, складність координації між учасниками перевезень та недостатній рівень адаптації логістичних послуг до індивідуальних потреб клієнтів.

У сучасних умовах особливого значення набуває впровадження цифрових технологій у систему управління мультимодальними перевезеннями. Використання технологій Internet of Things (IoT), Big Data, blockchain та автоматизованих систем моніторингу вантажів забезпечує прозорість логістичних операцій, оперативне відстеження переміщення товарів і підвищення точності прогнозування логістичних ризиків. За даними досліджень Deloitte, цифровізація логістичних процесів сприяє підвищенню ефективності управління ланцюгами постачання, оптимізації транспортних операцій та зростанню гнучкості логістичних мереж. [5].

Одним із ключових напрямів інтеграції клієнтоорієнтованих механізмів є використання CRM-систем і цифрових платформ управління транспортом (Transportation Management Systems – TMS). Такі системи забезпечують автоматизацію комунікацій із клієнтами, персоналізацію логістичних послуг, оперативне реагування на зміну умов перевезення та підвищення рівня сервісу. На думку Дж. Т. Ментезер, клієнтоорієнтованість у логістиці повинна базуватися на інтегрованому підході до управління потоками інформації, матеріальних ресурсів і сервісних процесів [4].

Основні стратегічні підходи до інтеграції клієнтоорієнтованих механізмів у мультимодальні логістичні системи наведено в табл. 1.

Важливим напрямом розвитку мультимодальних логістичних систем є формування єдиного цифрового інформаційного середовища для учасників транспортно-логістичного ланцюга. Інтеграція цифрових платформ забезпечує синхронізацію транспортних операцій, оптимізацію маршрутів і скорочення часу

обробки документації. У країнах ЄС активно впроваджуються концепції Smart Logistics та Digital Supply Chain, спрямовані на підвищення адаптивності логістичних систем.

Модель інтеграції клієнтоорієнтованих механізмів у мультимодальні логістичні системи представлено на рис. 1.

Таблиця 1 – Стратегічні підходи до інтеграції клієнтоорієнтованих механізмів у мультимодальні логістичні системи

Стратегічний підхід	Характеристика	Інструменти реалізації	Очікуваний результат
Цифровізація логістичних процесів	Інтеграція інформаційних потоків та автоматизація управління	CRM, TMS, ERP, IoT, Big Data	Підвищення швидкості та прозорості перевезень
Персоналізація логістичних послуг	Адаптація сервісу до потреб клієнта	Customer analytics, AI-системи	Зростання рівня задоволеності клієнтів
Інтеграція транспортних платформ	Координація учасників мультимодальних перевезень	Digital platforms, blockchain	Скорочення часових і фінансових витрат
Управління взаємовідносинами з клієнтами	Формування довгострокових партнерських зв’язків	CRM-стратегії, сервісна підтримка	Підвищення лояльності клієнтів
Розвиток Smart Logistics	Використання інтелектуальних логістичних рішень	Smart tracking, predictive analytics	Оптимізація логістичних маршрутів

Для України питання розвитку мультимодальної логістики та інтеграції клієнтоорієнтованих механізмів є особливо актуальним у контексті євроінтеграційних процесів, трансформації транспортної інфраструктури та необхідності забезпечення стійкості логістичних ланцюгів в умовах воєнних ризиків. Розвиток цифрових транспортних коридорів, логістичних хабів та інтегрованих сервісних платформ сприятиме підвищенню конкурентоспроможності національної транспортно-логістичної системи та її інтеграції до міжнародного логістичного простору.

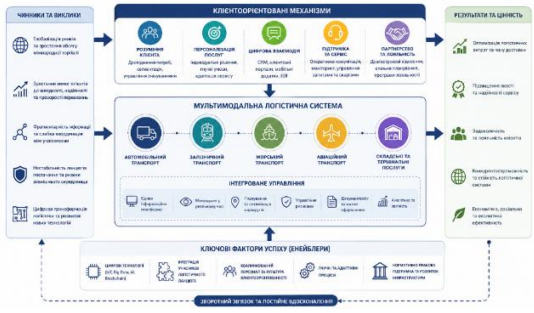


Рис. 1. Модель інтеграції клієнтоорієнтованих механізмів у мультимодальні логістичні системи

Висновки. Таким чином, стратегічна інтеграція клієнтоорієнтованих механізмів у мультимодальні логістичні системи є необхідною умовою підвищення ефективності логістичних процесів, забезпечення якості транспортного сервісу та формування стійких конкурентних переваг. Використання сучасних цифрових технологій, інтегрованих інформаційних систем і сервісних підходів дозволяє оптимізувати транспортно-логістичні операції, підвищити рівень адаптивності логістичних систем і забезпечити ефективну взаємодію між усіма учасниками ланцюгів постачання.

Список використаних джерел

1. Крикавський Є., Похильченко О., Фертч М. Логістика та управління ланцюгами поставок: підручник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2019. – 848 с.

2. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management. – London: Pearson Education, 2016. – 289 p.

3. Lambert D. M. Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance. – Florida: Supply Chain Management Institute, 2008. – 431 p.

4. Mentzer J. T. Supply Chain Management. – Thousand Oaks: Sage Publications, 2001. – 512 p.

5. Deloitte Insights: Digital Supply Networks. URL: https://www.deloitte.com/global/en/alliances/sap/about/sap-digital-supply-chain.html

УДК: 656.1

Писарчук В.Р. , *студент,*

Дорощук В.О., *ст. викладач,*

Національний університет водного господарства та природокористування

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У РОЗДРІБНУ МЕРЕЖУ

Анотація. *Розвиток торгівлі вимагає ефективної організації доставки вантажів у роздрібну мережу, яка є важливою складовою успішної діяльності підприємств. Зростання конкуренції, підвищення вимог споживачів до якості обслуговування та швидкості постачання товарів зумовлюють необхідність удосконалення логістичних процесів. Особливості організації доставки до роздрібної мережі визначаються специфікою товарів, географією розташування торгових точок, обсягами постачання та рівнем розвитку логістичної інфраструктури.*

Постановка проблеми. Побудова дієвої системи доставки товарів до об'єктів роздрібної торговельної мережі належить до першочергових завдань сучасної комерційної логістики. За умов загострення конкуренції на споживчому ринку спроможність підприємства гарантувати своєчасне та вичерпне поповнення товарних запасів у торговельних точках перетворюється на визначальний чинник операційної результативності та рівня задоволеності кінцевого покупця. Водночас логістичне забезпечення роздрібної торгівлі є складною багаторівневою системою, що охоплює значну кількість пунктів доставки з неоднорідними вимогами щодо товарного асортименту, обсягів та режимів постачання.

Основні матеріали дослідження. Динамічний поступ роздрібної торгівлі, підвищення споживчих очікувань стосовно наповненості торговельних полиць та посилення тиску на рентабельність операцій об'єктивно зумовлюють потребу в безперервному вдосконаленні логістичних систем доставки. Актуальність дослідження організації вантажопостачання роздрібної мережі неухильно

зростає на тлі територіального розширення торговельних мереж, урізноманітнення форматів торговельних точок та посилення вимог до регулярності й точності поставок.

На відміну від логістики промислових підприємств, логістичні процеси роздрібної торговельної мережі мають низку характерних особливостей. Передусім, роздрібна мережа об'єднує велику кількість географічно розосереджених торговельних точок, кожна з яких отримує відносно невеликі партії товарів. Це зумовлює необхідність розробки складних маршрутних схем із численними зупинками та обмеженими часовими вікнами для прийому вантажів.

Окрім того, роздрібна логістика оперує надзвичайно широким асортиментом товарів із різними транспортно-складськими характеристиками: продуктами з обмеженим терміном придатності, товарами, що вимагають спеціального температурного режиму, великогабаритними та крихкими виробами. Такий асортиментний різнобій суттєво ускладнює консолідацію вантажів і маршрутне планування. Нарешті, роздрібна торгівля характеризується вираженою нерівномірністю попиту в різні дні тижня, місяці та сезони, що вимагає від логістичної системи значного запасу гнучкості для оперативного реагування на зміни у структурі та обсягах замовлень.

Однією з ключових характеристик доставки у роздрібну мережу є її регулярність і дрібнопартійність. На відміну від оптових перевезень, де транспортуються великі партії товарів, у роздрібній торгівлі постачання здійснюється невеликими обсягами, але з високою частотою. Це пов’язано з необхідністю підтримання оптимального рівня запасів у торгових точках та уникнення дефіциту або надлишку продукції. Такий підхід вимагає ретельного планування маршрутів і графіків доставки.

Значну роль у процесі доставки відіграє оптимізація маршрутів. Використання сучасних інформаційних технологій, зокрема систем управління транспортом (TMS), дозволяє розробляти ефективні маршрути з урахуванням

дорожньої ситуації, завантаженості транспорту та часових обмежень. Це сприяє зниженню транспортних витрат, скороченню часу доставки та підвищенню рівня обслуговування клієнтів.

Важливим аспектом є вибір системи доставки вантажів у роздрібну мережу (рис 1).

Рисунок 1. Основні моделі та схеми організації доставки у роздрібну мережу

Необхідною передумовою побудови ефективної системи доставки є класифікація торговельних точок за критеріями обсягу замовлень, територіального розташування та торговельного формату з метою формування диференційованих схем постачання для кожної виокремленої групи. Цифровізація на основі TMS, мобільних додатків і систем відстеження підвищує керованість доставки, а їх інтеграція з ERP-системою та рішеннями постачальників забезпечує єдиний інформаційний простір у всьому ланцюзі постачання.

Висновок. Отже, організація доставки вантажів у роздрібну мережу є складним багатофакторним процесом, що потребує комплексного підходу до управління. Ефективна логістика дозволяє забезпечити своєчасне постачання товарів, знизити витрати та підвищити рівень обслуговування споживачів. У майбутньому розвиток цієї сфери буде пов’язаний із впровадженням новітніх технологій та автоматизацією логістичних процесів.

pysarchuk_m22@nuwm.edu.ua
v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua

УДК 656.073:005.334

Пітерська В.М., д.т.н., проф.

Одеський національний морський університет

МЕХАНІЗМИ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ У СИСТЕМІ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ

Анотація. *У роботі досліджені питання формування механізму управління ризиками в системі доставки вантажів на основі ідентифікації, попередження та компенсації ризиків на етапах транспортно-експедиторського обслуговування вантажопотоку. Запропоновано концептуальну модель функціонування системи управління ризиками та визначено комплекс попереджувальних і компенсаційних заходів за кожним етапом доставки.*

Проблематика дослідження. Сучасний етап розвитку міжнародних систем доставки вантажів характеризується зростанням рівня невизначеності зовнішнього й внутрішнього середовища функціонування суб'єктів транспортно-експедиторської діяльності [1]. Геополітична нестабільність, наслідки воєнних дій в Україні, порушення усталених ланцюгів постачання, кліматичні зміни, кібернетичні загрози, інфляційні процеси та підвищена динаміка фрахтових ринків формують комплекс системних викликів, які змінюють систему управління процесами доставки вантажів. За даних умов категорія ризику перетворюється на ключовий чинник, що визначає конкурентоспроможність учасників транспортно-експедиторського процесу обслуговування вантажопотоків [2]. Слід звернути увагу, що в умовах блокування портових потужностей України та формування у зв’язку з цим нових коридорів з доставки вантажів через дунайський та західний напрямки, розширилось коло ризиків, які можуть виникнути при організації транспортно-експедиторської роботи. Враховуючи це, можна стверджувати про важливість розробки науково-обґрунтованих механізмів управління ризиками доставки вантажів, інтегрованих у визначені етапи транспортного процесу.

Основні матеріали дослідження. Під ризиком у системі доставки вантажів розуміємо ймовірність виникнення несприятливих подій у процесі переміщення вантажу від відправника до одержувача, що зумовлюють відхилення фактичних параметрів доставки (часу, вартості, кількості, якості) від запланованих та призводять до економічних, репутаційних чи юридичних втрат суб'єктів, що беруть участь у процесі доставки [3]. Пропонуємо класифікацію ризиків системи доставки вантажів за критерієм відповідності етапам транспортно-експедиторського процесу, яка дозволить ідентифікувати контрольні точки та попереджувальні механізми:

- ризики етапу укладання договору та планування перевезення, що включають неточність специфікації вантажу, некоректний вибір виду транспорту й маршруту, недосконаліть умов договору перевезення (обрання базисних умов постачання), ризик контрагента (фінансова неспроможність, недобросовісність), валютні та цінові ризики;

- ризики етапу завантаження та формування вантажної партії, до яких відносяться ризики пошкодження вантажу під час завантажувально-розвантажувальних робіт, некоректне розміщення та кріплення вантажу (особливо критично для морських контейнерних перевезень), недотримання вимог щодо упаковки й маркування, помилки під час оформлення вантажних документів (коносамент, CMR), невідповідність ваги задекларованим даним;

- ризики етапу безпосереднього перевезення, які включають транспортні події (зіткнення, посадка на мілину, схід з рейок), несправності транспортного засобу, дії форс-мажорного характеру (шторм, повінь, землетрус), піратство та крадіжки, затримки через перевантаження інфраструктурних об'єктів, помилки персоналу, порушення температурного режиму для рефрижераторних перевезень, кіберзагрози інформаційним системам управління перевезенням;

- ризики етапу митного оформлення, тобто помилки класифікації товарів за УКТЗЕД, некоректне визначення митної вартості, порушення термінів подання митної декларації, невідповідність дозвільних документів (сертифікатів походження, фітосанітарних, ветеринарних сертифікатів), затримки через додатковий митний контроль, зміни тарифних і нетарифних бар'єрів країн;

- ризики етапу розвантаження та передачі вантажу одержувачу – пошкодження вантажу під час розвантаження, недостача, невідповідність якісних характеристик, конфлікти щодо межі переходу відповідальності, ризики зберігання на терміналах і складах тимчасового зберігання;

- ризики страхового забезпечення, тобто невідповідність обсягу страхового покриття реальному рівню ризиків, виключення ключових ризиків з умов страхового полісу, недобросовісність страховика, складність процедури врегулювання збитків, невчасне інформування про настання страхового випадку.

Концептуальна модель функціонування системи управління ризиками доставки вантажів включає послідовність взаємопов'язаних етапів, що утворюють замкнений цикл управлінських дій, спрямованих на мінімізацію негативного впливу ризиків на параметри доставки. На етапі ідентифікації ризиків здійснюється формування реєстру ризиків шляхом застосування комплексу методів SWOT-аналізу, методу Делфі, причинно-наслідкових діаграм Ісікави, аналізу історичних даних щодо аналогічних маршрутів, експертного опитування. Результатом є структурована база даних ризиків з прив'язкою до конкретних етапів процесу доставки. На етапі кількісної та якісної оцінки ризиків виконується розрахунок інтегрального показника ризику для кожної ідентифікованої загрози. На етапі ранжування ризиків та формування матриці пріоритетів усі ризики розподіляються за зонами матриці «ймовірність–наслідки» на чотири категорії: критичні – підлягають обов'язковому опрацюванню, суттєві – потребують контролю та попереджувальних дій, помірні – підлягають моніторингу; незначні – приймаються без додаткових заходів. На етапі розробки стратегії реагування залежно від характеру ризику обирається одна з чотирьох базових стратегій: уникнення (зміна маршруту, способу перевезення), зменшення (застосування попереджувальних заходів), передача (страхування, аутсорсинг), прийняття (формування резервного фонду). На етапі впровадження заходів та оперативного моніторингу здійснюється безперервне відстеження параметрів процесу доставки із застосуванням GPS/AIS-моніторингу, IoT-датчиків стану вантажу, технологій блокчейн для забезпечення прозорості документообігу. Контрольні точки встановлюються на всіх стиках

етапів процесу доставки. На етапі реагування на реалізовані ризики у разі настання ситуації ризику активується відповідний сценарій компенсації, що передбачає юридичне оформлення претензій, активацію страхових процедур, перерозподіл вантажопотоку, інформування зацікавлених сторін.

Для кожної категорії ризиків розроблений комплекс попереджувальних і компенсаційних заходів, наведений у табл. 1.

Таблиця 1 –Механізми попередження та компенсації ризиків

Тип ризику	**Попереджувальні заходи**	**Компенсаційні заходи**
Ризики укладання договору та планування перевезення	Належна правова експертиза договору, перевірка контрагента, ефективне обрання базисної умови постачання, хеджування ризиків	Банківські гарантії, штрафні санкції, судовий захист
Ризики завантаження	Контроль якості упаковки, сертифікація стивідорних операцій, інструктаж персоналу, фіксація	Акт приймання-передавання, страхування вантажу, відповідальність експедитора
Ризики перевезення	Технічне обслуговування транспортних засобів, моніторинг, альтернативні маршрути, кібербезпека, підготовка персоналу	Страхування, компенсаційний фонд перевізника
Ризики митного оформлення	Попередня класифікація товарів, наявність статусу уповноваженого економічного оператору, електронне декларування, співпраця з кваліфікованим митним брокером	Адміністративне оскарження рішень, фінансові гарантії сплати митних платежів, страхування ризиків заявлення митної вартості
Ризики розвантаження та передачі вантажу одержувачу	Незалежний сюрвей, контроль ваги/кількості, фіксація стану вантажу, чітке оформлення документів передачі вантажу	Сюрвейєрський акт, претензійна робота, страхове відшкодування
Ризики страхового забезпечення	Фіксація можливих ризиків, підбір страхової компанії з рейтингом А, розширене покриття «All Risks», своєчасне інформування страховика	Страхове відшкодування, перестрахування

На етапі аудиту та коригування системи за результатами організації доставки вантажу експедитором формується звіт ефективності управлінських дій з оновленням реєстру ризиків та коригуванням ваг моделі оцінювання, Наведені механізми попередження та компенсації ризиків у системі доставки вантажів

формують основу для побудови концептуальної моделі управління ризиками, у якій кожному етапу процесу доставки відповідає визначений набір ідентифікованих загроз з кількісними характеристиками ймовірності та потенційного збитку. При цьому важливо зазначити, що ризики окремих етапів не існують ізольовано, а формують взаємопов'язану мережу з вираженими зв'язками у системі доставки вантажів.

Висновки. Запропонований механізм управління ризиками у системі доставки вантажів дозволяє інтегрувати процеси ідентифікації, оцінювання, попередження та компенсації ризиків у визначені етапи організації доставки в рамках транспортно-експедиторського обслуговування вантажопотоків. Розроблена концептуальна модель функціонування системи управління ризиками забезпечує ефективне обрання стратегії реагування на ризики з метою скорочення сукупних втрат від настання ризику, підвищення надійності транспортного процесу та зміцнення конкурентоспроможності українських суб'єктів транспортно-експедиторської діяльності у міжнародній системі доставки вантажів.

Література

1. Kyryllova, V. Piterska, V. Kyryllova, V. Shakhov, "Implementation Framework for a Maritime Transport Navigation Safety Information System: Project Development Approach", Proceedings of the 6th International Workshop ITPM 2025, Dortmund, CEUR Workshop Proceedings, 2025, pp. 81-90.

2. Kyryllova O., Piterska V., Kyryllova V., Shpak N., Kozlovskyi S., Lozytskyy O. (2024) Project-Oriented Approach to the Development of a Software Product for Risk Management in a Seaport as an Element of the Transport System, 2024 IEEE 19th Int. Conference on CSIT, 2024, pp. 1-4. doi: 10.1109/CSIT65290.2024.10982673.

3. Пітерська, В. (2026). Інтегральні методи управління проєктами у транспортній сфері. Вісник Одеського національного морського університету, (78), 169-183. doi:10.47049/2226-1893-2025-4-169-183.

varuwa@ukr.net

УДК 656

Плакида Д.Ю. студ., Кічкіна О.І., к.т.н., доцент

Одеський національний морський університет, Україна

АДАПТУВАННЯ МАРШРУТІВ ПОСТАЧАННЯ ІМПОРТНО-ЕКСПОРТНИХ ВАНТАЖІВ В УМОВАХ ВІЙНИ

Анотація. *У статті досліджено особливості адаптації маршрутів постачання імпортно-експортних вантажів в умовах воєнного стану. Проаналізовано функціонування основних морських портів, що продовжують роботу, а також роль судноплавних ліній у забезпеченні стабільності міжнародних перевезень. Окрему увагу приділено трансформації підходу до формування маршрутів з врахуванням воєнних ризиків, що базується на принципі багаторівневої маршрутизації.*

Постановка проблеми. В умовах воєнного стану транспортна система України зазнала суттєвих трансформацій, що зумовлено порушенням традиційних маршрутів постачання, обмеженням функціонування морських портів і підвищенням ризиків здійснення міжнародних перевезень. У зв’язку з цим особливої актуальності набуває адаптація маршрутів постачання експортно-імпортних вантажів із акцентом на вдосконалення транспортно-технологічних рішень, спрямованих на забезпечення безперервності перевізного процесу та стабільності зовнішньоекономічної діяльності.

Основні матеріали дослідження. Починаючи з 2022 року, блокування частини морських шляхів та пошкодження інфраструктури призвели до необхідності перегляду транспортно-технологічних схем. Відбулося зміщення акценту з прямих морських перевезень на альтернативні маршрути, зокрема із залученням мультимодальних перевезень та транзитних портів. Це дозволило забезпечити часткову компенсацію втрат транспортної системи та адаптацію до нових умов функціонування.

На сучасному етапі ключову роль у забезпеченні експортно-імпортних перевезень відіграють порти Великої Одеси, зокрема Одеський морський порт та

Морський порт Чорноморськ, які залишаються основними функціонуючими морськими вузлами України в умовах війни. Саме через ці порти здійснюється значна частина поставок, що підтверджує їх стратегічне значення. За оцінками, на зазначені порти припадає близько 65–70 % контейнерного вантажообігу України [1].

Порт Одеса характеризується високим рівнем розвитку інфраструктури та здатністю обслуговувати значні обсяги контейнерних вантажів, тоді як порт Чорноморськ виконує функцію важливого логістичного хабу, орієнтованого на контейнерні та ролкерні перевезення. Їх функціонування забезпечує збереження морського компонента у структурі міжнародних перевезень України навіть в умовах воєнного стану [2].

В умовах обмеженої кількості діючих портів відбулося також скорочення кількості судноплавних ліній. Водночас на українському ринку зберегли присутність провідні міжнародні оператори. Зокрема, порт Одеса обслуговують компанії CMA CGM та MSC, тоді як порт Чорноморськ — Maersk та Hapag-Lloyd [3].

Зазначені компанії забезпечують виконання регулярних контейнерних перевезень, використовуючи переважно feeder-сервіси через транзитні порти Середземноморського регіону. Такий підхід дозволяє підтримувати стабільність постачання навіть за умов підвищених ризиків. Водночас це призводить до збільшення тривалості доставки та транспортних витрат.

У результаті сформувалася нова модель логістичних маршрутів, яка базується на використанні транзитних вузлів. Значну роль у цьому процесі відіграють порти Констанца, Пірей та Стамбул, через які здійснюється перевалка імпортних вантажів. Частка таких перевезень у загальній структурі логістичних маршрутів у 2023–2025 роках становить до 40 % [4].

Аналіз структури імпортних потоків свідчить про зміну пріоритетів у постачанні товарів. В умовах війни зросла частка критично важливих вантажів, зокрема продовольчої продукції, техніки, енергетичного обладнання та товарів першої необхідності. Це обумовлює підвищені вимоги до надійності та оперативності доставки.

У контексті проведеного дослідження слід зазначити, що подібні трансформації спостерігаються і в експортних перевезеннях. Зокрема, у сфері експорту м'яса птиці також відбулося переорієнтування маршрутів, збільшення ролі морських портів Великої Одеси та активне використання мультимодальних схем. Це підтверджує універсальний характер змін, що відбуваються у транспортно-логістичній системі України.

Попри складні умови функціонування, у 2024–2025 роках спостерігається поступове відновлення обсягів перевезень. Зокрема, обсяг обробки вантажів у морських портах України зріс більш ніж на 80 % у порівнянні з 2023 роком, що свідчить про адаптацію транспортної системи до умов воєнного часу [5].

Однак, організація експортно-імпортних перевезень потребує зміни підходу до формування маршрутів. Необхідно враховувати воєнні ризики (ракетні удари, мінування); залежність від міжнародних гарантій безпеки; нестабільність роботи портів; обмеження страхування суден. Сучасна практика передбачає одночасне використання кількох альтернативних маршрутів; формування "плану В" і "плану С" для кожного перевезення. Тобто, використання принципу багаторівневої маршрутизації, що передбачає планування Primary route (основного маршруту), Secondary route (альтернативного), Emergency route (кризового).

В сучасних умовах змінився критерій вибору маршруту. Пріоритетним стає надійність і безперервність постачання, на відміну від вартісного критерію, який в мирних умовах був вагомішим.

Висновок. Таким чином, адаптація маршрутів постачання імпортних вантажів в Україні відбувається шляхом переорієнтації логістичних потоків, використання альтернативних транспортних коридорів, активного впровадження мультимодальних перевезень, застосування багатоваріантної системи планування маршрутів, що передбачає розробку альтернативних маршрутів, аналіз, визначення та врахування ризиків на етапі планування, та підвищення вагомості критерію надійності і безперервності постачання.

Список джерел інформації:

1. Мельник О. В. Логістичні системи та управління перевезеннями. – Київ: Логос, 2022.

2. Нікітенко В. О. Розвиток транспортної логістики в Україні в умовах воєнного стану // Економіка транспорту. – 2023. – №2. – С. 45–52.

3. Державна служба статистики України. – Режим доступу: https://stat.gov.ua (дата звернення: 29.04.2026).

4. Шевченко М. П. Сучасні тенденції розвитку морських перевезень в Україні // Вісник ОНМУ. – 2024. – №1. – С. 78–85.

5. UNCTAD. Review of Maritime Transport 2024. – Geneva: United Nations, 2024.

6. CMA CGM Group. Official website. – Режим доступу: https://www.cma-cgm.com (дата звернення: 29.04.2026).

7. MSC Mediterranean Shipping Company. Official website. – Режим доступу: https://www.msc.com (дата звернення: 29.04.2026).

8. Maersk. Official website. – Режим доступу: https://www.maersk.com (дата звернення: 29.04.2026).

9. Hapag-Lloyd. Official website. – Режим доступу: https://www.hapag-lloyd.com (дата звернення: 29.04.2026).

10. Адміністрація морських портів України. Офіційний сайт. – Режим доступу: https://www.uspa.gov.ua (дата звернення: 29.04.2026).

ki4kinaoi@ukr.net

monster1084@gmail.com

УДК 656.6:616-036

Решетков Д.М., к.т.н., доц., Павлова Н.Л., к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет, Україна

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗАТОРІВ У МОРСЬКОМУ ПОРТУ НА ЙОГО ПРОПУСКНУ СПРОМОЖНІСТЬ

Анотація. *Розглянуті фактори, що викликають перевантаженість у портах. Проаналізовані негативні наслідки заторів у портах. Означені напрямки ефективного вирішення проблеми. Визначено необхідність глибокого розуміння перевантаження портів для покращення інфраструктури та підвищення ефективності управління портами в Україні.*

Проблематика дослідження. Аналіз впливу заторів у морському порту - це критичне завдання для морської логістики, оскільки порти є вузловими точками глобальних ланцюгів постачань. Затори діють як «пляшкове горло», що не просто сповільнює рух, а експоненціально знижує ефективність усієї системи. Для науковців та фахівців з морської галузі дуже важливо глибоко розуміти явище заторів, точно визначати його причини та знаходити найточніші рішення для вирішення та усунення ситуацій перевантаження в портах.

Основні матеріали дослідження. Відповідно до численних досліджень у сфері експлуатації та управління портами, затори у морських портах - це ситуація, коли обсяг вантажів або кількість суден перевищує пропускну здатність терміналів, що призводить до затримок. У свою чергу, пропускна спроможність порту - це максимальна кількість вантажу, яку термінал може переробити за одиницю часу. Затори впливають на неї через наступні фактори (табл.1).

Таблиця 1 - Ключові зони виникнення заторів

Зона порту	Причина затору	Наслідок для спроможності
Морська акваторія	Нестача причалів, черги на рейд.	Зростання демереджу, простої флоту.
Причальна стінка	Низька продуктивність кранів (STS).	Збільшення часу обслуговування судна.
Складський термінал	Перенакопичення вантажу.	Блокування внутрішніх проїздів, зниження швидкості видачі.
Наземні виїзди	Затори на залізничних станціях/автошляхах.	Неможливість звільнити площі для нових партій вантажу.

Найчастіше явище заторів у портах розглядається як проблема, викликана технічними неполадками. Ці технічні проблеми іноді очевидні, наприклад, поломки та нестача портового обладнання, а в інших випадках пов'язані з технічними проблемами, такими як неефективна експлуатація та управління портовими ресурсами або погана портова інфраструктура.

Затори у портах мають далекосяжні економічні наслідки, які зачіпають різних учасників ланцюжка поставок від портів і судноплавних компаній до споживачів (табл.2).

Таблиця 2 – Економічні наслідки заторів у морських портах

Наслідок	Опис
Зростання витрат	Збільшення витрат на оплату праці (понаднормові) та паливо для техніки.
Втрата клієнтів	Вантажовласники та лінії переорієнтовуються на менш завантажені порти-конкуренти.
Штрафні санкції	Порт змушений виплачувати компенсації за зрив термінів обробки.

Аналіз теоретичних досліджень та практичного опиту портової діяльності дозволяє виділити основні напрямки вирішення проблеми заторів у морському порту (табл. 3).

Таблиця 3 – Напрямки вирішення проблеми заторів у морських портах

Напрям	Зміст
Цифровізація	Впровадження систем електронної черги для вантажівок та інтелектуальне планування причалів.
Сухі порти	Винесення складських операцій та митного оформлення за межі прибережної зони для розвантаження термінала.
Автоматизація	Використання автоматизованих контейнеровозів та кранів для пришвидшення внутрішньої логістики.
Диференційовані тарифи	Підвищення вартості зберігання вантажу понад норму, щоб стимулювати власників швидше забирати товар

Останнім часом у світі спостерігається значне перевантаження через зміну маршрутів суден:

Сінгапур: Найгірші затори з часів пандемії через кризу в Червоному морі та перенаправлення суден навколо Африки.

Європа: Порти Роттердам, Антверпен та Гамбург стикаються з серйозними затримками через обмежений простір на терміналах та збої у розкладах. В Антверпені середній час очікування судна становить близько 1,5 доби.

Азія: Висока завантаженість терміналів (>90%) зафіксована в портах Сурабая (очікування ~5,4 доби) та Маніла (понад 3 доби).

Термін «congestion point» (точка затору або вузьке місце) у морських портах України наразі описує критичні ланки логістичного ланцюга, де швидкість обробки вантажів суттєво сповільнюється через зовнішні та внутрішні фактори.

Станом на кінець лютого 2026 року ситуація із заторами в морських портах України (Одеса, Чорноморськ, Південний) має такий вигляд.

Стан роботи: Порти «Великої Одеси» продовжують працювати в умовах підвищеного навантаження. Попри постійні атаки на портову інфраструктуру (зокрема у січні та лютому 2026 року), робота не припиняється.

Черги на залізниці: Спостерігається позитивна динаміка: кількість вагонів із зерном, що очікують розвантаження в напрямку портів Одещини, поступово зменшується (дані на середину лютого 2026).

Судноплавство: Кількість номінованих на захід суден у січні-лютому 2026 року була на 9% вищою, ніж за аналогічний період минулого року, що свідчить про інтенсивний трафік, попри безпекові ризики.

Логістичні труднощі: Основні затримки наразі стосуються не самих портів, а автомобільних пунктів пропуску на західних кордонах, де час очікування для вантажівок у лютому зріс. Також 19 лютого обмежувався рух на трасі Одеса — Рені через негоду.

Таким чином, прямих критичних "заторів" у акваторіях одеських портів немає, проте логістика працює під тиском через військові дії та пошкодження інфраструктури, що може спричиняти короткочасні затримки прийому вантажів (табл. 4).

Наслідки для портів України:

Зниження обсягів: через атаки вантажообіг у IV кварталі 2025 р. впав на 16,9% порівняно з минулим роком.

Таблиця 4 - Причини заторів у морських портах України у 2024–2025 рр.

Чинники	Ключова причина
Безпекові чинники	Інтенсифікація обстрілів (пошкодження причалів, складів, терміналів), повітряні тривоги (зупинка перевалки), мінна небезпека (сповільнює рух суден)
Енергетичні та технічні проблеми	Дефіцит електроенергії (зупинка роботи потужностей), дефіцит кадрів (брак кваліфікованих докерів, операторів кранів)
Логістичні "вузькі місця"	Припортові станції (недостатня пропускна здатність), перевантаженність дунайських портів, дисбаланс флоту (страхові ризики та висока вартість фрахту)
Специфіка вантажопотоків	Зернові вантажі (пікові сезонні навантаження), контейнерні перевезення (відновлення інфраструктури для їх обробки може створювати локальні затримки)

Фінансові втрати: кожен день простою судна в портах Великої Одеси може коштувати експортерам від 1 до 1,5 дол. на тонні продукції щодня.

Висновки. Перевантаженість портів багатогранна і створює серйозні проблеми для ефективного функціонування портів та всього ланцюжка поставок. Вирішення цих проблем потребує комплексного підходу, включаючи інвестиції в інфраструктуру, технологічний прогрес, покращення координації між заінтересованими сторонами та стратегічне планування для пом'якшення негативного впливу на роботу портів та світову торгівлю. Розуміючи чинники, сприяють перевантаженню, і реалізуючи ефективні стратегії, зацікавлені сторони можуть працювати над пом'якшенням її наслідків і забезпеченням безперебійного потоку товарів. Одержання в результаті аналізу теорії та практики перевантаженості морських портів світу сприяє розумінню основних аспектів, які необхідно враховувати в майбутніх проєктах розвитку портової галузі України.

reshetkov@ukr.net

pavlova_1983@ukr.net.

УДК 656.223.2.001.18

Рибальченко Л.І., к.т.н., доцент

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ І ЧАСУ ДОСТАВКИ

Анотація. *Досліджено теоретичні та прикладні аспекти моделювання транспортних потоків у контексті зниження витрат і скорочення часу доставки. Розглянуто сучасні підходи до побудови моделей транспортних систем, зокрема математичні, імітаційні та інформаційні методи. Обґрунтовано доцільність застосування інтелектуальних транспортних систем і цифрових технологій для підвищення ефективності логістичних процесів. Визначено основні напрями оптимізації транспортних потоків та їх вплив на економічні показники діяльності підприємств.*

Проблематика дослідження. Сучасний стан транспортної галузі характеризується наявністю низки системних проблем, серед яких особливої уваги заслуговують нераціональне використання транспортних ресурсів, перевантаження транспортної інфраструктури, зростання витрат на паливо та обслуговування транспортних засобів, а також збільшення часу доставки вантажів. Вказані фактори негативно впливають на ефективність логістичних процесів і конкурентоспроможність підприємств у цілому. Традиційні методи планування та організації перевезень часто не враховують динамічний характер транспортних потоків, що знижує їхню результативність. Крім того, в умовах цифровізації економіки виникає потреба у використанні новітніх інформаційних технологій для обробки великих обсягів даних і прийняття управлінських рішень у режимі реального часу.

Основні матеріали дослідження. Моделювання транспортних потоків у залізничному транспорті являє собою складний багаторівневий процес, який враховує специфіку функціонування залізничної мережі, зокрема її дискретність, високу капіталомісткість інфраструктури та жорстку регламентацію руху поїздів.

Залізнична система функціонує в умовах обмеженої пропускної спроможності перегонів, станцій і вузлів, що обумовлює необхідність застосування більш точних і комплексних моделей.

Найбільш поширеним підходом є математичне моделювання, яке базується на теорії графів, методах оптимізації та дослідження операцій. У контексті залізничного транспорту мережа представляється у вигляді орієнтованого графа, де вузли відповідають станціям, сортувальним вузлам і терміналам, а ребра — залізничним перегонам. При цьому додатково враховуються такі параметри, як пропускна спроможність колій, інтервали руху поїздів, тривалість технологічних операцій на станціях. Це дозволяє формалізувати задачі оптимізації графіків руху, розподілу вагонопотоків і мінімізації простоїв рухомого складу. Особливу увагу приділяють задачам узгодження графіка руху вантажних і пасажирських поїздів, що має суттєвий вплив на загальну ефективність використання інфраструктури.

Значного поширення у сфері залізничного транспорту набули методи імітаційного моделювання, які дозволяють відтворювати роботу станцій, перегонів і цілих залізничних полігонів у віртуальному середовищі. Такі моделі дають можливість досліджувати вплив різних факторів, зокрема нерівномірності надходження вантажів, затримок у роботі станцій, обмежень пропускної здатності, на показники функціонування системи. Імітаційне моделювання широко використовується для аналізу роботи сортувальних станцій, де процеси формування та розформування поїздів мають складний стохастичний характер. Це дозволяє визначити «вузькі місця» у роботі інфраструктури та розробити заходи щодо їх усунення.

Особливого значення набуває впровадження інтелектуальних транспортних систем на залізничному транспорті. Сучасні автоматизовані системи управління перевезеннями забезпечують збір і обробку великих обсягів даних про рух поїздів, стан інфраструктури та завантаженість мережі в режимі реального часу. Використання таких систем дозволяє оперативно коригувати графіки руху, оптимізувати маршрути перевезень і зменшувати затримки. Важливу роль відіграють також системи диспетчерського управління, які на основі алгоритмів оптимізації забезпечують ефективний розподіл пропускної спроможності залізничної мережі.

Одним із ключових напрямів підвищення ефективності залізничних перевезень є оптимізація вагонопотоків і маршрутів руху поїздів. Для цього застосовуються алгоритми пошуку найкоротших шляхів, зокрема алгоритм Дейкстри, а також методи лінійного та цілочислового програмування. У практиці

залізничного транспорту ці методи використовуються для формування маршрутних відправок, зменшення кількості переформувань поїздів і скорочення часу доставки вантажів. Крім того, застосовуються евристичні та метаевристичні алгоритми, які дозволяють знаходити ефективні рішення для задач великої розмірності, характерних для залізничних мереж.

Висновок.Таким чином, моделювання транспортних потоків у залізничному транспорті є ключовим інструментом підвищення ефективності функціонування галузі. Інтеграція математичних моделей, імітаційних підходів і сучасних інформаційних технологій дозволяє забезпечити раціональне використання інфраструктури, знизити витрати на перевезення та скоротити час доставки вантажів, що є визначальним фактором конкурентоспроможності залізничного транспорту в сучасних умовах.

rybalchenko@kart.edu.ua

УДК 656.072

Сільванська Г.М., к.е.н., доцент, Деордєєва А.Є. студентка

Національний Морський Університет

СТОХАСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА УПРАВЛІННЯ РЕНТАБЕЛЬНІСТЮ RO-PAX ПЕРЕВЕЗЕНЬ: КЕЙС СУДНА «SANTOÑA»

Анотація. *У роботі розглянуто питання підвищення ефективності експлуатації пасажирсько-вантажних поромних суден класу Ro-Pax в умовах динамічних змін попиту та нестабільності ринку транспортних послуг. У дослідженні запропоновано використання стохастичного підходу до прогнозування завантаження судна та визначення очікуваного економічного результату експлуатації поромного комплексу.*

Актуальність теми. Сучасна глобальна логістика розглядає поромні перевезення як критично важливу ланку забезпечення транспортної інтеграції та мобільності, особливо в регіонах, де будівництво стаціонарних споруд є економічно недоцільним. Судна класу Ro-Pax одночасно забезпечують

перевезення пасажирів і колісної техніки, що сприяє розвитку транскордонної торгівлі та морського туризму. Експлуатація високотехнологічних суден, таких як «Santoña» (що працює на зрідженому природному газі), вимагає впровадження інноваційних методів оцінки економічної ефективності. Високий рівень волатильності пасажирського попиту та нестабільність цін на енергоресурси роблять традиційні детерміновані підходи недостатніми.

Це зумовлює необхідність застосування стохастичного моделювання, яке дозволяє врахувати чинники невизначеності при прогнозуванні прибутковості та оптимізації операційного управління. потребує точних методів оцінки ефективності, оскільки мінливість пасажирського попиту робить традиційні детерміновані методи недостатньо ефективними та зумовлює необхідність застосування стохастичних моделей прогнозування.

Наукова цінність і новизна. Наукова новизна роботи полягає у використанні стохастичного підходу до оцінки ефективності суден Ro-Pax, вдосконаленні алгоритму визначення порогу завантаження з урахуванням перевищення попиту над місткістю судна.

Предмет дослідження. Предметом дослідження є економіко-математичні методи та стохастичні моделі прогнозування доходів і визначення порогів беззбитковості суден Ro-Pax з урахуванням імовірнісного характеру попиту, місткості судна та інтегрованого бортового доходу.

Методи дослідження. У роботі використано методи теорії ймовірностей, математичної статистики та економіко-математичного моделювання. Для оцінки очікуваного доходу застосовано модель: E[min(X,C)]] яка дозволяє враховувати втрачений попит у пікові періоди та ризики недовантаження судна.

Де: μ (середній попит) – середне очікувальне число пасажирів .розраховується на основі історичних даних порту або маркетингового аналізу.

σ (ризик/мінливість) — відображає сезонні коливання та ринкову нестабільність.

C (місткість «Santoña») — пасажиромісткість (верхня межа).

Стандартне відхилення σ{X}, — стандартне відхилення (сезонні коливання

$$\sigma\{X\} = \sqrt{\{E[(X - E[X])^{\{2\}}]\}} \quad (1)$$

Складність розрахунку полягає в тому, що фактична кількість пасажирів «E» не може перевищувати технічну місткість судна «C»

$$E[\min(X,C)] \quad (2)$$

Для врахування випадкового характеру пасажиропотоку, що підпорядковується нормальному закону розподілу «$N(\mu,\sigma^2)$.» застосовано математичний апарат: Введено нормований параметр (**a)**, який характеризує відношення резервної місткості судна до середньоквадратичного відхилення попиту

$$a = \frac{C - \mu}{\sigma} \quad (3)$$

де: (a) −ключовий параметр (Показник обрізання попиту)

Параметр а є безрозмірний показник, що враховує середній попит (μ), мінливість (σ) та місткості судна (C).Він характеризує запас місткості судна відносно коливань попиту та використовується для прогнозування лінії роботи.

Функція щільності $\varphi(a)$, Ф(а) та інтегральна функція розподілу нормального закону визначаються як:

$$\varphi(a) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{a2}{2}} \quad (4)$$

$$\Phi((a)) = P(C \leq (a)) = \frac{1}{\sqrt{\{2\pi\}}} \int_{\{-\infty\}}^{(a)} e - \frac{a2}{2} dt \quad (5)$$

де: $\Phi((a))$ — це ймовірність того, що всі пасажири, які хочуть поїхати, помістяться на судно.

$1 - \Phi((a))$ — ймовірність виникнення дефіциту місць (овербукінг).

Формула завантаження через функцію Лапласа:

$$E[(\min(X.C)\,]\,\mu \cdot \Phi\big((a)\big) + \; C \cdot \Big(1 - \Phi\big((a)\big)\Big)\,\sigma\phi\big((a)\big) \quad (6)$$

де: (а): - $(a = \frac{C-\mu}{\sigma})$ * — коефіцієнт «запасу» місткості.

φ(а) — щільність розподілу (допомагає оцінити "втрачений" хвіст розподілу).

$$E[\mathrm{X}] = \int_{\{0\}}^{\{C\}x} x \cdot f(x)dx + C \cdot P(X > C) \quad (7)$$

Це ймовірність того, що попит не перевищить пасажиромісткість C.
Формула: Ф(a)=P(X≤C),

$$P(X>C)=1-\Phi(a) \quad (8)$$

Таблиця 1 Вплив параметру a на завантаження судна

$a = \frac{C-\mu}{\sigma}$	μ	σ	**Очікуване завантаження (E[X])**	**Опис стану завантаження**
-2.0	1320	40	**1320.0**	Глибокий дефіцит: попит значно перевищує місткість, судно завжди повне, великі втрати клієнтів.
-1.0	1310	40	**1310.5**	Перевантаження: попит стабільно вищий за (C), ризик відмови пасажирам близький до 100%.
0.0	1288	40	**1288.1**	Критична межа: середній попит дорівнює місткості, через стохастику частина прибутку втрачається.
0.5	1270	40	**1268.5**	Зона ризику: попит починає «вміщуватися», але обрізання ще суттєве.
1.0	1260	40	**1254.4**	Піковий сезон: помірне обрізання попиту, судно заповнене майже оптимально.
1.5	1264	40	1237.8	Базовий перехід: попит наближається до оптимального заповнення без великих втрат.
2.0	1244	40	1243.8	Зона стабільності: обрізання мінімальне, місткість далеко від середнього попиту.
3.0	1200	40	1199.8	Низький сезон: очікуване завантаження фактично збігається з попитом.

Ймовірність переповнення(9) якщо попит буде більший за місткість. Інтерпретація: якщо 1−Φ(a)=0.07, то у 7% випадків попит перевищить місткість.

$$E[(X-C)+] \tag{9}$$

Форму(10)- очікуваний надлишок попиту понад місткість. Вказує на середнє значення «зайвих» пасажирів, які не зможуть сісти на паром

$$E[(X-C)+]=\sigma\cdot\varphi(a)+(\mu-C)\cdot(1-\Phi(a)) \tag{10}$$

— P(X≤C) показує стабільність системи
— P(X>C) показує ризик переповнення.
— E[(X−C)+] показує середній розмір переповнення, тобто наскільки критичним воно є.

У табл. 1 подано оцінку ризиків недозавантаження та переповнення судна за допомогою функції Лапласа.

На (рис.1) подано розрахунок очікуваної кількості пасажирів E [min(X,C)] і ймовірності переповнення

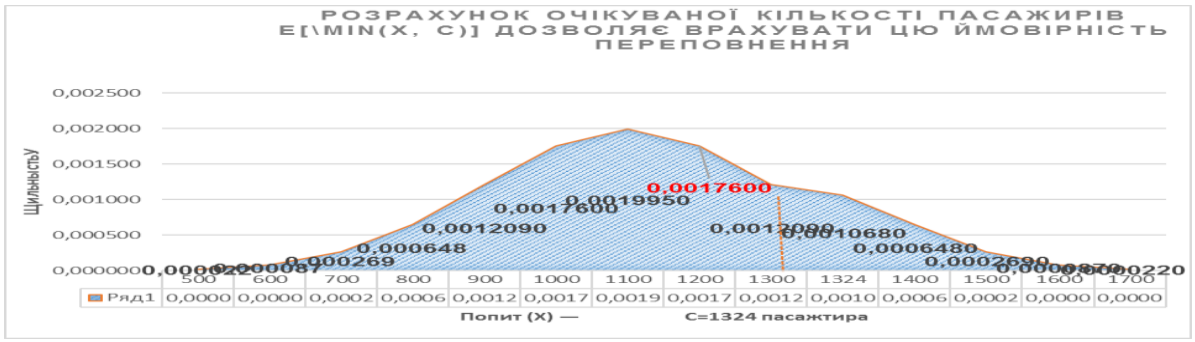


Рисунок 1- Розрахунок очікуваної кількості пасажирів E[min(X, C)] та ймовірність переповнення

Графік демонструє чітку залежність між параметром (a)та очікуваним завантаженням $E[X]$.Розроблена стохастичну модель прогнозування очікуваного доходу E[D], яка враховує ймовірнісний характер попиту та жорсткі обмеження пасажиромісткості місткості судна (C).$-E[\min(X,C)]$ (рис2).

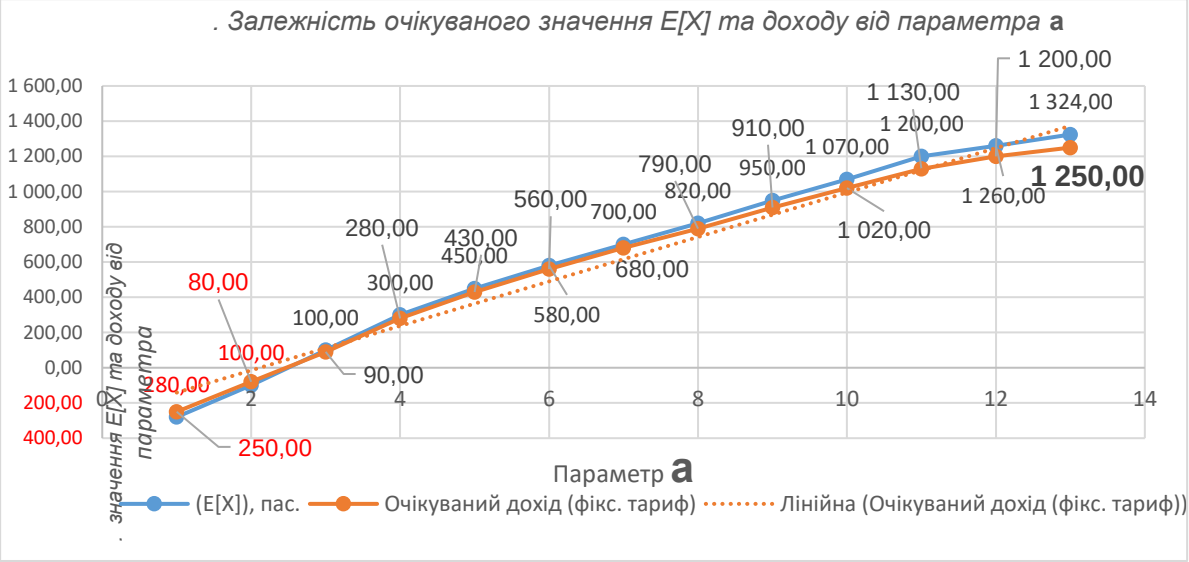


Рисунок 2 Стохастичну модель прогнозування очікуваного доходу E[D]

У (табл .2**)** наведено систематизовані вихідні дані та результати проектування величин доходів та очікуваний прибуток за сезонами

Таблиця 2. Проектування величин доходів та очікуваний прибуток за сезонами.

Сезон	**μ** середній попит	**σ** стандартне відхилення	**P(X > C)** ймовірність перевищення місткості	**E[min(X,C)]** очікуване фактичне завантаження	**E[D_кв] ($)** очікуваний дохід від квитків	**E[D] ($)** очікуваний операційний прибуток
Пік	1200	150	0.18	≈1180	354000	110000
Базовий сезон	950	120	0.01	≈948	284400	65400
Низький сезон	700	100	~0.00	≈700	210000	-14000
100 % пасажири	1324	0	1.00	1324	397200	130700

Висновки. Проведене дослідження підтвердило об’єктивну необхідність переходу від традиційних детермінованих методів до стохастичного моделювання для забезпечення ефективного управління поромними перевезеннями в умовах цифрової трансформації галузі. Розроблена модель оцінки операційної ефективності, що базується на розрахунку математичного

очікування прибутку E[D], дозволяє не лише мінімізувати потенційні фінансові втрати, а й оптимізувати коефіцієнт використання місткості судна в умовах волатильного попиту. Встановлено, що досягнення динамічного балансу між провізною здатністю судна та ймовірнісним розподілом пасажиропотоку є критичним фактором забезпечення фінансової стійкості поромної лінії в довгостроковій перспективі.

Використана література:

1. Notteboom, T., Pallis, A. *Ferry and Ro-Ro Shipping: Operations and Markets.* — Routledge, 2020.
2. Maritime Economics: 3rd ed. Routledge, 2009. hapter 5–7: Demand, freight markets, shipping economics (ст. 120)
3. Ferry service network design under demand uncertainty. *Transportation Research Part E*, 2013. Sections 3–5 (probabilistic demand, service reliability, expected value models)
4. Introduction to Probability Models. 11th ed. Academic Press, 2014. Chapter 4–5: Normal distribution, expectation, truncated expectation E[minf_0(X,C)]E[min(X,C)]
5. Kirillova, Y., Meleshenko, E.Development of an economic and mathematical model of loading a freight and passenger ferry. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2016.

УДК 656.25:004.89

Сотник В.О., к.т.н., доц., Щебликіна О.В., PhD, доц.

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

ВИКОРИСТАННЯ NLP (NATURAL LANGUAGE PROCESSING) ДЛЯ АНАЛІЗУ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ТА ЖУРНАЛІВ ВІДМОВ

Анотація. *У доповіді розглядається концепція трансформації неструктурованих текстових звітів електромеханіків у стратегічний інформаційний ресурс за допомогою технологій обробки природної мови (NLP). Автори пропонують архітектуру інтелектуальної системи, що базується на модулях нормалізації, векторного представлення та аналітичного ядра з використанням нейромереж BERT і RoBERTa для автоматизації діагностики відмов. Впровадження запропонованої моделі дозволяє виявляти латентні закономірності в роботі*

систем залізничної автоматики, мінімізувати вплив людського фактору та забезпечити перехід до предиктивного обслуговування інфраструктури за її фактичним станом.

Проблематика дослідження. Сучасна залізнична інфраструктура генерує великі обсяги даних, проте найцінніша інформація про реальний стан систем СЦБ залишається закритою у неструктурованих текстових звітах, журналах та повідомленнях електромеханіків. Головна проблема полягає у неможливості оперативного ручного аналізу цих масивів через використання професійного сленгу, специфічних скорочень та суб'єктивізму в описах відмов, що створює ефект інформаційного хаосу. Відсутність автоматизованих інструментів нормалізації та семантичного аналізу таких текстів не дозволяє вчасно виявляти приховані системні дефекти та переходити від реактивного ремонту до предиктивного обслуговування за станом. Таким чином, виникає гостра науково-практична потреба у створенні спеціалізованих NLP-моделей, адаптованих до термінології Укрзалізниці, які здатні трансформувати інженерний досвід у структуровані цифрові дані для прийняття управлінських рішень.

В своїй доповіді ми зосереджуємо увагу на одному з найменш структурованих, але найбільш інформативних ресурсів нашої залізниці — текстових звітах і записах електромеханіків. Ми обговоримо впровадження технологій Natural Language Processing (NLP) для аналізу технічної документації та журналів відмов. У сучасних системах залізничної автоматики ми маємо справу з колосальним обсягом даних. Проте значна частина інформації про реальний стан техніки зберігається у вільному текстовому форматі: це записи в різних формах журналів, таких, як ДУ-46, журнали реєстрації вимірів параметрів та виконаних робіт, звіти про відновлювальні роботи та пояснювальні записки. Ручний аналіз тисяч таких записів для виявлення системних дефектів є фізично неможливим, а проста фільтрація за ключовими словами не враховує контексту та специфічного професійного жаргону.

Використання технології NLP (Natural Language Processing) у нашому секторі дозволить вирішити цю проблему. Методи обробки природної мови дозволять перетворити текст на структуровані дані. Для реалізації цього завдання слід виділити три ключові етапи автоматизації: вилучення сутностей, класифікація причин несправностей та виявлення латентних(прихованих) закономірностей.

На етапі вилучення сутностей алгоритм розпізнає в тексті конкретні об’єкти: “стрілочний електропривод”, “тип реле”, “рейкове коло”, а також локацію та час.

Далі, на етапі класифікації причин несправностей за допомогою нейромереж (наприклад, архітектури BERT або RoBERTa) автоматично відбувається віднесення запису до певної категорії, скажімо зовнішній вплив (атмосферні явища), механічний знос, помилки програмного забезпечення або людський фактор.

На етапі виявлення латентних (прихованих) закономірностей технологія NLP дозволяє знайти зв’язки, які не очевидні при лінійному читанні. Наприклад, частота згадок про окислення контактів у звітах по конкретній дистанції сигналізації може вказувати на системний брак партії комплектуючих або порушення технології регламентного обслуговування.

Запропонована модель автоматизації складається з наступних модулів:

Модуль нормалізації. Це фундамент всієї системи NLP. Його завданням є перетворення хаотичного набору символів на стандартизований текст, який нейромережа (BERT чи RoBERTa) зможе адекватно проаналізувати. На цьому етапі ми видаляємо “шум”, який не несе смислового навантаження для аналізу причин відмов. Видаляються зайві пробіли, спецсимволи та дати (якщо вони вже зафіксовані в метаданих системи), виправляються типові помилки розпізнавання тексту (якщо журнали оцифровувалися зі сканів). Стандартні токенізатори часто розбивають технічні назви на незрозумілі частини. Модуль нормалізації повинен розпізнавати технічні одиниці як цілісні об'єкти. Наприклад: Замість розбиття

“СП-6М” на “СП”, “-“, “6”, “М”. Система повинна бачити це як єдиний токен “електропривод_тип_СП6М”.

Далі в цьому модулі відбувається дебрівіація та складання словника професійного сленгу. Це найвідповідальніша частина для залізничної автоматики. Модуль замінює скорочення на повні форми, щоб уникнути неоднозначності. Кожній абревіатурі присвоюється її конкретне значення: РК - рейкове коло, ЕЦ – електрична централізація, АЛС - автоматична локомотивна сигналізація, ШН – електромеханік СЦБ (важливо для ідентифікації виконавця в тексті) та інше.

Враховуючи специфіку експлуатації в Україні, записи часто містять змішування мов або технічні жаргонізми (наприклад, “фрикція” замість “фрикційна муфта”, “напільний” замість “підлоговий” або “колійний”). Модуль використовує алгоритми відстані Левенштейна або векторні підстановки для приведення цих слів до літературної та технічної норми.

Далі відбувається лематизація та морфологічний аналіз – приведення всіх слів до початкової форми (наприклад, “недотягування”, “недотягнув”, “недотягує” → “недотягування”). Для української мови це складно через багату флексію, тому тут застосовуються спеціалізовані бібліотеки (наприклад, Stanza або NLP-UK), навчені на технічних текстах.

Без якісної нормалізації ми отримаємо ефект “GIGO” (Garbage In, Garbage Out – сміття на вході, сміття на виході). Якщо ми хочемо виявити системну проблему, наприклад, масовий вихід з ладу певної серії реле в конкретній кліматичній зоні, модуль нормалізації має гарантувати, що всі згадки цього реле (навіть з помилками чи скороченнями) будуть зведені до одного ідентифікатора.

Створення якісного модуля нормалізації для Укрзалізниці вимагає залучення не лише програмістів, а й фахівців служб сигналізації та зв'язку та департаменту Автоматики та телекомунікацій Укрзалізниці, які можуть скласти вичерпний словник експлуатаційних термінів. Саме такий синергетичний підхід ми зараз закладаємо в основу наших практичних посібників з впровадження ШІ.

Модуль векторного представлення. Питання модуля векторного представлення слід розглядати не просто як програмування, а як спосіб оцифрування інженерної інтуїції. У нашій справі цей модуль є важливою ланкою. Він перетворює нормалізовані слова (токени), про які ми говорили раніше, у багатовимірні математичні вектори. Це дозволяє машині розуміти не просто букви, а технічний сенс та контекст експлуатаційної ситуації.

При цьому кожне слово або термін перетворюється на точку у просторі з сотнями координат. Головна мета тут у тому, що схожі за змістом терміни опиняються поруч у цьому математичному просторі. Наприклад, вектор слова “електропривід” буде математично ближчим до вектора “електродвигун”, ніж до вектора “баласт”. Це дозволяє ШІ розуміти синоніми та професійний жаргон, навіть якщо в журналах вони записані по-різному. В цьому модулі доцільно виділити три рівні його функціонування. На рівні семантичного кодування будуються контекстні вектори. Наприклад: якщо в звіті написано “обрив у колі”, вектор слова “коло" буде вказувати на електричний ланцюг. Якщо ж написано “колія 1а”, вектор того ж слова зміститься в бік колійного господарства. Модуль враховує оточення слова на 360 градусів.

Далі проводиться професійна адаптація – донавчання моделей на корпусі технічних текстів Укрзалізниці та специфікацій виробників. Стандартна нейромережа сприймає абревіатуру “ЕЦ” як щось загальне. Модуль векторного представлення має чітко позиціонувати її поруч із "централізацією", "релейним стативом" та "керуванням рухом". Стандартна нейромережа сприймає абревіатуру "ЕЦ" як щось загальне. Модуль векторного представлення має чітко позиціонувати її поруч із “централізацією”, “релейним стативом” та “керуванням рухом”.

На заключному, третьому рівні, проводиться формування векторів цілих звітів. Модуль не просто створює вектори окремих слів, а агрегує їх у єдиний вектор цілого запису в журналі. Це дозволяє порівнювати цілі інциденти. Система обчислює подібність між новим записом та тисячами архівних. Якщо

вектор сьогоднішньої відмови на станції А збігається за напрямком із вектором відмови, що сталася місяць тому на станції Б, система сигналізує про системний д–ефект конкретного типу обладнання.

Аналітичне ядро. Ми розглядаємо аналітичне ядро не як набір алгоритмів, а як "мозок" системи, що приймає відповідальні рішення. Якщо модуль нормалізації готує дані, а модуль векторного представлення їх розуміє, то аналітичне ядро – це саме та інстанція, яка формулює висновки для керівництва дистанції (ШЧ) або служби (Ш). Це ядро можна структурувати як багаторівневу систему, що вирішує три стратегічні завдання: класифікацію, діагностику та прогнозування. Аналітичне ядро базується на ансамблі нейромереж, де кожна відповідає за свій сектор аналізу. Класифікатор інцидентів на основі векторів від BERT/RoBERTa відносить подію до певної категорії (наприклад, "Хибна зайнятість рейкового кола через порушення ізоляції"). Детектор системних аномалій використовує методи навчання без учителя (Unsupervised Learning) для пошуку нетипових записів, які не вкладаються в стандартні сценарії відмов. Механізм логічного виведення поєднує результати нейромережі з жорсткими правилами технічної експлуатації (ПТЕ). Це гарантує, що висновки ШІ не суперечитимуть залізничним стандартам безпеки. Ядро аналізує текстовий опис і автоматично виділяє першопричину. Часто електромеханік пише наслідок ("немає контролю стрілки"), але ядро, аналізуючи тисячі подібних записів, ідентифікує, що причиною є, наприклад, "зниження ізоляції кабелю" при певних погодних умовах. Ядро також проводить виявлення латентних (прихованих) трендів. Це те, що можна назвати цифровою інтуїцією. Воно здатне помітити, наприклад, що на певній дільниці за останній місяць кількість згадок про нагрів контактів зросла на 15%. Це ще не призвело до аварії, але ядро вже формує попередження про необхідність позапланової ревізії.

А далі в роботу вступає предиктивна аналітика (прогнозування). На основі динаміки записів у журналах відмов ядро розраховує ймовірність виходу з ладу

конкретного вузла протягом наступних періодів. Це дозволяє перейти від регламентного обслуговування до обслуговування за станом.

У наших дослідженнях ми застосовуємо метод “людина в контурі”. Якщо ядро помилилося в класифікації, досвідчений інженер вносить корективу. Ядро миттєво перенавчається, адаптуючи свою вагову сітку під реалії залізниці. Враховується також географічний та технічний контекст. Ядро знає різницю між експлуатацією систем на гірських дільницях Карпат та на швидкісних магістралях, де динамічні навантаження зовсім інші. Таким чином аналітичне ядро - це інструмент, який дозволяє нам подолати інформаційний хаос. Впровадження такого ядра дозволяє скоротити час на розслідування причин затримок поїздів орієнтовно на 30-40% і практично виключити людський фактор при первинному аналізі технічних інцидентів. Це і є перехід до Smart Railway – залізниці, яка вміє думати і попереджати проблеми.

Впровадження технологій обробки природної мови (NLP) дозволяє трансформувати накопичений десятиліттями інформаційний хаос журналів та звітів електромеханіків у структурований стратегічний ресурс. Застосування розроблених модулів нормалізації, векторного представлення та аналітичного ядра вже зараз дозволяє оптимізувати процес розслідування відмов, усунути елементи суб’єктивізму, застосувати інтелектуальну діагностику та цифрову стандартизацію.

Висновок. Інтелектуальний аналіз тексту – це інструмент глибокого розуміння реального стану систем автоматики. Поєднання практичного досвіду експлуатації з потужністю нейромереж типу BERT/RoBERTa є ключовим етапом створення надійної та безпечної залізничної інфраструктури майбутнього.

sotnyk.va@kart.edu.ua
sov@kart.edu.ua

УДК 005.932

Сумець О.М., д.е.н., проф.

ВНЗ «Університет економіки і права «КРОК»», м. Київ

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ЛОГІСТИЧНІ ПРОЦЕСИ ТОРГОВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Анотація. *У процесі дослідження ідентифіковано фактори впливу на ефективність логістичних процесів діяльності підприємств торгівлі. Всі виявлені фактори згруповано в шість груп: організаційно-управлінські, інформаційно-технологічні, матеріально-технічні, фінансово-економічні, кадрові фактори і фактори зовнішнього середовища. Встановлено, що найбільш впливовою групою є інформаційно-технологічні фактори.*

Проблематика дослідження. Ідентифікацію, як один з наукових методів, використовують для вирішення чисельної кількості завдань, зокрема і для розпізнавання факторів впливу, встановлення можливих причин їх появи, простору, часових координат, імовірності прояву та наслідків дії. Результати ідентифікації важливі й для логістів, які проектують, планують, організовують і реалізовують в практичній діяльності логістичні процеси (ЛП) різної спрямованості й призначення. То ж, вирішуючи завдання планування й організації логістичних процесів торговельних підприємств, актуалізується питання виявлення й ідентифікації факторів впливу на останні.

Основні матеріали дослідження. У ході дослідження було визначено фактори впливу на ефективність логістичних процесів торговельних підприємств і виконано їх ранжування для визначення найбільш значущих. Для визначення й ідентифікації факторів впливу було проведено ґрунтовний аналіз наукових публікацій вітчизняних і закордонних дослідників. Зокрема, увага була акцентована на публікаціях М.В. Городко [1], К. В. Мельникова [2], І.П. Міщука [3], Md. Rasidul, Md. Estiak Ibne Monjur, Tawhid Akon. [5] й ін., які безпосередньо стосувалися аналізу факторів впливу на ефективність ЛП підприємств торгівлі. Огляд навіть цих публікацій надав можливість визначені фактори об’єднати в

шість груп: організаційно-управлінські, інформаційно-технологічні, матеріально-технічні, фінансово-економічні, кадрові фактори і фактори зовнішнього середовища.

Організаційно-управлінські фактори визначають якість планування, координацію підрозділів і систему контролю. Це безпосередньо формує результат логістики. Інформаційно-технологічні фактори визначають швидкість ухвалення рішень, прозорість ланцюгів постачання та можливість оптимізації витрат на зберігання та доставку товарів. Матеріально-технічні фактори враховують складську, транспортну інфраструктуру та технічну їх оснащеність. І вони, безумовно, складають фундамент ЛП. Фінансово-економічні фактори мають вплив на рівень логістичних витрат, управління оборотним капіталом і фінансову стійкість підприємства торгівлі. Кадрові фактори визначають кваліфікацію, мотивацію персоналу й логістичну компетентність менеджменту підприємств торгівлі. І, накінець, фактори зовнішнього середовища визначають регуляторні умови, ринкові ризики, сезонність, інфраструктурні обмеження.

Наступним кроком дослідження стало експертне опитування щодо встановлення найбільш впливової групи факторів. Для опитування були задіяні фахівці відповідної сфери (логісти і менеджери супермаркетів-дискаунтерів АТБ, ПОСАД і СІЛЬПО, що мають досвід практичної роботи від п’яти до 15 років, вищу технічну або економічну освіту і знаходяться в віковій категорії 25-42 роки).

З метою забезпечення належного рівня достовірності результатів дослідження до опитування було залучено 30 респондентів. Всі респонденти (експерти) були поділені у такий спосіб: 12 логістів, 10 менеджерів середньої та вищої ланки, 8 аналітиків і фахівців із IT/BI у логістиці.

Обробка результатів опитування надала можливість встановити, що найбільш впливовою групою факторів на логістичні процеси є інформаційно-технологічні – їхня питома вага серед всіх груп факторів склала 24 %, організаційно-управлінські – їхня вага серед всіх груп факторів склала 24 % і фінансово-економічні – їхня частка склала 18 % (табл. 1). Матеріально-технічні

фактори також мають істотний вплив. Але їх рівень впливу може бути досить швидко знижений шляхом купівлі належних технічних засобів і найму на роботу кадрів відповідної кваліфікації. До речі, вплив кадрових факторів на ефективність ЛП експерти оцінити доволі невисоко. Це може бути пов'язано з тим, що в організаціях, де працюють експерти, питання з кадрами вирішено на достатньому рівні. І, на кінець, шоста група факторів – фактори зовнішнього середовища – ця група експертами визнана такою, що не має істотного впливу на ЛП торговельних підприємств. У загальному рейтингу ці фактори мають вплив трішки більше ніж кадрові фактори та фактори зовнішнього середовища.

Таблиця 1. Результати ранжування факторів впливу на ефективність ЛП підприємств торгівлі [4]

Ранг	Група факторів	Питома вага, %
1	Інформаційно-технологічні фактори	24
2	Організаційно-управлінські фактори	21
3	Фінансово-економічні фактори	18
4	Матеріально-технічні фактори	16
5	Кадрові фактори	13
6	Зовнішні фактори середовища	8

Висновки. Ідентифіковані фактори впливу на логістичні процеси торговельних підприємств надають відповідь на запитання про те, що ж необхідно враховувати у першу, другу і третю чергу при плануванні, організації логістики, яким логістичним стратегіям слід віддавати перевагу в діяльності. Фактори впливу формують і модель поведінки торговельних підприємств на обраних сегментах ринку. Ступінь врахування визначених факторів можна визнати одним із індикаторів чутливості логістики до вимог споживачів.

Література

1. Городко М. В. Оцінка факторів впливу на функціонування логістичної системи молокопереробних підприємств. *Економіка та держава.* 2019. № 2. 124–129. DOI: 10.32702/2306-6806.2019.2.124.

2. Мельников К. В. Ефективність діяльності логістичних систем. БІЗНЕСІНФОРМ. 2021. № 12. 283-287. https://doi.org/10.32983/2222-4459-2021-12-283-287.

3. Міщук І. П. Оцінювання ефективності системи логістики підприємства торгівлі. *Механізм регулювання економіки*. 2012. № 4. 102–110.

4. Сумець О.М. Визначення пріоритету реалізації можливостей інформаційного забезпечення логістичних процесів у торгівлі. *Journal of Innovations and Sustainability*, 2025. *9*(3), 10. https://is-journal.com/is/article/view/386 https://doi.org/10.51599/is.2025.09.03.10

5. Md. Rasidul, Md. Estiak Ibne Monjur, Tawhid Akon. Supply Chain Management and Logistics: How Important Interconnection Is for Business Success. *Open Journal of Business and Management*. 2023. Vol. 11. No. 5. DOI: 10.4236/ojbm.2023.115139.

sumets.alehander@gmail.com

УДК 656

Супринович В.П., студ., Кічкіна О.І., к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет

АДАПТИВНИЙ ПІДХІД ДО ПЛАНУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОСТАЧАННЯ МЕТАЛОВИРОБІВ НА ЕКСПОРТ ЧЕРЕЗ ПОРТ

Анотація. *Досліджено особливості організації експортного постачання металевої катанки в умовах воєнних ризиків та нестабільності функціонування транспортної інфраструктури України. Запропоновано адаптивний підхід до планування процесу постачання на експорт через порт з використанням гібридної імітаційної моделі, що поєднує дискретно-подієве та агентно-орієнтоване моделювання для оцінки маршрутів. Результати дослідження дозволяють підвищити стійкість логістичних ланцюгів експорту металопродукції та забезпечити оперативне коригування технологічних схем доставки в умовах високої невизначеності.*

Проблематика. Металева катанка є стратегічно важливим продуктом металургійної галузі України, що формує значну частку валютних надходжень держави та забезпечує функціонування суміжних секторів економіки. Водночас сучасний етап зовнішньоекономічної діяльності України характеризується суттєвими трансформаціями логістичних ланцюгів, зумовленими воєнними

ризиками, обмеженням доступу до традиційних морських маршрутів, зміною географії збуту та зростанням конкуренції на світовому ринку металопродукції. В цих умовах особливу актуальність набуває проблема забезпечення безперебійного експорту української катанки з збереженням конкурентоспроможності логістичних витрат та гарантованого рівня надійності постачання.

Після початку повномасштабної війни транспортна система України функціонує в умовах постійного впливу факторів невизначеності та високого рівня ризику. Руйнування транспортної інфраструктури, періодичні ракетні та дронові атаки на портові комплекси, енергетичну систему та залізничні вузли суттєво впливають на стабільність логістичних процесів. Особливо критичними стали обмеження роботи морських портів Чорноморського басейну, які традиційно забезпечували основний обсяг експорту металопродукції України. У сучасних умовах функціонування морських портів супроводжується необхідністю врахування безпекових коридорів, ризику тимчасового припинення судноплавства, обмежень страхування суден, нестабільності фрахтового ринку та збільшення часу очікування на підхід флоту.

Важливу роль в забезпеченні експорту металопродукції продовжує відігравати Морський порт Південний, який залишається одним із ключових глибоководних портів України, здатних обслуговувати великотоннажні судна та забезпечувати перевалку значних обсягів металургійної продукції. Проте в умовах воєнного часу робота порту характеризується підвищеним рівнем операційної складності. Суттєве вплив на технологічні процеси мають загрози ракетних ударів по портовій інфраструктурі, періодичні обмеження судноплавства в акваторії Чорного моря, необхідність дотримання посилених заходів безпеки та зміна режимів роботи терміналів. Крім того, значно зросли вимоги до координації роботи залізничного транспорту, експедиторських компаній, агентів судноплавних ліній та портових операторів, оскільки навіть

незначні затримки на окремих етапах логістичного ланцюга можуть призводити до суттєвих фінансових втрат і до ризиків пов’язаних з небезпекою обстрілів.

Основні матеріали дослідження. Метою дослідження є розробка методичних рішень щодо оперативного планування та коригування технологічних схем безперебійного постачання катанки на експорт з використанням методів моделювання в умовах актуальних воєнних ризиків та підвищеної невизначеності функціонування транспортної інфраструктури.

Основна частина дослідження спрямована на вдосконалення логістичного ланцюга експорту катанки шляхом впровадження механізмів диверсифікації маршрутів та використання методів математичного та імітаційного моделювання. На першому етапі здійснюється системний аналіз процесу формування експортних партій та їх переміщення від металургійного підприємства до морських терміналів. Особлива увага приділяється дискретному характеру відвантажень, де критичним фактором ефективності є синхронізація надходження залізничних вагонів із графіками підходу суден під завантаження. Встановлено, що традиційна схема накопичення вантажу на портових складах у сучасних умовах потребує перегляду, оскільки зростання інфраструктурних обмежень, дефіцит складських потужностей, нерівномірність роботи залізничної мережі та невизначеність строків прибуття флоту, небезпека обстрілів суттєво підвищують ризики простою та зниження керованості логістичного процесу.

Додатковим фактором ризику є нестабільність функціонування енергетичної інфраструктури, що впливає на роботу перевантажувального обладнання, систем зв'язку та автоматизованого керування транспортними процесами. Внаслідок цього виникає необхідність формування резервних технологічних схем обробки вантажів, створення адаптивних графіків роботи терміналів та використання альтернативних маршрутів доставки. У сучасних умовах ефективність логістичного ланцюга дедалі більше залежить не лише від мінімізації витрат, а й від здатності системи швидко адаптуватися до змін зовнішньої середовища.

Наступним завданням є розробка імітаційної моделі побудови міжнародних маршрутів постачання вантажу з використанням морського транспорту в умовах війни з урахуванням часових обмежень, вартості, надійності, доступності портів та рівня безпекових ризиків. У процесі дослідження враховується можливість оперативної зміни логістичних маршрутів залежно від ситуації в акваторії Чорного моря, стану прикордонної інфраструктури, пропускної здатності залізничних переходів та режиму роботи портових терміналів.

Обрано гібридну імітаційну модель, що поєднує дискретно-подієве та агентно-орієнтоване моделювання. В рамках дискретно-подієвої парадигми здійснюється моделювання операцій портової обробки, морських переходів, процесів перевантаження, митних та прикордонних процедур, а також можливих затримок, пов'язаних із воєнними обмеженнями. В рамках агентно-орієнтованої парадигми моделюється поведінка суб'єктів процесу, а саме судноплавної лінії, порту, експедитора, митних органів, залізничного оператора, страхових компаній, а також ризикового агента – військово-політичного впливу. Такий підхід дозволяє враховувати не лише технологічні параметри перевезення, а й адаптивну поведінку учасників логістичного процесу в умовах високої невизначеності.

Висновки. Враховуючи реалії сьогодення, адаптивний підхід до організації процесу постачання української металічної катанки на експорт має суттєві переваги над статичними схемами планування. Використання гібридних моделей дозволяє оперативно оцінювати вплив воєнних ризиків на функціонування транспортної системи, прогнозувати можливі затримки та обирати найбільш ефективні маршрути доставки з урахуванням змінної ситуації. Це створює передумови для підвищення стійкості експортних логістичних ланцюгів, мінімізації фінансових втрат та забезпечення стабільності зовнішньоторговельної діяльності підприємств металургійної галузі України.

v.suprinovich@gmail.com

ki4kinaoi@ukr.net

УДК 656.25:004.9

Тарасенко Д.В., аспірант

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

ОПТИМІЗАЦІЯ МІЖПОЇЗДНИХ ІНТЕРВАЛІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ДІЛЬНИЦЯХ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ БЛОК-ДІЛЬНИЦЬ

Анотація. *У доповіді вирішено задачу оптимізації міжпоїздних інтервалів на залізничних дільницях шляхом впровадження концепції віртуальних блок-дільниць (ВБД) у складі системи ETCS рівня 2. Розроблено математичну модель розрахунку мінімального міжпоїздного інтервалу для трьох режимів роботи сигналізації: традиційна триаспектна система, ETCS із фіксованими блок-дільницями та ETCS із віртуальними блок-дільницями. Виконано чисельні розрахунки для характеристик реальної залізничної ділянки з швидкостями руху від 40 до 160 км/год. Результати представлено у вигляді графіків та таблиць. Встановлено, що застосування ВБД дозволяє скоротити мінімальний міжпоїздний інтервал на 28–59% порівняно з ETCS на фіксованих блок-дільницях і підвищити теоретичну пропускну здатність дільниці до 65 поїздів на годину.*

Проблематика дослідження. Залізничний транспорт є ключовою галуззю інфраструктури України. В умовах курсу на євроінтеграцію та виконання вимог Директиви ЄС 2016/797 про сумісність залізничної системи, АТ «Укрзалізниця» стоїть перед необхідністю впровадження єдиної загальноєвропейської системи управління рухом поїздів – ERTMS/ETCS. Однією з ключових характеристик залізничної дільниці, на яку безпосередньо впливає тип застосованої системи сигналізації та захисту, є міжпоїздний інтервал – мінімальний час між двома послідовними поїздами на одній ділянці колії.

Традиційна триаспектна система блокування базується на фіксованих блок-дільницях та передбачає розмежування поїздів трьома блок-дільницями. Це обмежує пропускну здатність дільниць, особливо у приміських зонах та на завантажених напрямках. Попередні дослідження свідчать, що впровадження

ETCS рівня 2 не завжди призводить до автоматичного скорочення міжпоїздних інтервалів – у ряді випадків більш суворі вимоги до гальмівних кривих ETCS можуть навіть збільшити інтервал порівняно з традиційною системою.

Концепція віртуальних блок-дільниць (ВБД) є перспективним рішенням, яке дозволяє поділити існуючі фізичні блок-дільниці на логічні підсекції без встановлення додаткового наземного обладнання. Стан зайнятості ВБД визначається на основі даних про місцезнаходження поїзда, які передаються до наземної системи управління по цифровому радіоканалу. Це відкриває можливість суттєвого скорочення міжпоїздних інтервалів та підвищення пропускної здатності залізничних ліній без дорогої модернізації наземної інфраструктури.

Основні матеріали дослідження. Мінімальний міжпоїздний інтервал tH – найменший допустимий час між моментами проходження двох послідовних поїздів через одну й ту ж точку траси. Він визначається умовами безпечного розмежування поїздів та залежить від типу застосованої системи захисту. Для трьох розглянутих сценаріїв розроблено такі аналітичні залежності.

Сценарій 1. Традиційна триаспектна система блокування. При традиційній триаспектній системі мінімальний міжпоїздний інтервал визначається необхідністю розмежування поїздів трьома блок-дільницями:

$$tH1 = \frac{SD + LBlock(m-1) + doverlap + LTRAIN_2}{v} + tIL, \quad (1)$$

де SD – відстань видимості сигналу при заданій максимальній швидкості, м; LBlock(m-1) – сума довжин (m-1) блок-дільниць між поїздами (m = 3 – кількість аспектів); doverlap –перекриття, м; LTRAIN_2 – довжина переднього поїзда, м; v – розрахункова швидкість, м/с; tIL – час спрацювання апаратури управління рухом, с.

Сценарій 2. ETCS рівня 2 із фіксованими блок-дільницями

При ETCS рівня 2 система розраховує гальмівну криву від поточної швидкості до нуля та починає примусове гальмування у разі ненаслідування команди. Мінімальний міжпоїздний інтервал:

$$tH2 = \frac{BC_{ETCS} + LBlock + doverlap + LTRAIN_2}{v} + tIL_{ETCS}, \quad (2)$$

де BC_ETCS – довжина гальмівного шляху поїзда, розрахована системою ETCS до кінцевої точки дозволу (End of Authority), м; tIL_ETCS – час спрацювання апаратури з урахуванням часу генерації нового дозволу на рух, с. Оскільки BC_ETCS в ряді випадків перевищує 3×LBlock (особливо при великих швидкостях), можливо tH2 > tH1.

Сценарій 3. ETCS рівня 2 із віртуальними блок-дільницями

При застосуванні ВБД фізична блок-дільниця поділяється на n логічних підсекцій без встановлення нових пристроїв контролю зайнятості. Кінець дозволу на рух може бути встановлений у будь-якій точці межі ВБД:

$$tH3 = \frac{BC_{ETCS} + dVB + doverlap + LTRAIN_2}{v} + tIL_{ETCS} + TCYCLOC, \quad (3)$$

де dVB = LBlock / n – довжина віртуальної блок-дільниці, м; TCYCLOC – циклічний час оновлення звіту про місцеположення поїзда, с. Оскільки dVB < LBlock, виконується tH3 < tH2 – ВБД забезпечують менший міжпоїздний інтервал.

Для числового аналізу взято такі параметри ділянки: довжина фізичної блок-дільниці LBlock = 2 515 м; довжина переднього поїзда LTRAIN_2 = 250 м; довжина перекриття doverlap = 50 м; tIL = 10 с; tIL_ETCS = 15 с; TCYCLOC = 5 с; кількість ВБД n = 4 (dVB ≈ 630 м). Гальмівний шлях BC_ETCS розраховано за моделлю ETCS для поїзда з часткою гальмівної маси $\lambda_{\text{о}}$ = 140%.

Таблиця 1

Розраховані міжпоїздні інтервали та теоретична пропускна здатність

v, км/год	BC_ETCS, м	tH1, с (3-аспект)	tph1	tH2, с (ETCS фікс.)	tph2	tH3, с (ETCS+ВБД)	tph3	ΔtH, %
40	420	430	8	207	17	84	43	59
60	594	322	11	163	22	75	48	54
80	788	217	17	122	30	64	56	48
100	831	174	21	100	36	55	65	45
120	1106	145	25	93	39	56	64	40
140	1422	127	28	88	41	58	62	34
160	1850	113	32	87	41	63	57	28

Примітка: tph – теоретична кількість поїздів на годину; ΔtH – відносне скорочення інтервалу при ВБД відносно ETCS на фіксованих блоках.

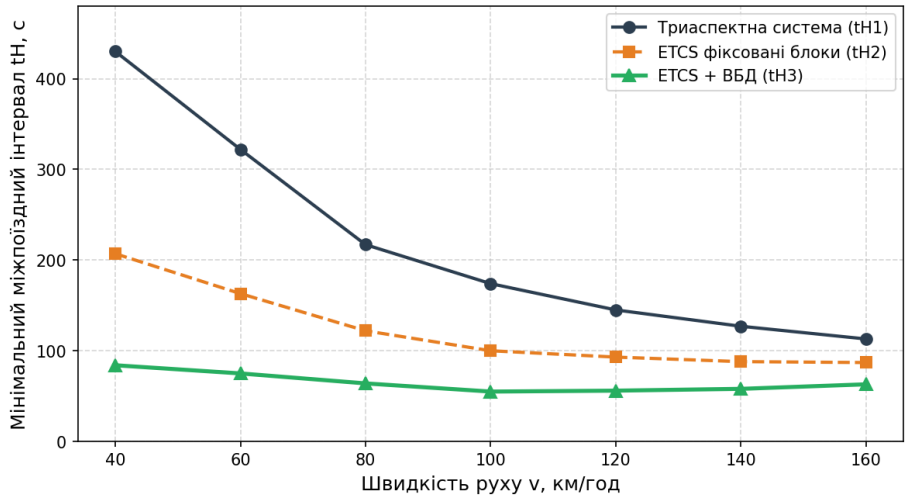


Рис. 1. Залежність мінімального міжпоїздного інтервалу від швидкості руху для трьох сценаріїв сигналізації

З рис. 1 та табл. 1 видно такі закономірності. По-перше, при малих швидкостях (40–60 км/год) традиційна триаспектна система формує найбільший інтервал tH1, оскільки розмежування трьома блок-дільницями є надмірно консервативним відносно фактичного гальмівного шляху. При переході на ETCS

із фіксованими блок-дільницями tH2 різко скорочується (tH2/tH1 ≈ 0,48 при v = 40 км/год), що підтверджує ефективність ETCS на малих швидкостях.

По-друге, при швидкостях понад 120 км/год ETCS на фіксованих блок-дільницях не дає переваги перед традиційною системою: через зростання BC_ETCS гальмівний шлях наближається до довжини однієї–двох блок-дільниць, і tH2 ≈ tH1. Саме в цьому діапазоні швидкостей ВБД дають найбільш відчутний ефект.

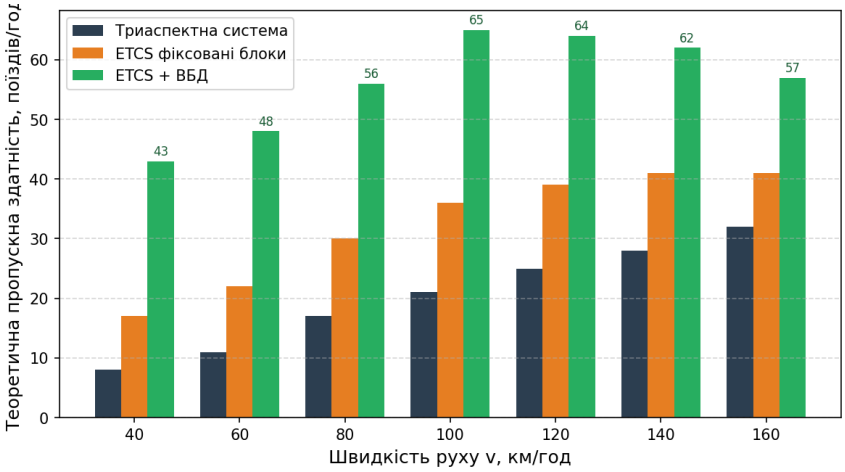


Рис. 2. Теоретична пропускна здатність дільниці при різних системах сигналізації

Рис. 2 наочно демонструє перевагу ВБД у забезпеченні пропускної здатності. Найкращий результат досягається при v = 100 км/год: tph3 = 65 поїздів на годину, що на 80% більше порівняно з ETCS на фіксованих блок-дільницях (tph2 = 36) та у 3 рази більше порівняно з традиційною системою (tph1 = 21). Ця швидкість відповідає оптимальному співвідношенню між розміром гальмівного шляху ETCS та довжиною ВБД.

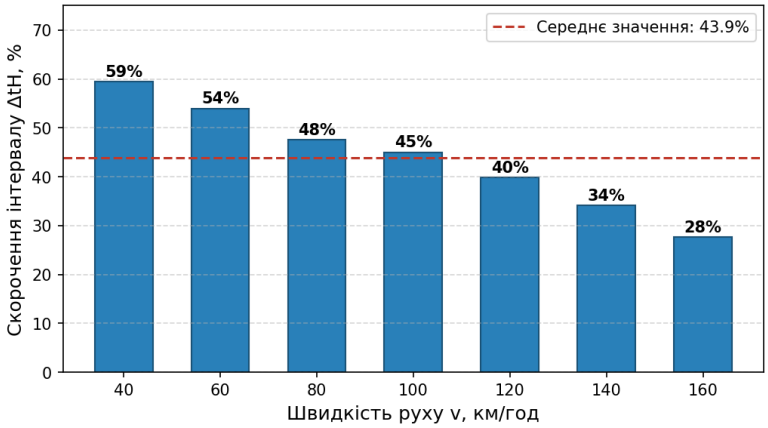


Рис. 3. Відносне скорочення міжпоїздного інтервалу при застосуванні ВБД відносно ETCS з фіксованими блоками

Відносне скорочення тривалості міжпоїздного інтервалу при застосуванні ВБД описується залежністю:

$$\Delta tH = \frac{(tH2 - tH3)}{tH2} \times 100\% \approx \frac{LBlock - dVB}{BC_{ETCS} + LBlock} \times 100\%, \qquad (4)$$

Числовий аналіз (рис. 3) показує, що при n = 4 (dVB = 630 м) та LBlock = 2 515 м ефект ВБД найбільш виражений при малих і середніх швидкостях (40–80 км/год): ΔtH = 48–59%. Із зростанням швидкості внесок доданку TCYCLOC у формулі (3) збільшується відносно вивільненого простору (LBlock – dVB), тому при v = 160 км/год ΔtH знижується до 28%. Середнє значення ΔtH по всьому діапазону становить 44%.

При v = 100 км/год аналітична оцінка за формулою (4):

$$\Delta tH = \frac{2515 - 630}{831 + 2515} \times 100\% = 56{,}3\%,$$

що близько до табличного значення 45% (різниця пов'язана з доданком TCYCLOC = 5 с у формулі (3)), і підтверджує коректність розробленої моделі.

Підвищення пропускної здатності із застосуванням ВБД потребує виконання низки технічних і організаційних умов:

1. Більшість поїздів на ділянці повинна бути обладнана бортовими пристроями ETCS та системою контролю цілісності складу (Train Integrity Monitoring System, TIMS) для достовірного визначення фактичного заднього торця поїзда.

2. Довжина поїзда підтверджується не лише введенням даних машиністом, але й перевіркою правдоподібності через лічильники осей або інші незалежні засоби.

3. Для забезпечення руху поїздів без бортових пристроїв ETCS ВБД поєднуються з фізичними пристроями контролю зайнятості на межах блок-дільниць.

4. Час циклу оновлення звіту про місцеположення TCYCLOC слід мінімізувати — оптимально до 1–2 с при стандартах зв'язку GSM-R/LTE, що зменшить додатковий доданок у формулі (3) і підвищить ефективність при великих швидкостях.

На залізницях України доцільно впроваджувати ВБД поетапно — спочатку на окремих завантажених ділянках з пріоритетним переводом рухомого складу на ETCS.

Висновки. Розроблено математичну модель розрахунку мінімального міжпоїздного інтервалу для трьох сценаріїв сигналізації (формули 1–3). Виконані числові розрахунки для діапазону швидкостей 40–160 км/год та їх графічне представлення (рис. 1–3) дозволяють зробити такі висновки: впровадження ETCS із фіксованими блок-дільницями скорочує мінімальний інтервал на 20–52% в діапазоні швидкостей 40–80 км/год; при швидкостях понад 120 км/год перевага зникає через зростання гальмівного шляху ETCS; застосування ВБД (n = 4) дозволяє додатково скоротити інтервал відносно ETCS на фіксованих блок-дільницях на 28–59% (середнє 44%) та забезпечити теоретичну пропускну здатність до 65 поїздів на годину при v = 100 км/год;

розрахована за формулою (4) відносна ефективність ВБД при v = 100 км/год становить 56,3%, що узгоджується з числовими результатами (45% з урахуванням TCYCLOC); умовою ефективного впровадження є оснащення рухомого складу системами ETCS та TIMS, а також мінімізація часу оновлення звіту про місцеположення до 1–2 с; статистика вантажних перевезень Укрзалізниці (рис. 4) підтверджує нагальну необхідність підвищення пропускної здатності залізничних дільниць як одного з чинників відновлення конкурентоспроможності галузі.

Отримані результати рекомендують впровадження ВБД при розгортанні ETCS на залізницях України як технічно обґрунтованого рішення для підвищення пропускної здатності без суттєвого збільшення витрат на наземну інфраструктуру. Подальші дослідження доцільно спрямувати на оптимізацію кількості ВБД n та аналіз чутливості моделі до варіацій TCYCLOC і BC_ETCS в реальних умовах.

tarasenkodw93@gmail.com

УДК 656.614.3:656.615

Тихонін В. І., доц. ОНМУ, Тихоніна І. І.

Навчально-науковий інститут морського бізнесу Одеського національного морського університету, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ДЕРАТИЗАЦІЇ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАНТАЖІВ МОРЕМ

Анотація. *Розглядаються основні види та методи дератизації. Надані особливості, переваги та недоліки кожного з методів.*

Проблематика. При перевезенні вантажі повинні постачатися без псування й пошкоджень, які часто-густо виникають внаслідок дії на вантажі різних живих організмів – шкідників вантажів та пов'язані з їх життєдіяльністю й, відповідно,

впливом на вантажі мікроорганізмів, грибів, членистоногих, гризунів і птахів.

Основні матеріали дослідження. У фауні України зустрічаються представники 11 сімейств гризунів, серед яких левова частка шкідливих видів належить трьом сімействам – білячих, мишоподібних і хом'яковидних. При перевезенні і зберіганні найбільшу шкоду представляють мишоподібні. До шкідливих видів сімейства мишоподібні відносяться: будинкова миша, миша-крихітка, польова миша, лісова миша, сірий пацюк, чорний пацюк. З яких найнебезпечніший сірий пацюк і будинкова миша.

Пошкодження вантажі зв'язані не тільки з тим, що гризуни їх гризуть і тим самим псують різні матеріали, але й з наявністю продуктів життєдіяльності пацюків і мишій (екскрементів, сечі, вовни й ін.).

Комплекс заходів по боротьбі із гризунами називається дератизацією. Основними завданнями успішної боротьби із гризунами є практично повне знищення гризунів на об'єкті й збереження досягнутого ефекту, оскільки навіть при значному зниженні чисельності, вона в короткий строк відновлюється.

Заходи боротьби з мишоподібними гризунами складаються з комплексу профілактичних і винищувальних заходів.

Профілактична дератизація складається із трьох груп заходів:

– санітарних, які полягають у позбавленні гризунів їжі, води й притулків;

– будівельна-технічних, які полягають у створенні різних перешкод, що позбавляють гризунів доступу в приміщення;

– застосування репелентів, які відлякують гризунів з метою захисту вантажів, тари, будинків, транспортних засобів й ін.

Санітарні заходи щодо позбавленні гризунів їжі й притулків аналогічні мірам, які приймають для цих цілей при дезінсекції. З огляду на фізіологічні особливості гризунів, особливу увагу варто звернути на джерела води. Воду необхідно зберігати вдалині від зерносховищ, складів та інших місць їхнього перебування в закритих бочках або в недоступних для гризунів місцях.

З метою запобігання проникнення в приміщення гризунів необхідно: вікна

засклити й закрити металевою сіткою; бетонувати всі отвори в місцях введення електропроводів, водопровідних і каналізаційних труб, опалювальної мережі й ін.; усувати несправності в підлогах, дверях, косяках і порогах; зашпаровувати норки гризунів.

Засоби, які використовують для відлякування шкідників, одержали назву репелери. Завдання репелентів і репелерів створити нестерпні умови для перебування шкідників, змушуючи їх іти з місць перебування людини й бути екологічно безпечними для людини, свійських тварина й худоби.

Репеленти повинні відповідати наступним вимогам:

– не бути токсичними для людини, свійських тварина й худоби;

– при введенні в матеріали не втрачати своїх властивостей, які відлякують;

– не змінювати властивостей самого матеріалу й не змінюватися під дією факторів зовнішнього середовища.

Винищувальні заходи підрозділяються на:

– механічні – використання пасток, капканів, які ловлять живцем й ін.;

– хімічні – застосування різних отрут і препаратів;

– біологічні – використання кішок, ласок та інших звірів;

– бактеріологічні – зараження гризунів хвороботворними для них мікроорганізмами.

Таким чином, дератизація, як система заходів, що усувають шкідливий вплив гризунів, включає:

– суцільне періодичне обстеження об'єктів для виявлення гризунів, оцінки їхньої чисельності й границь поселень;

– проведення санітарно-технічних, санітарно-гігієнічних, санітарна-екологічних заходів;

– винищування або відлякування гризунів у границях ділянок перебування гризунів на об'єктах;

– облік ефективності виконаних робіт.

Обстеження об'єктів, територій і транспортних засобів на наявність, стан

чисельності й розподіл гризунів є обов'язковою умовою, яка визначає тактику й методику боротьби із гризунами й що дозволяє оцінювати ефективність виконаних дератизаційних обробок.

Механічний метод винищення складається з способів знищення гризунів:

– механічних (наприклад, капкани, пастки, ловчі ями), електричні пастки, пристрої й огородження які вбивають;

– використання липкої маси;

– заливання нірок водою й ін.

Механічні засоби більш безпечні в порівнянні з хімічними.

Трудомісткість розміщення знарядь лову й необхідність систематичного спостереження за ними, обмежують застосування цього методу. Тому механічний метод боротьби із гризунами використовують у комплексі з хімічним методом.

У якості основного, найбільш ефективного й найменш трудомісткого способу винищування гризунів застосовують хімічний метод – використанні отруйних речовин. Перевагою хімічних препаратів є їхня відносна стабільність, що дозволяє їх довго зберігати й одержувати стійкий і високий ефект. А недоліком – їх відносно висока токсичність і у зв'язку із цим – небезпека для людей і корисних тварин.

Хімічний метод дератизації містить у собі ряд способів, що відрізняються за формою подачі препарату гризунам:

– харчові отруєні принади, тобто харчові продукти, досить привабливі для гризунів, які змішані отрутою;

– рідкі отруєні принади, тобто розчини або суспензії отрут у воді, молоці й тому подібних рідинах;

– обпилювання – застосування порошкоподібних отрут для запилення виходів нірок, стежок і шляхів переміщення гризунів й ін.;

– газація (фумігація), тобто подача в приміщення або нірок гризунів отрут у газоподібному стані, які викликають загибель тварин.

Використання отруєних принад – провідний метод винищувальної дератизації, що застосовуваний як для разових обробок об'єктів, так і в довгострокових точках отруєння гризунів.

За походженням отруйні речовини розділяються на рослинні й синтетичні.

Найбільш поширені численні препарати синтетичного походження, які поєднуються у дві великі групи отрут:

– гострої дії – порівняно швидкий розвиток процесу отруєння в організмі при введенні в нього однієї дози препарату;

– хронічної дії – тривалим латентним періодом, повільний розвиток процесу отруєння при регулярному введенні в організм дуже малих доз. Вони, як правило, акумулюються в організмі тварини й поступово призводять до значних біохімічних і патолого-анатомічних змін і загибелі.

Принади роблять із харчових продуктів, яким гризуни надають перевагу. Вибір продуктів для виготовлення принад залежить від видового складу гризунів, виду продукції, що зберігається, пори року й застосовуваної отрути.

Гарний ефект у боротьбі із гризунами забезпечує застосування водних принад, особливо там, де сховища віддалені від водойм. Кращий ефект при цьому забезпечують антикоагулянти.

Проведення дератизації на морських суднах здійснюється відповідно до санітарних норм, нормативних документів, які діють для морських і суднах внутрішнього плавання, а також вимог МК МПНВ (IMDG-code).

Заходи щодо дератизації на морських суднах здійснюють, в основному, у пунктах стоянки під час відсутності пасажирів і основної частини екіпажу. При необхідності проведення дератизації при знаходженні судна в плаванні (рейсі) допускається застосовувати препарати, які дозволені для використання в житлових приміщеннях, лікувальних і харчових установах.

В умовах хитавиці, коли розкладка дрібнодисперсної принади небажана або утруднена, застосовують брикетовані принади з фіксацією їх усередині контрольна-винищувальних контейнерів (КВК).

Для попередження переходу пацюків із судна на судно, із судна на берег і назад, на суднах необхідно вживати наступні заходи:

– швартовні троси повинні бути захищені стандартними металевими щитками проти пацюків на весь період стоянки судна в порту;

– у нічний час, при відсутності завантажно-розвантажувальних робіт (ЗРР), трапи (сходні) повинні бути підняті над причалом;

– при роботі в нічний час, трапи повинні бути яскраво освітлені;

– сітки, що захищають від падіння у воду вантаж, по закінченні ЗРР повинні негайно забиратися, а у випадку користування ними в нічний час – яскраво освітлені.

Висновки. Надані основні види та методи дератизації та розглянуто особливості, переваги та недоліки кожного з методів. Це дозволяє заздалегідь визначитися з потрібними засобами та організаційними заходами для ефективного застосування дератизації, яка забезпечить високу якість та схоронність перевезення вантажів.

УДК 656.13

Ушаков А. М., аспірант, Баркалова Н. О., к.т.н., доц.,

Вернигора Р. В., к.т.н., проф.

Український державний університет науки і технологій

ПРОБЛЕМИ ПЕРЕРОБКИ КОНТЕЙНЕРІВ В МОРСЬКИХ ПОРТАХ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Анотація. *У доповіді розглянуто трансформацію контейнерних перевезень в Україні в умовах воєнного стану, зокрема наслідки блокування морських портів, руйнування традиційних логістичних маршрутів і переорієнтацію вантажопотоків на Дунайський регіон та західні сухопутні кордони. Проаналізовано динаміку контейнерообігу у 2021…2025 р.р.,*

основні проблеми галузі та напрями її відновлення через розвиток мультимодальних хабів, цифровізацію логістики й інтеграцію з європейськими транспортними коридорами

Проблематика дослідження. Контейнерні перевезення є однією з ключових технологій сучасної глобалізованої торгівлі. Така технологія дозволяє уніфікувати вантажну одиницю та прискорити перевантаження між різними видами транспорту, а також підвищує збереженість вантажів та дає можливість будувати ефективні інтермодальні ланцюги постачання «від дверей до дверей». Порівняно з іншими технологіями перевезень, контейнеризація скорочує втрати часу в портах і терміналах, знижує ризики пошкодження та крадіжок, спрощує митні й складські операції, а також розширює можливості цифрового відстеження руху вантажу. До 2022 р. основні контейнерні потоки в Україні прямували через морські порти, а щорічний обсяг контейнерообігу досягав 1 млн. TEU. З початком повномасштабної війни робота українських портів, зокрема і з контейнерними вантажами, суттєво змінилась. Частина українських портів була окупована (Бердянськ, Херсон, Скадовськ, Маріуполь), а інші (Одеса, Південний, Чорноморськ, Миколаїв), на які припадало близько 85% усіх обсягів перевалки вантажів, були блоковані російськими військовими кораблями; портова інфраструктура перебуває під постійними ударами російських ракет та БПЛА. В цьому дослідженні авторами проаналізовано проблеми функціонування українських портів, зокрема перевалки контейнерних вантажів, в умовах воєнного стану.

Основні матеріали дослідження. До 2022 р. Україна була повноцінно інтегрована у чорноморську контейнерну систему. У 2021 р. українські порти переробили більше 1 млн. TEU; при цьому понад 95% концентрували порти Великої Одеси. Структура контейнеропотоків у 2021 р. була збалансованою: імпорт складав 48,6%, експорт – 46,8%, транзит — 4,6%. До 2022 р. переробку контейнерів в Україні забезпечували чотири портові термінали: «Контейнерний термінал Одеса» (у 2021 р. – 390,8 тис. TEU), «Бруклін-Київ Порт» (280,7 тис. TEU), «Чорноморський морський рибний порт» (112,2 тис. TEU) та «ТІС-КТ»

(238,6 тис. TEU). Загальна річна переробна спроможність портових контейнерних терміналів України оцінюється на рівні 29,5 млн т (2,2 млн TEU).

Перевезення контейнерів територією України, зокрема їх завезення та вивезення з портів, здійснюються переважно залізничним і автомобільним транспортом. У 2019…2021 р.р. залізницею транспортувалось близько 400 тис. TEU (до 40%), а автотранспортом – 600…700 тис. TEU (до 60%); річкові перевезення контейнерів розвинуті в Україні недостатньо – до 2022 р. річками транспортувалось 3…5 тис. TEU. Структура контейнерних перевезень за видами залізничного сполучення розподілена наступним чином: експорт – 63%; імпорт – 21,3%; внутрішнє сполучення – 15%; транзит 0,5%.У товарній структурі контейнерних вантажів, що перевозилися залізницею до 2022 р., переважали чорні метали, зерно та хімічна продукція. Основні довоєнні маршрути контейнеропотоків проходили через порти Великої Одеси та пов'язували Україну з Далеким Сходом, Середземномор'ям, Близьким Сходом і Латинською Америкою. До 2022 р. український ринок обслуговували близько 15 великих контейнерних ліній. Таким чином, контейнерна система України функціонувала як частина глобальної мережі морських та інтермодальних зв'язків.

З початком повномасштабної війни контейнерні перевезення в Україні зазнали різкого спаду. Найсильніше постраждав морський сегмент: то у 2022 р. порти обробили лише 63,6 тис. TEU, у 2023 р. – 67,7 тис. TEU; хоча згодом обсяги переробки поступово почали зростати: у 2024 р. – 129,9 тис. TEU, а у 2025 р. – 215,7 тис. TEU. В наслідок блокування основних чорноморських портів у 2022…2023 р.р. вантажопотоки переорієнтувались на порти Дунайського регіону, які у 2022 р. втричі наростили обсяги перевалки: Ізмаїл – 8,9 млн. т (у 2021 р. – 4,1 млн. т), Рені – 6,8 млн. т (1,4 млн. т), Усть-Дунайськ – 0,8 млн. т (0,06 млн. т). Залізничний сегмент виявився стійкішим, але також зазнав суттєвого падіння. Якщо у 2021 р. залізницею перевезено навантажених контейнерів 279,8 тис. TEU, то у 2022 р. – лише 150 тис. TEU, хоча у 2025 р. цей показник виріс до рівня 241,5 тис. TEU. Це означає, що після шоку 2022 р. залізничний контейнерний сегмент частково відновився, однак у 2025 р. його динаміка вже була нерівномірною: показник залишався значно кращим за 2022

р., але дещо нижчим за результат 2024 р. Обсяги перевезення контейнерів автотранспортом у 2022 р. (280 тис. TEU) скоротились у 2,5 рази, у порівнянні р 2021 р. (714 тис. TEU), однак у 2025 р. досягли рівня 440 тис. TEU.

Серед основних проблем контейнерних перевезень в Україні у період воєнного стану: блокування портів; ракетні та дронові атаки по портовій інфраструктурі та контейнерним терміналам; перерви енергопостачання (блекаути); припинення роботи значної частини міжнародних контейнерних ліній в українських портах; різке скорочення або повне припинення прямих суднозаходів; переорієнтація міжнародних контейнерних потоків на Констанцу та порти Середземного моря; подорожчання страхування; загальне падіння обсягів виробництва в Україні; відсутність ефективних цифрових інструментів координації перевезень. Водночас повномасштабна війна істотно змінила і номенклатуру контейнерних вантажів: у 2024…2025 рр. в контейнерах переважали зерно (49%), чорні метали (17%), шрот (14%), олія (10 %). У 2022…2023 рр. основними маршрутами контейнеропотоків стали сухопутні коридори через Польщу, Словаччину, Угорщину та Румунію, а також дунайський напрям із подальшим виходом на Констанцу. У 2024…2025 р. р. спостерігається часткове повернення контейнерів до морських портів Великої Одеси, зокрема у 2025 р. понад 60% портового контейнеропотоку проходило через Чорноморськ.

Основними напрямами вирішення проблем переробки контейнерів в українських портах під час дії воєнного стану мають стати: прискорений розвиток мультимодальних хабів, сухих портів і транспортно-логістичних центрів на заході країни, на Дунаї та у тилових регіонах; модернізація прикордонної інфраструктури та терміналів у контексті інтеграції з європейськими коридорами; цифровізація логістики, включно з електронним документообігом, логістичними платформами та прозорими тарифами; запровадження дієвих механізмів страхування воєнних ризиків; а також стимулювання контейнеризації аграрного експорту, продукції переробки та інших вантажів, для яких контейнер забезпечує найвищу гнучкість і збереженість.

Висновки. Отже, до 2022 р. Україна мала сформовану та динамічну систему контейнерних перевезень із потужною морською складовою, зростаючими залізничними та автомобільними перевезеннями і високим рівнем інтеграції у світові ланцюги постачання. Повномасштабна війна спричинила шокове падіння контейнерообігу, руйнування звичних маршрутів і вимушену переорієнтацію на західні кордони та Дунай. Водночас у 2024…2025 рр. уже стали помітними ознаки адаптації та часткового відновлення: порти нарощують перевалку, залізниця зберігає роль базового перевізника, автомобільний транспорт залишається ключовим гнучким інструментом, а річковий напрям отримав новий розвиток на Дунаї. Війна довела, що надмірна централізація логістики на морських портах є ризикованою. Майбутнє галузі полягає у створенні диверсифікованої системи, де морські шляхи доповнюються потужними наземними коридорами до ЄС. Відновлення ж контейнерного сегмента є критичним для повернення українського експорту з високою доданою вартістю на світові ринки.

УДК 656.2

Харченко Д.Р., аспірант, Прохорченко А.В., д.т.н., проф.

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

РОЗРОБКА ФУНКЦІЇ КОРИСНОСТІ ПЕРЕВІЗНИКА ПРИ РОЗПОДІЛІ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В МОДЕЛІ ШТАКЕЛЬБЕРГА

Анотація. *Розглянуто проблему розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури в умовах лібералізації ринку залізничних перевезень та впровадження моделі відкритого доступу. Запропоновано двоетапну модель Штакельберга для розподілу пропускної спроможності між залізничними перевізниками з урахуванням ієрархії доступу до інфраструктури. Розроблено функції корисності пасажирського та вантажного перевізників, які враховують експлуатаційні, економічні та інфраструктурні фактори. Встановлено, що використання генетичного алгоритму для визначення вагових коефіцієнтів*

функції корисності дозволяє формувати більш ефективні стратегії вибору ниток графіка руху порівняно з експертним методом оцінювання.

Проблематика. Вступ України до Європейського Союзу (ЄС) передбачає проведення лібералізації залізничного ринку перевезень та надання недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури всім зацікавленим стейкхолдерам. Одним з етапів проведення структурної реформи є зміна механізму розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури, яка враховуватиме специфіку функціонування на ринку декількох залізничних перевізників. Розроблений механізм повинен забезпечувати дієвий та недискримінаційний розподіл залізничної інфраструктури з дотриманням вимог нормативно-правового забезпечення Директив ЄС у частині ієрархії доступу до залізничної інфраструктури. Проведеним аналізом [1] встановлено, що діюча процедура розподілу пропускної спроможності у АТ «Укрзалізниця» не забезпечує ефективного розподілу в умовах запровадження відкритого доступу до залізничної інфраструктури, а також не відповідає вимогам нормативно-правового забезпечення ЄС, а, отже, потребує удосконалення.

Основні матеріали дослідження. Для реалізації процесу розподілу пропускної спроможності в умовах наявності ієрархії доступу до залізничної інфраструктури запропоновано використовувати двоетапну модель (англ. bi-level model) Штакельберга, яка дозволяє визначити структуру поїздопотоку з урахуванням наявності ієрархічних принципів доступу до неї. Розподіл пропускної спроможності реалізується шляхом проведення стратегічної гри між двома залізничними перевізниками.

У розробленій математичній моделі Штакельберга залізничні перевізники розглядаються як гравці у стратегічній грі, які послідовно приймають рішення щодо вибору кількості ниток графіка руху поїздів через перевантажену дільницю. Послідовність прийняття рішень реалізується шляхом поділу ролі лідера та послідовника серед залізничних перевізників. В межах моделі, лідер першим

визначає свою стратегію, яка забезпечить максимізацію його функції корисності U_i з урахуванням очікуваної реакції перевізника-послідовника. У свою чергу послідовник формує свою реакцію, яка враховує рішення перевізника-лідера. Результатом функціонування моделі є рівновага Штакельберга [2] за якою комбінація стратегій лідера формується з урахуванням функції реакції послідовника, а послідовник формує свою стратегію, яка забезпечить оптимальну відповідь на рішення лідера. При такій рівновазі обрана стратегія гравців є найбільш оптимальною серед усіх інших та забезпечує максимізацію визначених функцій корисності. Рівновагу Штакельберга можливо описати наступним рівнянням:

$$N_1^* = \underset{N_1}{argmax}\, U_1(N_1, R(N_1)), \text{де } R(N_1) = \underset{N_2}{argmax}\, U_2(N_2, N_1); \quad N_2^* = R(N_1^*). \tag{1}$$

де ρ_1^*, ρ_2^* - оптимальні стратегії гравців;

U_1, U_2 – функція корисності гравців;

$R(\rho)$ – функція реакції гравця-послідовника на стратегію гравця-лідера.

В умовах функціонування залізничної системи за моделлю відкритого доступу, визначення стратегії з вибору ниток графіка руху з боку кожного перевізника ґрунтується на основі власної функції корисності, яка включає в себе декілька компонентів, які мають різний вплив на стратегії перевізників. Функція корисності включає наступні компоненти: показник середньої швидкості руху, показник інтенсивності поїздопотоку, показник частки використання пропускної спроможності дільниці, показник привабливості маршруту. Для вантажного перевізника додатково враховується показник ступеня наближення обраної

Для кожної компоненти у функції корисності застосовується вагові коефіцієнти, які формують рівень значимості кожного фактора у загальній функції корисності залізничних перевізників, тому важливо визначити метод їх розподілу, який забезпечить найбільшу ефективність обраної стратегії

залізничними перевізниками. Для цього можливо використовувати експертний метод оцінювання або з використанням оптимізаційних методів, зокрема, за допомогою генетичного алгоритму [3]. На рисунку 1 відображено гістограма розподілу значень вагових коефіцієнтів за показниками функції корисності шляхом експертного оцінювання та за допомогою підбору на основі методу оптимізації з використанням генетичного алгоритму.

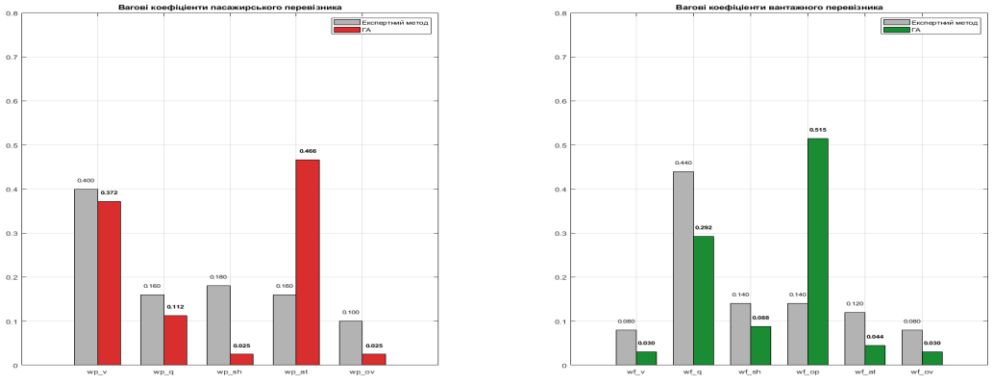


Рисунок 1 – Гістограма розподілу вагових коефіцієнтів за показниками функції корисності

Результати, що наведені на рисунку 1 демонструють значну відмінність між ваговими коефіцієнтами, які сформовані експертним методом та за допомогою генетичного алгоритму. Зокрема, у пасажирського перевізника замість $F_{шв}$ (показник середньої швидкості руху) ключову роль у виборі стратегій починає відігравати вибір показник привабливості дільниці $F_{пр}$, при цьому інші показники знижаються, що відображає даних показників у виборі загальної стратегії. У свою чергу, для вантажного перевізника за методом потимізації вагових коефіцієнтів визначено, що ключовим показником є ступінь наближення обраної інтенсивності руху вантажного поїздопотоку до оптимальних значень за минулі роки $F_{опт}$, замість інтенсивності поїздопотоку $F_{інт}$. Дана зміна забезпечує врахування під час вибору стратегії вже сформованої раніше стратегії з вибору ниток графіка руху, яка забезпечила раціональний рівень експлуатації залізничної інфраструктури з урахуванням потреб вантажного перевізника.

Висновки. У результаті проведеного дослідження розроблено підхід до формування функції корисності залізничних перевізників при розподілі пропускної спроможності залізничної інфраструктури на основі моделі Штакельберга. Встановлено, що використання ієрархічної моделі взаємодії перевізників дозволяє враховувати особливості функціонування ринку відкритого доступу та забезпечувати узгодження стратегій перевізників при виборі ниток графіка руху. Запропоновані функції корисності враховують комплекс експлуатаційних, економічних та інфраструктурних показників, що впливають на процес прийняття рішень перевізниками. Виявлено, що визначення вагових коефіцієнтів за допомогою генетичного алгоритму дозволяє формувати більш раціональні стратегії розподілу пропускної спроможності порівняно з виключно експертним оцінюванням. Отримані результати можуть бути використані при удосконаленні механізмів недискримінаційного розподілу залізничної інфраструктури в умовах реформування залізничного транспорту України відповідно до вимог ЄС.

Список літератури

1. Прохорченко, А. В., Харченко, Д. Р., Кравченко, М. А., Киман, А. М. Дослідження правил пріоритетності при розподілі пропускної спроможності залізничної інфраструктури. *Транспортні системи та технології перевезень*. 2026. (31), 37–48. DOI: https://doi.org/10.15802/tstt2026/352131

2. Mukhopadhyay S. K., Yue X., Zhu X. A Stackelberg model of pricing of complementary goods under information asymmetry. *International Journal of Production Economics*. 2011. Vol. 134, Issue 2. P. 424-433. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.11.015.

3. Pyrih Y., Klymash M., Pyrih Y., Lavrivin O. Genetic algorithm as a tool for solving optimisation problems. *Information and communication technologies, electronic engineering*. 2023. T.3, № 2. C.95-107. DOI: https://doi.org/10.23939/ictee2023.02.095

harchenko95@kart.edu.ua;

prokhorchenko@kart.edu.ua

УДК 656.073:629.3.014.2

Хітров І.О. к.т.н., доц.

Національний університет водного господарства та природокористування

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ КРІПЛЕННЯ ТА РОЗМІЩЕННЯ

Анотація. *Розглянуто проблему підвищення безпеки вантажних перевезень, яка є важливим чинником ефективності транспортної системи. Встановлено, що значна частка аварійних ситуацій і пошкоджень вантажів зумовлена їх неправильним розміщенням і недостатнім рівнем фіксації, а також недооцінкою динамічних навантажень під час руху. Запропоновано комплексний підхід, що передбачає оптимізацію розміщення вантажу, удосконалення систем кріплення та врахування експлуатаційних режимів руху транспортного засобу. Реалізація запропонованих рішень дозволяє підвищити стійкість транспортного засобу, зменшити ризик аварійних ситуацій і забезпечити збереженість вантажу під час перевезення.*

Постановка проблеми. Актуальність дослідження зумовлена тим, що безпека вантажних перевезень є одним із ключових чинників ефективності функціонування транспортної системи [1]. Значна частка пошкоджень вантажів і дорожньо-транспортних пригод пов’язана з неправильним їх розміщенням та недостатньою фіксацією. У процесі руху транспортного засобу виникають інерційні навантаження, які можуть спричиняти зміщення вантажу, порушення стійкості автомобіля та створення аварійних ситуацій.

Проблематика досліджень у сфері безпеки перевезень вантажів полягає в комплексному впливі технічних, експлуатаційних та організаційних факторів на стійкість і збереженість вантажу під час транспортування [2; 3]. Незважаючи на наявність нормативних вимог, на практиці часто спостерігається їх неповне дотримання, що у поєднанні з недостатнім урахуванням динамічних навантажень при русі призводить до зміщення вантажу. Додатковими проблемами є нераціональне розміщення вантажу (порушення розподілу маси та положення центра мас), обмежене використання засобів моніторингу та

відсутність інженерно обґрунтованих методик розрахунку систем кріплення. У сукупності це підвищує ризик втрати стійкості транспортного засобу, погіршує керованість і збільшує ймовірність аварійних ситуацій.

Основні матеріали дослідження. Теоретична основа дослідження базується на аналізі силової взаємодії між вантажем і транспортним засобом у процесі руху [4; 5]. Під час експлуатації на вантаж діє система інерційних навантажень, що виникають при розгоні, гальмуванні та маневруванні, а також вертикальні коливання, зумовлені нерівностями дорожнього покриття. Ці навантаження формують поздовжні, поперечні та вертикальні сили, які прагнуть змістити вантаж відносно платформи. Стійкість вантажу забезпечується за рахунок сил тертя між контактними поверхнями та сил, що створюються засобами кріплення (ременями, ланцюгами, упорами). Критичною умовою є перевищення сумарних утримуючих сил над інерційними впливами, що досягається правильним вибором коефіцієнта тертя, кількості та схеми розташування точок кріплення. Додатково враховується положення центра мас вантажу, яке впливає на розподіл навантаження по осях транспортного засобу та його загальну стійкість. Теоретичні підходи також передбачають використання нормативних коефіцієнтів динамічних прискорень і розрахунок сил кріплення з урахуванням граничних режимів руху, що дозволяє забезпечити необхідний рівень безпеки перевезень.

Запропоновані рішення щодо підвищення безпеки перевезень вантажів базуються на комплексному підході, що поєднує оптимізацію розміщення вантажу, удосконалення систем кріплення та врахування динаміки руху транспортного засобу [6; 7]. Насамперед доцільним є раціональне розміщення вантажу в кузові з урахуванням його маси, геометричних параметрів і фізико-механічних властивостей. Вантаж повинен розташовуватись таким чином, щоб забезпечувався рівномірний розподіл навантаження за осями транспортного засобу та мінімізувалось підвищення центра мас, що безпосередньо впливає на стійкість і керованість під час руху.

Удосконалення систем кріплення передбачає застосування сучасних фіксувальних засобів із відомими характеристиками міцності та натягу, а також

обґрунтований вибір їх кількості й конфігурації. Використання протиковзких матеріалів між вантажем і підлогою платформи дозволяє суттєво підвищити коефіцієнт тертя та зменшити навантаження на елементи кріплення. Ефективність кріплення досягається за рахунок правильного розташування точок фіксації, вибору кутів натягу та забезпечення попереднього натягу ременів або ланцюгів. При цьому необхідно враховувати граничні режими руху, зокрема екстрене гальмування, різкі маневри та вплив нерівностей дороги.

Важливим напрямом є врахування динамічних навантажень на етапі планування перевезення. Це передбачає розрахунок інерційних сил, що виникають у різних напрямках, та визначення необхідної сили утримання вантажу з урахуванням коефіцієнтів запасу. Такий підхід дозволяє уникнути недооцінки навантажень і забезпечити відповідність систем кріплення реальним умовам експлуатації.

Додатково пропонується впровадження сучасних технологій контролю стану вантажу, зокрема датчиків зміщення, перевантаження та вібрацій, що дає змогу здійснювати моніторинг у режимі реального часу [8]. Це дозволяє своєчасно виявляти небезпечні зміни в положенні вантажу та оперативно реагувати на них. Також важливим є підвищення рівня підготовки персоналу та дотримання стандартів і нормативів щодо кріплення та розміщення вантажів.

Висновок. Таким чином, оптимізація систем розміщення та кріплення вантажів є важливим напрямом підвищення безпеки перевезень, що потребує комплексного підходу, який поєднує інженерні розрахунки, організаційні заходи та застосування сучасних технологічних рішень.

Література

1. Кріплення вантажів для автотранспорту: на що звернути увагу. Viskom: веб-сайт. https://viskom.com.ua/kriplennia-vantazhiv-dlia-avtotransportu-na-shcho-zvernuty-uvahu/?srsltid=AfmBOori4EYY1BcWp6AWcZ3ihx9opTAHxMEQ-OmQlXx1v4RpG29m7s61.

2. Rollover stability analysis of liquid tank truck taking into account the road profiles / Tran Van Nhu et al. *Journal of Applied Engineering Science*. 2022. Vol. 20(4). https://doi.org/10.5937/jaes0-36578.

3. Никончук В. М., Хітров І. О., Пашкевич С. М., Козак С. В., Сорока В. С., Швець М. Д., Дорощук В. О. Комплексна підготовка фахівців з транспортних технологій на

автомобільному транспорті [Електронне видання]: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2025. 450 с. https://ep3.nuwm.edu.ua/31988/.

4. Організація автомобільних вантажних перевезень. Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти: веб-сайт. https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/transportni_texnologii/ORGANIZASIA_VANTAGNUX_AVTOMOBILNUX_PEREVEZEN/Zmist/Zmist.htm.

5. Gillespie T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics, 7th ed., SAE International, Warrendale, PA, 1992. URL: https://doi.org/10.4271/r-114.

6. Кріплення вантажу: як і чим фіксують вантаж під час перевезення. Логістика нового покоління: веб-сайт. https://saveprosolutions.com/blog/kriplennia-vantazu-iak-i-cim-fiksuiut-vantaz-pid-cas-perevezennia.

7. Посібник із кріплення вантажів на транспорті. Такелажні системи : веб-сайт. https://takelag-system.com.ua/posibnyk-iz-kriplennya-vantazhiv-na-transporti(chast_1)?srsltid=AfmBOorWXNp39XPwf-EJJwm7UlqM53M-wMZlDWmKtqX9iAmkdkyX2jtb.

8. Діденко Т. Технології для контролю за вантажами під час перевезення. Вантажні перевезення Львів : веб-сайт. https://gruzavto.lviv.ua/cargo-monitoring-technology/.

УДК 621.431.74: 004.94

[1]Худяков І.В., к.т.н., доц., [2]Грицук І.В., д.т.н., проф.,

[1]Погорлецький Д.С., к.т.н., доц.

[1]Херсонська державна морська академія (Україна)

[2]Національний університет «Чернігівська політехніка»

МОНІТОРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК СУДЕН ЗМІШАНОГО РАЙОНУ ПЛАВАННЯ «РІКА-МОРЕ»

Анотація. *Запропоновано огляд застосовуваних в даний час систем діагностики середньо- і високооборотніх суднових дизелів річкових суден. Розглянуто параметри які контролюються системами діагностики. Проаналізовано переваги та недоліки систем моніторингу суднових дизелів, спроектованих як єдиний програмно-апаратний комплекс.*

Проблематика. Однією з важливих передумов забезпечення технічної безпеки плавання є моніторинг параметрів суднових дизелів (головних і допоміжних) в процесі їх експлуатації. Інформація про поточні значення параметрів робочого процесу суднових дизелів під час експлуатації дозволяє обслуговуючому персоналу підтримувати нормальний технічний стан дизелів і попереджати виникнення аварійних ситуацій. На експлуатованих в даний час річкових суднах моніторинг параметрів двигунів найчастіше зводиться до періодичного контролю тисків і температур - за допомогою максиметра персонал визначає максимальні значення тисків газів по циліндрах (p_{max}) або тиску в кінці процесу стиснення (p_c) при відключеною подачі палива. Крім p_{max}, p_c, температур води і масла, можна виділити цілий ряд інших параметрів, моніторинг яких під час експлуатації дає можливість здійснювати більш якісний контроль робочого процесу дизеля і виробляти точне регулювання окремих вузлів. Так, контроль середнього індикаторного тиску (p_i) Дозволяє визначити перевантаження окремих циліндрів і рівномірно розподілити потужність по всіх циліндрах дизеля. Контроль максимальної швидкості підвищення тиску при згорянні палива (жорсткості $\Delta p/\Delta\varphi$ робочого процесу) дозволяє обмежити ударні навантаження на підшипники окремих циліндрів і виявити недоліки в роботі паливної апаратури (ПА). За допомогою контролю геометричних і дійсних фаз подачі палива виробляється комплексна оцінка технічного стану ПА. Контроль фаз газорозподілу під час роботи дизеля дозволяє оперативно оцінювати технічний стан газорозподільного механізму і підтримувати паспортні значення кутів закриття і відкриття клапанів.

Крім перерахованих вище, можна виділити ще цілий ряд параметрів робочого процесу, моніторинг яких під час експлуатації в значній мірі допоможе обслуговуючому персоналу підтримувати нормальний технічний стан дизеля.

Основні матеріали дослідження. До теперішнього часу більшість систем моніторингу суднових двигунів внутрішнього згоряння (СДВЗ) було спроектовано як єдиний програмно-апаратний комплекс, що виробляє запис параметрів і частковий розрахунок робочого процесу в режимі реального часу. Найбільш характерними системами такого типу є NK-5, NK-100, NK-200 фірми

Autronica A / S, а також ряд аналогічних систем, розроблених компаніями Terasaki Electric Co., Ltd, Konsberg, JRCS, Hyundai, Samsung, Honeywell, Sulzer. Системи такого типу покликані вирішувати два завдання: отримання даних в реальному часі і частковий розрахунок робочого процесу, що дозволяє виробникам випускати завершення комплекси моніторингу СДВЗ і надавати технічного персоналу судна великий обсяг інформації, необхідної для якісної технічної експлуатації двигунів. Однак такий підхід до вирішення завдання моніторингу СДВЗ має ряд недоліків:

- недостатньо повне (неточне) моделювання робочого процесу;

- в якості вихідних даних використовується обмежена кількість вимірюваних параметрів;

- не виявляються прогнозуючі тренди технічного стану двигуна;

- з'єднання вимірювальної та розрахункової частин систем моніторингу ДВС значно збільшує їх складність; для передачі сигналів від двигуна до обчислюваючого комплексу використовуються довгі кабельні лінії; встановлюються додаткові підсилювачі і перетворювачі сигналів, що знижує надійність функціонування системи в цілому;

- вартість систем подібного типу залишається вельми високою, оскільки складається з вартості не тільки датчиків і первинних перетворювачів, а й усього проміжного обладнання, включаючи вартість обчислювального комплексу і програмного забезпечення. Крім того, комп'ютери в таких системах задіяні тільки для вирішення завдання моніторингу СДВЗ.

Розглянемо системи діагностики середньо- і високооборотних двигунів (СОД і ВОД), що застосовуються в даний час.

Система CEDC фірми «Зульцер» (Швейцарія) призначена для діагностування циліндропоршневої групи (ЦПГ), ПА, турбокомпресора, охолоджувача наддувочного повітря (ОНП). Ця система встановлена на дизелях типу 6RND-90 теплохода«Віллі де Страсбург»(Франція). Діагностична система на базі міні-ЕВМ аналізує поточні параметри дизеля і його технічний стан. При зміні діагностичних параметрів проводиться аналіз тенденцій їх зміни в часі і встановлюється необхідний термін перебирання вузла.

Поломка деталі (вузла) попереджається сигналом про досягнення граничного значення параметра. Таким чином, кожен раз проводяться тільки ті роботи, які необхідні для підтримки характеристик дизеля на оптимальному рівні. Діагностичні системи складаються з трьох основних частин: датчиків і перетворювачів сигналів, встановлених на дизелі або в безпосередній близькості до нього; центрального обробного і реєструючого пристрою, розміщеного в центральному пульті управління або в спеціальному приміщенні; засобів зв'язку «людина - машина», Що знаходяться в центральному посту управління. Сигнали передаються в цифровому вигляді. Термічне навантаження циліндра вимірюється термодатчиками, встановленими в кришці циліндра (2 шт.), верхній частині втулки (4 шт.) та в нижній частині втулки з боку випуску (1 шт.) на глибині близько 6 мм від робочої поверхні. Чотири термодатчика у верхній частині втулки дозволяють визначити похибку організації процесу згоряння, обертання і вібрацію поршневих кілець, а також зафіксувати сухе тертя, яке відзначає в основному датчик в нижній частині втулки. Робота поршневих кілець контролюється двома додатковими датчиками, розташованими в верхній частині втулки. Ці датчики визначають щільність прилягання кілець до втулки в момент проходження кільцем місця установки датчика і фіксують втрату рухливості і поломку кілець; при відсутності кільця в струмку (поломка кільця) інтенсивність сигналу падає не менше ніж на 25%. При аналізі процесу згоряння характерні точки процесу (p_c, p_{max} і ін.) порівнюються з усередненими значеннями за кілька циклів і з інтервалом в 30 секунд отримані дані подаються на друкувальний пристрій.

Попереджувальний сигнал в системі виробляється не за абсолютною, а по відносній величині параметра, яка зберігається в пам'яті ЕВМ, а також на магнітній стрічці.

Система СИПВА фірмы «Зульцер» забезпечує безперервне вимірювання і реєстрацію зносу верхнього поршневого кільця дизеля, а також зазначає обертання кілець або його відсутність. Датчики - индуктивні. Верхні поршневі кільця головного двигуна спеціальної конструкції. Датчики встановлюються в наскрізних свердліннях втулки врівень з її робочою поверхнею.

Обчислювальний пристрій за визначеними програмами оцінює загальний технічний стан дизеля і залишковий ресурс деталей ЦПГ, рекомендує час чергового профілактичного обслуговування. Діагностична система може бути з'єднана зі штатними системами управління і регулювання – регулятор «Вудвард», системою регулювання циркуляційної і циліндричної мастила - і брати участь в загальному процесі автоматичного регулювання режиму роботи дизеля, аж до аварійної зупинки його в разі небезпечного виходу за норму будь-яких контрольованих параметрів, в тому числі в системах підготовки палива і масла, охолодження і т . п.

Система DETS фірми «Норконтрол» (Норвегія) являє собою вимірювальний комплекс, що дає інформацію про систему впорскування палива та процесу згоряння в дизелі у вигляді роздрукованих значень параметрів і графіків. Система використовує два датчики (тиску уприскування палива і тиску в циліндрі) п'єзоелектричного типу. Два магнітні датчики дають інформацію про кут ПКВ і частоту обертання. Додатково встановлюється датчик тиску продувочного повітря. Реєструються такі характерні параметри:p_i, p_c, p_{max}, тиск розширення в точці 40° після ВМТ, момент максимального тиску, град, ПКВ; різниця між найбільшим і найменшим значеннями p_i протягом п'яти ходів поршня. Для візуального контролю будується діаграма тиску стиснення в зоні ВМТ і крива тиску впорскування.

Система PED фірми «Пілстік» (Франція) вперше була встановлена на дизелі 18PC2-5V теплохода«Ренор». За допомогою системи діагностуються середньооборотні дизелі фірми «СЕМТ-Пілстік» серій РС-2, РС-3, РС-4. Діагностичною системою контролюється стан корінних підшипників колінчастого вала і верхнього поршневого кільця, агрегатів турбокомпресора. Датчики системи вимірюють такі параметри: температуру і тиск за ОНВ, температуру охолоджуючої води на вході в ОНВ, тиск повітря за турбокомпресором, положення рейок паливних насосів високого тиску (ТНВТ), частоту обертання ротора турбокомпресора, вібрацію підшипників турбокомпресора з видачею попереджувальних сигналів при підвищеній вібрації за допомогою датчика стану підшипників (безконтактного датчика

переміщення). Датчик дає можливість виявити порушення центрування колінчастого вала. Стан верхнього кільця контролюється індуктивним датчиком «Ніппо» фірми «віброметр».

Система «Віброметр» фірми «Віброметр» (Швейцарія) діагностує такі вузли: ЦПГ, системи упорскування палива, турбокомпресора, поршневих кілець. Діагностична система випробовувалася на дво- і чотиритактних малооборотних дизелях, СОД і ВОД. Діагностична система контролює такі вузли дизеля: поршень (поява стукотів, задираки); клапани, деталі клапанних приводів (розподільний вал, коромисло і т. д.) ТНВД; підшипники (знос), а також такі параметри, як частота і напрямок обертання колінчастого вала,*p*max і характеристики впорскування. У діагностичній системі використовуються п'єзоелектричні датчики, які збирають інформацію про акустичні сигнали, після обробки яких робиться висновок про нормальний або анормальними стані вузлів. П'єзоелектрична система оцінки звукових хвиль «Ніссен» включає п'єзоелектричний акселерометр, який виявляє неузгодженість ротора і знос підшипників турбокомпресора. Стан поршневих кілець контролюється за допомогою датчика «Ніппо». Інформація виводиться на дисплей.

Система МЕКОМ фірми «Статронік» (Норвегія) призначена для діагностування дизелів, турбін, котлів, з її допомогою реєструються наступні параметри: рівень вібрації механізмів, температури підшипників турбін, втулок циліндрів, температура випускних газів, тиск в різних точках газоповітряного тракту.

Сучасні діагностичні системи дизелів контролюють зміну тиску в циліндрах в залежності від часу, кута ПКВ або ходу поршня. Діаграма $p_ц = f$ (ФПКВ) зображується на екрані осцилоскопа і вводиться в пам'ять ЕВМ для подальшого аналізу, в процесі якого встановлюються величини p_i, p_c, p_{max}, кут ПКВ, якому відповідав би максимальний тиск в циліндрі. Значення цих параметрів, а також інших, що мають відношення до робочого процесу (тиск і температура наддувочного повітря, частота обертання колінчастого вала), виводяться або можуть бути викликані на дисплей (табло) пристрої. Так працює прилад NK-2, що входить в діагностичну систему фірми «Аутроніка» (Норвегія),

ACEA (Швеція) і ін. Системи «Комос-D1, -D2, -D3, -D4» фірми MH1 (Японія), що використовують електронно-променеву трубку і систему діалогу, призначені для діагностування головного і допоміжних двигунів. Вимірювані значення порівнюються з еталонними, що зберігаються в пам'яті ЕВМ.

З представленого аналізу існуючих діагностичних систем ДВС можна зробити наступні висновки:

- в даний час кожен виробник СДВЗ в першу чергу стурбований моніторингом параметрів (діагностикою) тільки свого двигуна, універсальні системи моніторингу для двигунів будь-яких моделей не створюються;

- установка спеціалізованих діагностичних комплексів здійснювалася на СДВЗ досить високої потужності, застосовуваних на морських судах; на річкових суднах та суднах змішаного (річка-море) плавання такі системи дотепер не застосовувалися. Технічна діагностика двигунів на судах з класом Річкового регістру зводиться до зняття індикаторних гребінок, теплотехнічного контролю і подальшої «ручний» обробці отриманих результатів судновими механіками, або теплотехнічними партіями. Однак досягнення технічного прогресу і встановлені Урядом України орієнтири вимагають перегляду підходів в області технічної діагностики суднових технічних засобів на внутрішньому водному транспорті, тим більше що прогрес в галузі управління об'єктами СЕУ і діагностики їх технічного стану неминуче вимагатиме переходу організацій за класифікацією на новий рівень реалізації процедур класифікації і огляду суден.

Аналіз розглянутих вище й інших, не описаних в статті, систем дозволяє сформулювати перелік діагностичних параметрів двигунів, необхідних для реалізації алгоритмів безрозбірного автоматичної технічної діагностики (табл. 1).

Проведений авторами аналіз сучасних датчиків, що залишився за рамками цієї роботи, дозволяє зробити висновок про те, що технічних обмеженнь по вимірюванню діагностичних параметрів на сучасному етапі технічного прогресу немає.

Таблиця 1. Перелік діагностичних параметрів двигунів, перспективних для використання в системах моніторингу та діагностики

Що діагностується	Контрольований параметр
Двигун (ефективні показники)	Крутний момент $M_{кpi}$ на фланці двигуна, кНм (потужність, кВт) Витрата палива G_{Ti}, кг / год Частота обертання колінчастого вала n_i, хв-1
Робочий процес	Максимальний тиск циклу p_{maxi}, МПа Швидкість наростання тиску (d_p / d_φ) і, МПа / ° п.к.в. Кут п.к.в φ_{maxi}, відповідний p_{maxi}, ° п.к.в. Температура випускних газів по циліндрах $t_{Гi}$, ° С Тиск в газовипускном трубопроводі $p_{Гi}$, МПа
Система подачі палива	Тиск впорскування палива $p_{ті}$, МПа Циклова подача палива $g_{ці}$, Кг / цикл Кут випередження впорскування палива $\alpha_{н.вi}$, ° п.к.в. тиск $p_{ТПНi}$ за топливопідкачуючим насосом, МПа температура $t_{ті}$ палива перед ПА високого тиску, ° С (якщо є)
Циліндропоршневая група	Тиск кінця стиснення p_{ci}, МПа Витрата масла двигуном $G_{мі}$, Кг / год Вібрація в районі кришок циліндрів (віброшвидкість $v_{ці}$, Мм / с)
Колінчастий вал	Вібрація в районі колінчастого вала (віброшвидкість $v_{кві}$, Мм / с) Температура вкладишів підшипників ковзання або температура ліжок підшипників кочення колінчастого вала $t_{пі}$, ° С
Система змащування і система охолодження двигуна	Тиск масла $p_{мі}$ Температура масла на виході з двигуна $t_{м2i}$, ° С Температура масла на вході в двигун $t_{м1i}$, ° С Температура охолоджуючої рідини на виході з двигуна $t_{ОХ2i}$, ° С Температура охолоджуючої рідини на вході в двигун $t_{Ох1i}$, °С Циркуляція (протока) охолоджуючої рідини
Система управління	час $\tau_{пппі}$ перехідного процесу пуску, з час $\tau_{ппрі}$ перехідного процесу реверсу, з Точність регулювання частоти обертання ε, хв$^{-1}$ Час $\tau_{ппчв}$ перехідного процесу зміни частоти обертання, з
Турбонагнетатель	тиск наддуву p_{ki}, МПа Температура наддувочного повітря t_{ki}, ° С

	Вібрація турбонагнетателя (віброшвидкість $v_{ті}$), Мм / с Частота обертання ротора, $n_{тні}$, Хв$^{-1}$ Тиск перед турбіною $p_{гті}$, МПа
Шкідливі викиди в атмосферу	емісія e_{NOxi} в випускних газах двигуна, г / (кВт · год) емісія e_{COi} в випускних газах двигуна, г / (кВт · год) димність $Д_i$ випускних газів двигуна (коефіцієнт N ослаблення світлового потоку, приведений до шкалою димоміра оптичного типу,%)

В даний час промисловістю випускаються різноманітні датчики, що дозволяють вимірювати параметри робочого процесу найскладнішого для діагностування об'єкта СЕУ - СДВЗ. Для контролю тиску газів в циліндрах найбільш широко застосовуються такі неохолоджувані датчики: тензометричні датчики GT-20 (20A, 21) фірми Autronica A / S; п'єзоелектричні датчики фірми Kistler; оптичні датчики Optrand; ємнісні датчики PS-16 DEPAS. Особливістю зазначених датчиків є широкий діапазон робочих температур - від 40 до 500 ° С. Типовий робочий діапазон вимірюваних тисків 200-250 бар. Для аналізу процесу упорскування палива застосовують датчики тиску, розраховані на роботу при високих імпульсних навантаженнях з максимальним тиском до 2000-3000 бар. Робочий температурний діапазон датчиків тиску палива досягає 150°С. Для вимірювання температури і тиску застосовуються датчики серій Sentry і GT фірми Konsberg. Для вимірювання віброшвидкості можливе використання датчиків типу ДВС-І (ТОВ «Енергогазпрібор»), що мають два незалежні канали вимірювання – канал X і канал Y. Для замірів шкідливих викидів в атмосферу можуть бути використані датчики фірм NGK Spark Plugs і Siemens VDO. Як приклад можна привести інтелектуальний датчик з багатошаровим сенсорним елементом ZrO2, який розроблений спільно з NGK і випускається Siemens VDO. Датчик допускає як пряме вимірювання NOx, так і співвідношення «повітря / паливо». Інтелектуальний датчик включає газовий сенсорний елемент і електронний блок, що генерує три сигналу: NOx, двійковий, лінійний. Дані передаються до ECU двигуна за допомогою шини CAN.

Висновок: На підставі виконаного аналізу можна констатувати, що в даний час рішення задачі технічної діагностики суднових двигунів, а отже, і

інших, менш складних об'єктів СЕУ річкових суден, стає можливим, оскільки сучасні електронні системи управління дозволяють здійснювати безперервний моніторинг технічних параметрів. У зв'язку з цим використання спеціалізованих діагностичних комплексів стає неактуальним, тому що інформація, яка отримана від електронних систем управління двигуном і іншими об'єктами СЕУ, може оброблятися центральним комп'ютером управління або комп'ютером машинного відділення з метою управління та діагностування всієї СЕУ, а не тільки її окремих об'єктів.

igor.khudiakov563@gmail.com
gritsuk_iv@ukr.net
dimon150582@gmail.com

УДК 656.073:338.24.021.4(477)

Шандер О.Е., к.т.н., доц.
Український державний університет залізничного транспорту, Україна

НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ВІЙНИ І ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ

Анотація. *У роботі проаналізовано сучасний стан та виклики для системи інтермодальних перевезень України в умовах воєнного стану. Визначено ключові напрямки трансформації логістичних вузлів для забезпечення стійкості транспортних коридорів. Запропоновано кроки для інтеграції вітчизняної інфраструктури до європейської транспортної мережі в період післявоєнного відновлення.*

Проблематика. Повномасштабна війна призвела до руйнування традиційних логістичних маршрутів, блокування морських портів та значних пошкоджень залізничної та автодорожньої інфраструктури. Основна проблема полягає в обмеженій пропускній спроможності західних прикордонних

переходів та недостатньому розвитку інтермодальних терміналів, здатних швидко адаптуватися до зміни видів транспорту.

Основні матеріали дослідження. Інтермодальні перевезення, що базуються на використанні кількох видів транспорту в одній вантажній одиниці (контейнері), стали критично важливими для виживання економіки України. В умовах війни акцент змістився з морських перевезень на комбінацію «залізниця – автотранспорт». Для удосконалення цієї системи необхідно реалізувати наступні заходи:

- розбудова «сухих портів» - створення мережі мультимодальних терміналів на кордоні з країнами Європейського Союзу, що дозволить нівелювати проблему різниці залізничної колії та пришвидшити перевалку вантажів.
- цифровізація логістики впровадження єдиної електронної накладної (e-CMR) та систем моніторингу вантажів у реальному часі для мінімізації простоїв на митниці.
- гармонізація законодавства - приведення українських стандартів перевезень у відповідність до норм Європейського Союзу (зокрема, щодо габаритно-вагових параметрів та сертифікації контейнерів).

Сучасний стан транспортної системи України вимагає радикального перегляду підходів до організації логістичних процесів, де ключову роль має відіграти розбудова мережі інтермодальних терміналів, відомих як «сухі порти». Створення таких об’єктів безпосередньо на кордоні з країнами Європейського Союзу є стратегічним пріоритетом, оскільки це дозволяє ефективно нівелювати проблему різниці в ширині залізничної колії. Замість тривалого та технологічно складного процесу заміни колісних пар, інтермодальні термінали забезпечують швидку перевалку уніфікованих вантажних одиниць між рухомим складом стандартів 1520 мм та 1435 мм. Це не лише пришвидшує обіг вагонів, а й перетворює прикордонні регіони на потужні логістичні хаби, здатні накопичувати, сортувати та розподіляти вантажопотоки, значно знижуючи

загальну собівартість перевезень за рахунок ефекту масштабу та оптимізації використання транспортних засобів.

Цифровізація логістики через впровадження e-CMR та безпаперового документообігу є основою для створення єдиних транспортних коридорів. Інтелектуальні системи моніторингу в реальному часі забезпечують прозорість ланцюга поставок і мінімізують простої на митниці завдяки завчасному поданню даних. Автоматизація інформаційних потоків усуває бюрократичні бар'єри та вплив людського фактора, що критично важливо для швидкості доставки у воєнний час і підвищення конкурентоспроможності українських перевізників.

Ефективне функціонування інтермодальної системи неможливе без повної гармонізації вітчизняного законодавства із нормами Європейського Союзу. Це передбачає приведення українських стандартів у відповідність до європейських директив, зокрема в частині габаритно-вагових параметрів транспортних засобів та жорсткої сертифікації контейнерного парку. Узгодження технічних вимог дозволяє безперешкодно інтегрувати українську залізницю та автошляхи до транс'європейської транспортної мережі TEN-T. Такий комплексний підхід створює надійне правове підґрунтя для залучення іноземних інвестицій у післявоєнне відновлення інфраструктури, перетворюючи Україну на невід'ємну частину глобальної логістичної карти світу.

Ефективність інтермодального ланцюга визначається синергією технологічних, економічних та часових показників, спрямованих на мінімізацію витрат і підвищення надійності доставки. Основним параметром є тривалість логістичного циклу, що охоплює час транспортування, перевалки та митного оформлення. Оптимізація досягається через синхронізацію графіків руху залізниці й автотранспорту, що зменшує простої в «сухих портах». Комплексна ефективність системи залежить від рівня автоматизації, якості цифрового супроводу та адаптивності логістики до безпекових викликів воєнного часу й стратегії післявоєнного відновлення. Ефективність інтермодального ланцюга можна представити як:

$$T = \sum Ttp + \sum Tпер, \quad (1)$$

де $\sum Ttp$ – час транспортування, $\sum Tпер$ – час перевалки в терміналах.

Математичне вираження ефективності інтермодального ланцюга за часовим критерієм базується на сумуванні всіх часових витрат, що виникають у процесі доставки вантажу від відправника до отримувача. Представлений вираз відображає інтегральний часовий показник, де параметр $\sum Ttp$ охоплює загальну тривалість фізичного переміщення вантажної одиниці магістральними видами транспорту, включаючи залізничне та автомобільне плече логістичного маршруту. Важливо розуміти, що цей показник є динамічним і залежить від швидкості руху транспортних засобів, завантаженості інфраструктури та оперативності перетину державних кордонів. Другий критичний параметр — $\sum Tпер$, що позначає час перевалки в терміналах, — включає в себе не лише безпосередню роботу вантажопідйомних механізмів, а й технологічне очікування, сортування контейнерів, маневрові роботи на залізничних коліях та тривалість документального оформлення вантажу. В умовах розбудови «сухих портів» на кордонах України з Європейським Союзом, мінімізація значення $\sum Tпер$ стає основним інструментом підвищення конкурентоспроможності інтермодального ланцюга. Таким чином, загальна ефективність системи досягається через технологічну синхронізацію обох складових, де скорочення часу перевалки за рахунок автоматизації та цифровізації дозволяє компенсувати можливі затримки при транспортуванні.

Також важливим є інтеграція в систему TEN-T. Використання систем автоматичної зміни ширини колісних пар або активне впровадження платформ для перевезення контрейлерів (автопричепів залізницею) є ключовим для інтеграції в систему TEN-T. Розрахунок економічної доцільності інтермодального маршруту можна представити як:

$$\mathrm{C} = \mathrm{C}_{\text{авт}} \cdot L_1 + C_{\text{зал}} \cdot L_2 + Z_{\text{тер}}, \quad (2)$$

де $\mathrm{C}_{\text{авт}}, C_{\text{зал}}$ — вартість перевезення 1 км авто та залізницею; L_1, L_2 — відстані; $Z_{\text{тер}}$ — витрати на термінальну перевалку вантажу.

Центральним елементом стає розбудова інтермодальних логістичних центрів. На відміну від звичайних складів, вони повинні мати підведені залізничні колії обох стандартів (1520 мм та 1435 мм). Важливим напрямком є впровадження технології «рухомої шосейної дороги» , що дозволяє перевозити вантажні автомобілі на спеціальних залізничних платформах. Це розвантажує автошляхи та вирішує проблему дефіциту водіїв. Ефективність функціонування такого вузла можна описати як:\

$$\mathrm{E} = \frac{\mathrm{Q}}{\mathrm{T}_{\text{тех}} \cdot \mathrm{K}}, \quad (3)$$

де Q— обсяг вихідного вантажопотоку; $\mathrm{T}_{\text{тех}}$ — середній час технологічної обробки однієї одиниці; K — коефіцієнт використання потужності термінала.

Для мінімізації витрат необхідно впроваджувати динамічне моделювання маршрутів. В умовах постійних загроз безпеці, інтермодальна система має бути адаптивною: у разі пошкодження залізничної ділянки вантаж повинен оперативно перевантажуватися на автотранспорт у найближчому вузлі. Собівартість такої адаптивної системи розраховується як:

$$S = \sum_{i=1}^{n} (c_i \cdot l_i) + \sum_{j=1}^{m} Z_j + \Delta R, \quad (4)$$

де c_i — тарифна ставка на і-тій ділянці; l_i — довжина ділянки; Z_j — вартість операцій у j-му терміналі; ΔR — резервний фонд на ризики, пов'язані з воєнним станом.

На етапі відбудови пріоритетом має стати реалізація стратегії "Build Back Better". Це передбачає не просто ремонт доріг, а створення інтелектуальних транспортних коридорів. Важливим кроком є залучення приватних інвестицій у форматі державно-приватного партнерства для будівництва нових терміналів. Очікується, що інтеграція в систему європейських стандартів дозволить Україні збільшити частку інтермодальних перевезень у загальному обсязі з теперішніх 0,5% до середньоєвропейських 15-20%.

Висновки. Розвиток інтермодальних перевезень в умовах війни перестав бути лише питанням економічної ефективності, перетворившись на інструмент стратегічного виживання. Удосконалення системи потребує синергії технологічних рішень (сухі порти), цифрових інструментів (e-CMR) та законодавчих змін. Післявоєнне відновлення має базуватися на принципах безшовної логістики, що забезпечить повну сумісність української транспортної мережі з транс'європейською транспортною мережею TEN-T.

o.e.shander@gmail.com

СЕКЦІЯ 2
ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ ТА БЕЗПЕКА ПЕРЕВЕЗЕНЬ

UDC 656.61.08:159.9

Kyrychenko K.
Kherson State Maritime Academy

STRESS REACTIONS AND SHIPPING SAFETY: FEATURES OF DECISION-MAKING BY CADET SAILORS

Abstract. *This paper analyzes the impact of safety factors and various training methods on the quality of decision-making by navigators under stress based on the results of experimental studies. The study is based on the use of full-scale navigation simulators to assess cognitive load, stress level, and effectiveness of cadets' actions in complex navigation scenarios.*

Issues. Statistics show that approximately 85% of maritime accidents, such as collisions and groundings, are caused by human error, with poor decision-making being a key factor. Maritime activities are inherently stressful due to high uncertainty, task complexity and peak workloads, which negatively impact seafarers' health and safety behavior [1].

Main research materials. Conceptually, the process of navigation is considered within the dynamic system "ship-man-environment". In situations of peak workload and high uncertainty, the ability of the sailor to integrate data from radars into an adequate plan of action is key to the survival of the ship. Understanding the nature of errors requires a transition from static descriptions to the analysis of theoretical models according to which navigators operate in real time.

Stress in maritime navigation is not simply a psychological state; it adapts the decision-making mechanisms themselves, forcing the brain to switch to more conservative strategies. High stress activates physiological responses that can both mobilize and block the ability to deep analysis [2].

The works [3-6] present research on maritime safety problems, in particular the influence of the human factor, crew discipline and methods of risk assessment in maritime transport. Approaches to hazard prediction, systematic risk analysis and the implementation of preventive measures to increase the level of shipping safety are considered.

The study [7] analyzed the influence of psychological characteristics of cadet sailors, in particular resilience, self-efficacy and risk-taking, on the effectiveness of task performance on ship simulators, which made it possible to establish a connection between the optimal configuration of these qualities and high results of professional training.

In critical situations at sea, classic analytical models based on linear weighting of all options often prove unsuitable due to time constraints. Instead, experts rely on naturalistic decision-making.

In the maritime context, four main types of cognitive strategies are distinguished:

- rule-based: use of regulations (priority for inexperienced cadets);
- analytical: comparison of alternatives;
- creative: development of new solutions for non-standard problems (often associated with high risk);
- intuitive: instant reaction based on experience.

Of particular interest is the “safety paradox under stress,” which is that as the complexity of the scenario and the level of stress increase, navigators tend to be overly conservative. As a result, safety becomes an absolute priority and manifests itself in a narrowing of the permissible limits of risk. And a return to a “rule-based” model of action, in particular, strict adherence to the planned route, serves as a way to reduce cognitive load under overload conditions.

A pattern was found that in “comfortable” conditions, cadet navigators allowed themselves significant deviations from the route, considering it a manifestation of “creativity”. In difficult sailing conditions, they demonstrated perfect accuracy in

adhering to the red line of the route. This is direct evidence that in stressful conditions, following the “rules” becomes the safest cognitive support.

Artificial intelligence tools were used in the writing.

Conclusions. The study confirmed that safety factors have a critical impact on the decision-making process: increasing the complexity of the situation forces shipowners to narrow the boundaries of acceptable risk. It was found that the quality of decision-making at sea is derived from the depth of the formed cognitive patterns. To improve psychological reactions to stress, it is recommended to pay attention to the assessment of the “quality of thinking” and skills to calm down during training, which will allow preparing seafarers who are able to act effectively in conditions of the highest uncertainty.

References

1. Xue H., Røds J., Batalden B. The impact of safety factors on decision-making in maritime navigation // Human Factors in Transportation. 2023. DOI: 10.54941/ahfe1003950.

2. Xue H., Røds J., Haugseggen Ø., Christensen A., Batalden B., Gudmestad O. A study on the effects of rapid training method related to ship handling in decision-making skills under stressful situations // Journal of Navigation. 2024. Vol. 77. P. 395–414. DOI: 10.1017/S0373463324000213.

3. Oleksii Reva, Vasyl Cherniavskyi, Pavlo Mamenko, Kostiantyn Kyrychenko. Forecasting the Impact of Indiscipline among Cadets-Sailors on Maritime Safety and Proactive Ways of its Correction. In: Leder Horina, J., Kovačević, D., Jurčević Lulić, T., Lovrenić-Jugović, M. (eds) Proceedings of the 10th International Ergonomics Conference. ERGONOMICS 2024. Springer Series in Design and Innovation, vol 53, pp. 312–319, Springer, Cham.

4. Маменко П.П., Рева О.М., Кириченко К.В. Напрями застосування моделей системного виявлення впливу людського чинника на безпеку мореплавства. Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту» – Ізмаїл. ДІ НУ «ОМА», 8-9 грудня 2023 р.: – С. 293-298.

5. Маменко П. П., Рева О. М., Кириченко К.В., Носов П. С. Розуміння ефективної оцінки ризику на морському транспорті, Проблеми сталого розвитку морської галузі (PSDMI – 2024) [Збірник матеріалів IV Міжнародної науково-практичної конференції (28–29 листопада 2024 р., м. Херсон)]. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2024. – С. 162-165.

6. Маменко П. П., Рева О. М., Кириченко К.В. Ідентифікація, аналіз та оцінки ризиків на морському транспорті. Сучасні підходи до високоефективного використання засобів транспорту: матеріали XV Міжн. наук.-практ. конф. Ізмаїл, 6-7 грудня 2024 р. – Запоріжжя: АА Тандем, 2024. – С. 48-52.

7. Piotrowski A., Sygit-Kowalkowska E., Królikowska I., Suchocka A. Resilience, sense of self-efficacy, and risk-taking in the context of task performance during ship simulator training // Current Issues in Personality Psychology. 2025. DOI: 10.5114/cipp/204038.

kvklecturer@gmail.com

UDK 629.463.001.63

Fomin O.V., Doc.of Tech.Scien., Professor,
National Transport University
Burlutskyi O.V., Ph.D., Associate Professor,
National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute
Klymash A.O., Ph.D., Associate Professor,
Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

ANALYSIS OF TRENDS IN THE EVOLUTION OF GOODS VEHICLES BASED ON TIME-SERIES FORECASTING OF PATENT DATA.

Abstract. The paper examines methodological approaches to forecasting the development of freight wagon structures based on the analysis of patent data time series. It is substantiated that patent information is the most valuable material for forecasting technical systems due to its specificity, novelty, reliability, and concentration of data on technical essence. The study analyzes modern methods of patent information processing, including topic modeling (LDA), network analysis, and time series forecasting (ARIMA). An improved procedure for forecasting the number of patent applications is proposed based on an econometric model that accounts for R&D expenditures, intellectual capital, the number of research personnel, the qualitative level of innovations, and the level of intellectual property protection. The critical quality level of innovation (q), above which patenting becomes economically viable, is substantiated. The practical value lies in the possibility of using the developed model to formulate scientific and technical strategies for freight wagon manufacturing enterprises and identify priority areas for rolling stock modernization.

Research issues. The current development of transport engineering imposes increased requirements on the technical level and competitiveness of freight wagons. Patent information is a unique data source for forecasting technical development due to its systematic nature, chronological completeness, and detailed classification according to the International Patent Classification (IPC).

The issues of forecasting the technical level of railway transport objects are addressed in many studies. In [2], an analysis of patenting dynamics of gondola car bodies over a 20-year period is presented. In [3], the LDA algorithm is applied for topic modeling of patent data related to piggyback transportation systems.

The aim of the study is to develop methodological approaches and an econometric model for forecasting trends in the development of freight wagon structures based on the analysis of patent data time series, considering the qualitative level of innovations and institutional factors of patent protection.

Patent information is the most valuable material for forecasting technical systems due to its specificity and reliability. Mathematical methods for analyzing the patent fund make it possible to assess trends in the development of a technical object. The analysis of patent data time series allowed drawing conclusions about trends in materials and construction: lightweight composites and alloys, modularity (“body-constructor”), digitalization, and automation.A mathematical model for determining the number of patent applications is proposed [4,5]:

$$P_i = \alpha \cdot R_i^{\beta_1} \cdot S_i^{\beta_2} \cdot L_i^{1-\beta_1-\beta_2} \cdot F_i \quad (1)$$

The critical quality level of innovations (q) is determined by the equation[5]:

$$q^* = \ln\left(\frac{r \cdot C}{\theta \cdot \pi_i}\right) \quad (2)$$

The forecasted number of patent applications is ≈ **409** .

Table 2 presents the calculated values of $F_i(q)$ and $P_i(q)$ for the analysis of the influence of the qualitative level of innovations q on the number of patent applications in the range of q from –6 to 0 with a step of 1.

Table 2 Analysis of the influence of the qualitative level of innovations q on the number of patent applications

q	$\exp(q)$	$F_i = \left(\frac{rC_i}{\theta_i \pi_i} \cdot \exp(q)\right)^{-\psi}$	P_i
-6,0	0,00248	27,36	722
-5,0	0,00674	20,08	530
-4,0	0,0183	14,74	389
-3,0	0,0498	10,82	286
-2,0	0,1353	7,94	210
-1,0	0,3679	5,83	154
0,0	1,0000	4,28	113

The graph in Fig. 2 shows an inverse exponential relationship: as the quality of innovations q increases, the number of patent applications P_i decreases, since there are objectively fewer high-quality innovations, but each has greater practical value.

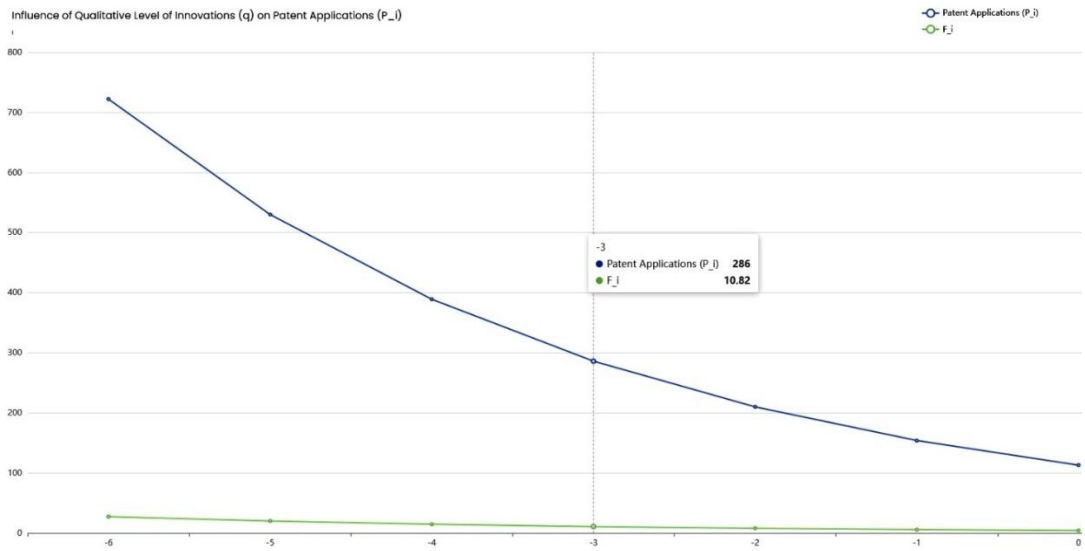


Fig. 2. Dependence of the forecasted number of patent applications of transport structures P_i on the qualitative level of innovations q

Conclusions. The conducted analysis demonstrates that the current development of wagon building is characterized by a shift from extensive strength enhancement to intensive improvement of technical and economic parameters. Technological progress is manifested in the creation of wagons with increased axle loads (25 and 27 tf), the improvement of running gear, and the transition to modular design. Patent activity in recent decades indicates a transition to securing complex technological platforms combining lightweight materials, integral architecture, and embedded electronics. The promising direction is the further intellectualization of structures and the expansion of composite materials.

References

1. Fomin, O. V., & Burlutsky, O. V. (2013). Prediction trends exterior designs gondola by analyzing arrays infringement. TEKA, 13(3), 51–55.

2. Jun, S., Han, S., & Kim, S. (2020). Technology development strategy of piggyback transportation system using topic modeling based on LDA algorithm. Journal of The Korea Society of Computer and Information, 25(12), 261–270.

3. Eaton, J., & Kortum, S. (1996). Trade in ideas: Patenting and productivity in OECD. Journal of International Economics, 40(3–4), 251–278.

4. Abdih, Y., & Joutz, F. (2005). Relating the knowledge production function to total factor productivity: An endogenous growth puzzle. IMF Working Paper.

5. Фомін, О.В., Бурлуцький О.В., Климаш А.О., Прохоров В. М.,Шелест С. М. Дослідження тенденцій розвитку вантажних транспортних конструкцій шляхом прогнозування часових рядів патентних даних, Науковий журнал Системи та технології, Випуск. № 2, 2026. С. 186-190.

fominaleksejviktorovic@gmail.com

Oleksij.Burlutskyi@khpi.edu.ua

klimash@snu.edu.ua

УДК 629.4

Бондаренко В.В., к.т.н., доц., Черняєв Р.І., студент,
Цидибрага Г.К., студент, Водоп'ян О.В., студент
Український державний університет залізничного транспорту, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА

Анотація. *У роботі розглянуто проблему підвищення пожежної безпеки пасажирських вагонів шляхом удосконалення системи автоматичної пожежної сигналізації. Проаналізовано обмеження існуючих систем, що базуються на контролі двох параметрів - температури та задимленості, та запропоновано додаткове використання багатопараметричних сенсорів контролю якості повітря (VOC, CO_2). Розроблено алгоритм функціонування системи, що забезпечує підвищення ефективності раннього виявлення пожежної небезпеки та зменшення кількості хибних спрацювань.*

Проблематика. Проблема забезпечення пожежної безпеки на залізничному транспорті набуває особливої актуальності в умовах воєнного стану, зростання обсягів перевезень та підвищення вимог до безпеки руху поїздів. Пожежі у пасажирських вагонах становлять підвищену небезпеку через замкнений простір, високу щільність перебування пасажирів, наявність горючих матеріалів, прокладену електричну проводку під обшивкою та наявність різного електрообладнання, що сприяє швидкому займанню та поширенню продуктів горіння у вагоні. Аналіз статистичних даних міжнародних організацій свідчить про тенденцію до зростання кількості пожежних інцидентів на залізничному транспорті, що призводить до значних матеріальних збитків та створює загрозу життю і здоров'ю пасажирів [1]. Основними причинами виникнення пожеж є зношеність електрообладнання, використання застарілих систем пожежної сигналізації, недосконаліть засобів раннього виявлення пожеж та людський

фактор. Існуючі вітчизняні пасажирські вагони переважно оснащуються приладами приймально-контрольними пожежними (ППКП) («ПРОМЕТЕЙ-05», «ПРОМЕТЕЙ-07») [2]. Вони працюють спільно з комбінованими пожежними сповіщувачами «АГАТ», призначеними для визначення місця виникнення пожежі у вагоні. Датчики сповіщувачів працюють за двома контрольними параметрами: дим і температура. Однак датчики не дозволяють виявляти небезпечні зміни газового складу повітря на ранніх стадіях виникнення пожежі, що знижує ефективність системи та може призводити до запізнілого реагування системи контролю.

Основні матеріали дослідження. Метою роботи є підвищення ефективності системи раннього виявлення пожежної небезпеки у пасажирських вагонах шляхом удосконалення автоматичної пожежної сигналізації на основі інтеграції багатофункціональних сенсорів контролю якості повітря (VOC, CO_2), які забезпечують багатопараметричний аналіз повітряного середовища та своєчасне виявлення пожежонебезпечних процесів.

Наукова новизна полягає у розширенні функціональних можливостей традиційної системи автоматичної пожежної сигналізації за рахунок використання багатопараметричного контролю якості повітря у пасажирському вагоні.

У роботі проведено аналіз сучасних технічних рішень у сфері пожежної безпеки пасажирських вагонів. Встановлено, що традиційні системи на базі приладів (ППКП) («ПРОМЕТЕЙ-05», «ПРОМЕТЕЙ-07») у поєднанні з датчиками «АГАТ» не повною мірою забезпечують достатній рівень раннього виявлення пожежонебезпечних процесів, оскільки орієнтовані лише на контроль двох параметрів - температури та задимленості.

Запропоновано удосконалення системи автоматичної пожежної сигналізації шляхом інтеграції додаткових сенсорів контролю якості повітря. До складу системи входять:

- датчики температури та диму (традиційні);

- датчик концентрації летких органічних сполук (VOC) та вуглекислого газу (CO_2) (додатково);

- модуль обробки сигналів;

- виконавчі пристрої (сигналізація, примусова вентиляція).

Сигаретний дим, як один із факторів ризику у пасажирських вагонах, є складною багатокомпонентною сумішшю, що містить леткі органічні сполуки, аерозольні частинки та газові домішки. Найбільш чутливим індикатором його наявності є VOC, концентрація яких зростає на ранніх стадіях процесу. Використання сенсорів VOC дозволяє ефективно виявляти появу тютюнового диму навіть за відсутності значного задимлення.

Як сенсор контролю якості повітря запропоновано використання газового датчика типу CCS811 (рис.1), принцип роботи якого базується на зміні опору напівпровідникового елемента (MOX) залежно від концентрації летких органічних сполук у повітрі. Датчик забезпечує вимірювання концентрації летких органічних сполук (VOC) та оцінку еквівалентної концентрації вуглекислого газу (eCO_2) у широкому діапазоні значень, має низьке енергоспоживання та може бути інтегрований у бортову систему вагона.

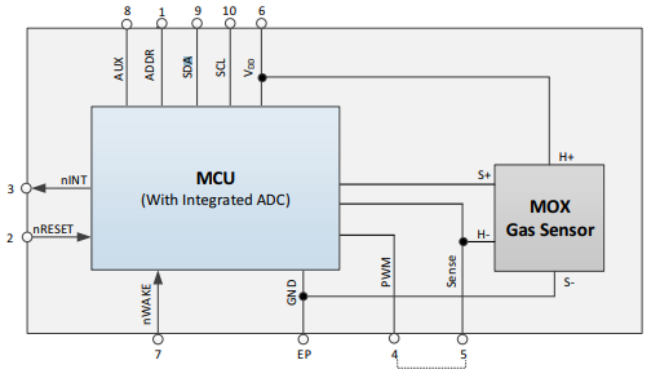


Рисунок 1 – Внутрішня схема датчика CCS811 для контролю якості повітря у пасажирському вагоні

Алгоритм функціонування системи базується на багатопараметричному аналізі стану повітряного середовища та включає:

- безперервний збір даних із сенсорів;
- порівняння отриманих значень із пороговими;
- аналіз комбінацій параметрів;
- формування сигналу про небезпечний стан;
- активацію виконавчих пристроїв (вентиляції, сигналізації).

У разі виявлення підвищених концентрацій продуктів горіння або інших небезпечних змін у повітрі система забезпечує автоматичне включення сигналу тривоги у службовому купе провідника та примусової вентиляції при небезпечній концентрації CO_2.

Для оцінки пожежонебезпечного стану вагона доцільно використовувати порогово-логічний принцип контролю параметрів повітряного середовища. Кожен параметр порівнюється з відповідним граничним значенням:

$$A = \begin{cases} 1, & C_{VOC} \geq C_{VOC}^{max} \vee C_{CO_2} \geq C_{CO_2}^{max} \vee T \geq T^{max} \vee S \geq S^{max} \\ 0, & \text{інакше} \end{cases} \quad (1)$$

де A - сигнал пожежонебезпечного стану (0 - відсутній, 1 - наявний);

C_{VOC} - концентрація летких органічних сполук (англ. Volatile Organic Compounds, VOC) у повітрі вагона, зокрема продуктів тління матеріалів, сигаретного диму та інших органічних домішок;

C_{CO_2} - концентрація вуглекислого газу у повітрі вагона, ppm;

T - температура повітря у вагоні, °C;

S - рівень задимленості повітря (оптична щільність диму);

C_{VOC}^{max}, $C_{CO_2}^{max}$, T^{max}, S^{max} - граничні значення відповідних параметрів, при перевищенні яких формується сигнал небезпеки.

Концентрація CO_2 використовується як додатковий показник стану повітряного середовища та ефективності роботи системи вентиляції.

Застосування багатофункціональних сенсорів дозволяє підвищити чутливість системи та забезпечити більш раннє виявлення пожежонебезпечних

процесів порівняно з традиційними системами. За результатами досліджень, використання багатопараметричних сенсорів дозволяє підвищити ефективність систем раннього виявлення пожеж на 35–40 %. Економічний ефект від впровадження запропонованої системи полягає у зниженні ризику виникнення пожеж та скороченні матеріальних збитків. За оцінками, модернізація систем пожежної сигналізації дозволяє зменшити економічні втрати на 25–30 % [1].

Таким чином, запропоновані технічні рішення забезпечують підвищення ефективності систем раннього виявлення пожеж у рухомому складі залізниць та сприяють підвищенню рівня безпеки пасажирських перевезень.

Висновки. У результаті проведеного дослідження встановлено, що існуючі системи автоматичної пожежної сигналізації пасажирських вагонів мають обмежені можливості щодо раннього виявлення пожежної небезпеки. Запропоновано удосконалену систему пожежної сигналізації на основі інтеграції багатофункціональних сенсорів контролю складу повітря, що забезпечує підвищення чутливості системи та своєчасне виявлення пожежонебезпечних процесів. Доведено, що використання сенсорів VOC та CO_2 дозволяє здійснювати більш ефективний контроль стану повітряного середовища пасажирського вагона та виявляти небезпечні зміни на початкових стадіях.

Список використаних джерел

1. Лапін П. В. Забезпечення економічної безпеки підприємств залізничного транспорту на основі управління пожежними ризиками: автореф. дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04. Дніпро, 2019. 20 с.

2. Мартинов І. Е., Бондаренко В. В., Ловська А. О. Забезпечення пожежної безпеки у вагонах пасажирських поїздів : навч. посіб. - Харків : УкрДУЗТ, 2022. - 119 с.

e-mail авторів: bonvya@ukr.net

УДК629.463.65:621.863; 656. 211.7 :656. 073. 2+656. 073. 851

Візняк Р.І., к.т.н., доцент

Український державний університет залізничного транспорту (м.Харків)

РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ПІВВАГОНА НОВОГО ПОКОЛІННЯ З ГЛУХИМ КУЗОВОМ, ПРИ РОЗВАНТАЖЕННІ НА СТАЦІОНАРНОМУ РОТОРНОМУ ВАГОНОПЕРЕКИДАЧІ

Анотація. *Принцип розвантаження самого затребуваного, не тягового рухомого складу залізниць, саме напіввагонів (НПВ) способом перекидання, - було введено на промислових підприємствах ще у минулому столітті, під час інтенсивної індустріалізації за німецьким досвідом, та постачанням цієї техніки, і у теперішній час успішно здійснюється за допомогою спеціальних технічних пристосувань – стаціонарних вагоноперекидачів роторного типу (СРВП) [1]*

Проблематика. Існуючий парк НПВ вимагає негайного оновлення через фізичне та моральне старіння (більша частина конструкцій була спроектована ще півстоліття тому) виникає необхідність створення лінійки діючих НПВ нового покоління, що відповідають сучасним вимогам вантажного перевізного процесу і задовольняють сучасні економічні потреби.

Основні матеріали дослідження. НПВ нового покоління зображений на рисунку 1.

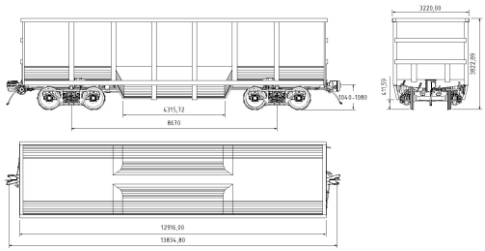


Рисунок 1 – Загальний вигляд НПВ нового покоління з глухим кузовом, згідно [2]

При розрахунках міцності НПВ спочатку проводилося математичне моделювання та складання диференціальних рівнянь, щодо визначення динамічних зусиль при розвантаженні на СРВП. Для забезпечення міцності кузова при розвантаженні був обраний II додатковий режим з урахуванням динамічної складової, отриманої при вирішенні диференціальних рівнянь руху, при якому моделюється закінчення вугілля, при повороті - перекиданні НПВ. Горизонтальні і вертикальні навантаження, що рівномірно прикладені по всієї ширині верхнього обв'язочного поясу по довжині притискання верхніх упорів, не менш, ніж на 800 мм в середній частині прольоту поясу, поміж шкворневими і проміжними стійками. Розрахункова поперечна горизонтальна сила приймалась рівною $0,25q_в$. Прискорення, що діє на кузов, від процесу *закінчення* вугілля з вагону приймалося рівним 12,5 м/с^2. Враховувались найбільш несприятливі умови, коли насипний вантаж перебуває у монолітному стані, наприклад при змерзанні, і тиск на бокову стіну здійснюється з найбільшою величиною сили. При повороті кузова на кут 90^o, боковая стіна (обшивка і вертикальні стійки) сприймають максимальне вертикальне навантаження в результаті тиску сипучого середовища. На відміну від серійних НПВ, де відстань поміж кутовими стійками торцевої стіни по ширині значно менше, ніж в проміжних стійках і, консольні частини бокової стіни не прилягають до привалочної плити (ПП). В НПВ, що проектується, бокова стіна прилягає всією площиною до ПП, за рахунок однакової висоти перерізів всіх вертикальних стійок. При розвантаженні на СРВП. З аналізу розрахункових протоколів, при розвантаженні на СРВП (Рисунок 2) - найбільші напруження припадають на бічну стіну, з боку вивантаження, де значення досягають 175 МПа. Гладкі листи обшивки і середні вертикальні стійки сприймають максимальні напруження. Менші навантаження сприймають хребтова і кінцеві балки рамы, шкворневі і поперечні балки рами

сприймають напруження до 120 МПа. Торцеві стіни, бокова стіна з протилежної сторони при вивантаженні, а також поздовжні допоміжні балки не сприймають напружень, більше ніж 50 МПа.

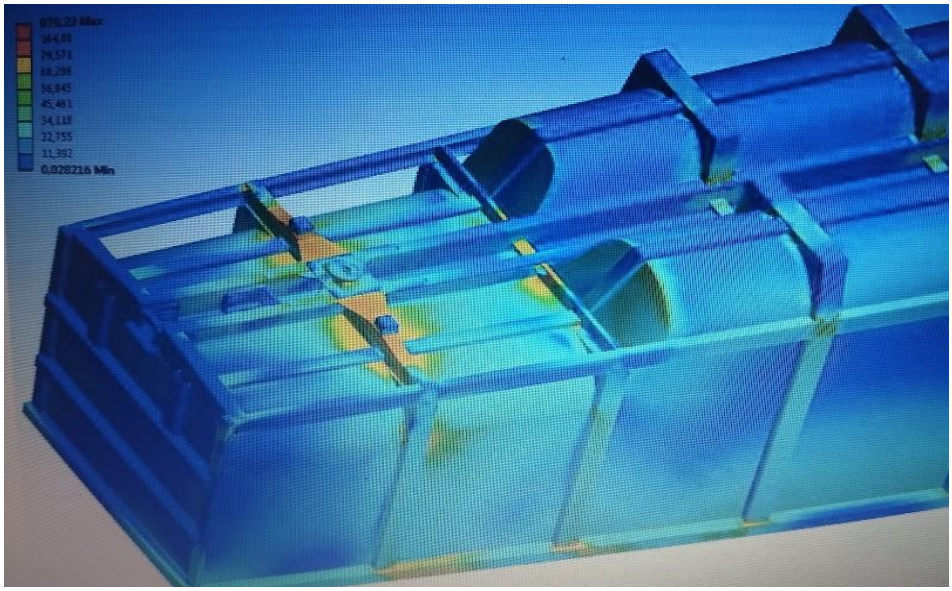


Рисунок 2 – II розрахунковий режим, розвантаження на СРВП. Насипний вантаж (НВ), вугілля 82 т (804,42 кН). Вид знизу. Розподілення напружень у кузові НПВ

Висновки. При розрахунку для II додаткового режиму, який характерний для розвантаження на СРВП, найбільші напруження приходяться на бокову стіну, в районі гладкої обшивки, а також в вертикальних стійках, згідно [3-5]

Список літератури

1. Візняк Р.І., Бондаренко В.В. Вивантаження з залізничних напіввагонів насипних вантажів удосконаленим способом перекидання / Збірник наукових праць УкрДУЗТ, 2025, вип. 212, 208-216С. https://csw.kart.edu.ua/article/view/336410

2. Візняк Р.І. Конструкційні особливості піввагона з глухим кузовом нового покоління, – с.148-151. / XVII Міжнародна науково-технічна конференція «Нові матеріали і технології машинобудуванні-2025»: матеріали науково-технічної конференції, 25-26 вересня 2025 р., Київ / загальна редакція Р. В. Лютий. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. https://metalcasting-proc.kpi.ua/article/view/348917 (дата звернення: 06.05.2026).

3. ДСТУ ГОСТ 22235: 76:2010:2015 Вагони вантажні магістральних залізничних доріг колії 1520 мм. Загальні вимоги щодо забезпечення збереження під час завантажувально-розвантажувальних та маневрових робіт (ГОСТ 22235-2010, IDT) [Чинний від 2010-11-12]. Вид. офіц. Київ, 2015. 24 с. URL: https://docs.cntd.ru/document/1200082560 (дата звернення: 16.05.2021).

4. Візняк, Р. І. Проектування перспективного піввагона нового покоління підвишенної вантажопідємності з припустимим осьовим навантаженням 25— 27т. [Текст] / Р.І. Візняк, І.В. Чепурченко // Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту: міжнар. наук.–техн. конф.. — Дніпропетровськ : ДІІТ, 14— 15 Квітня 2012.— 67 с.

5. Пат. 72360 Україна, № 72360 МПК[7] B61F 1/00, B61D 3/00 . Піввагон з глухим кузовом: Пат. 72360 Україна, № 72360 МПК[7] B61F 1/00 / І.В. Чепурченко І.В., Візняк Р.І. (Україна); УкрДАЗТ. №201203065; Заявл. 16.03.2012. Опубл. 10.08.2012.Бюл. №6. – 9 С.

УДК 629.424.1:621.436

Віценюк Ю.В., студ., Лабуда М.Р., студ., Фалендиш А.П., проф.

Національний університет "Львівська Політехніка"

ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВОЗА М62 ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДИЗЕЛЯМИ CAT АБО EMD

***Анотація**. У даній роботі був виконаний аналіз стану тепловозів М62 в Україні та варіанти їх модернізації у світі. По запропонованій методиці були визначені основні показники та тягові характеристики тепловозів М62 з дизелям CAT та EMD.*

Проблематика. Залізничний транспорт України відіграє значну роль в державній економіці. Він складає основу транспортної систему країни і покликані забезпечити якісне, повне і своєчасне задоволення потреб населення і господарства по перевезенням. Але у той же час парк рухомого складу Укрзалізниці характеризується значним ступенем зношування.

В умовах військової агресії проти України, значною мірою страждає рухомий склад, зокрема через часті обстріли зменшується його кількість. Однак це не знімає гостроти питання забезпечення залізниць України тяговими засобами для перевезення вантажів та пасажирів в умовах військової агресії. Весь інвентарний парк вантажних тепловозів серії М62 в нашій країні експлуатується поза межами нормативного 20-річного терміну служби. Штатні дизельні двигуни типу 14Д40 вичерпали свій моторесурс, морально застаріли, зняті з виробництва та генерують від 50% до 70% експлуатаційних відмов тепловоза.

На сьогодні одним з головних напрямів при вирішенні проблем забезпечення залізниць тяговим рухомим складом є його оновлення за рахунок виконання капітальних ремонтів з продовженням терміну їх служби або їх комплексна модернізація. Модернізація передбачає встановлення нових сучасних силових енергетичних установок, енергозаощаджуючого обладнання та систем керування. Можливість модернізації обґрунтовується ще тим, що базові частини тепловозів М62 виробництва «Луганськтепловоз» проектувалися зі значним запасом міцності і терміну служби і можуть служити до 50 років будучи основою для модернізованих локомотивів.

В умовах військової агресії та потреби у стабільних перевезеннях, комплексна модернізація тепловозів М62 із встановленням нових енергетичних установок є найефективнішим шляхом оновлення тягового потенціалу.

Шлях модернізації старих локомотивів не є новим і для країн ЄС. Особливих успіхів у цьому досягнула Польща, де експлуатується значна кількість тепловозів даної серії. Не маючи власних потужностей по виробництву тепловозів, поляки пішли шляхом модернізації старих локомотивів, розробивши ряд оригінальних проектів. Входження Польщі до ЄС і ускладнення правил допуску локомотивів до експлуатації поставило перед польськими конструкторами задачу дотримання європейських вимог у процесі проведення модернізації. І з цією задачею наші сусіди справились, а окремі серії

модернізованих тепловозів серії М62 отримали сертифікат акредитації у Європейському Залізничному Агентстві. Досвід Польських державних залізниць і приватних перевізників може бути взятий за основу і при модернізації вітчизняних локомотивів серії М62, яких багато експлуатується на залізницях України. Зокрема в локомотивному депо Ковель уже була проведена модернізація цих тепловозів по польському проєкту [1-3].

Основні матеріали дослідження. Для підтвердження ефективності модернізації було виконано розрахунок параметрів для базового тепловоза М62 (дизель 14Д40, потужність 1472 кВт) та двох проектних рішень: із застосуванням двигуна CAT-3512B (1455 кВт) та двигуна EMD16-645 (2208 кВт) по відомій методиці, яка викладена в роботі [4].

На першому етапі визначались основні параметри тепловозу. Тягові розрахунки дозволили визначити дотичну потужність та розрахункову дотичну силу тяги. Для тепловоза з потужнішим дизелем EMD16-645 розрахункова дотична потужність досягає $N_к = 1657{,}10$ кВт при силі тяги $F_{кр} = 238{,}62$ кН. У проектному варіанті з дизелем CAT-3512B ці показники склали 1093,94 кВт та 196,91 кН відповідно. Визначена мінімальна зчіпна вага в обох випадках задовольняє умови зчеплення коліс з рейками, що забезпечує впевнений рух на розрахунковому підйомі без буксування. Параметри тягового редуктора були взяті з базового тепловоза

На другому були розраховані та побудовані електромеханічні характеристики тягових електродвигунів (ЕД-118 та ЕД-118А) та електротягові характеристики колісно-моторного блоку. На третьому етапі були розраховані тягові характеристики модернізованих та базового тепловозів М62, на які накладено обмеження по пусковому та тривалому струму генератора, а також по зчепленню (рис.1).

а) б)

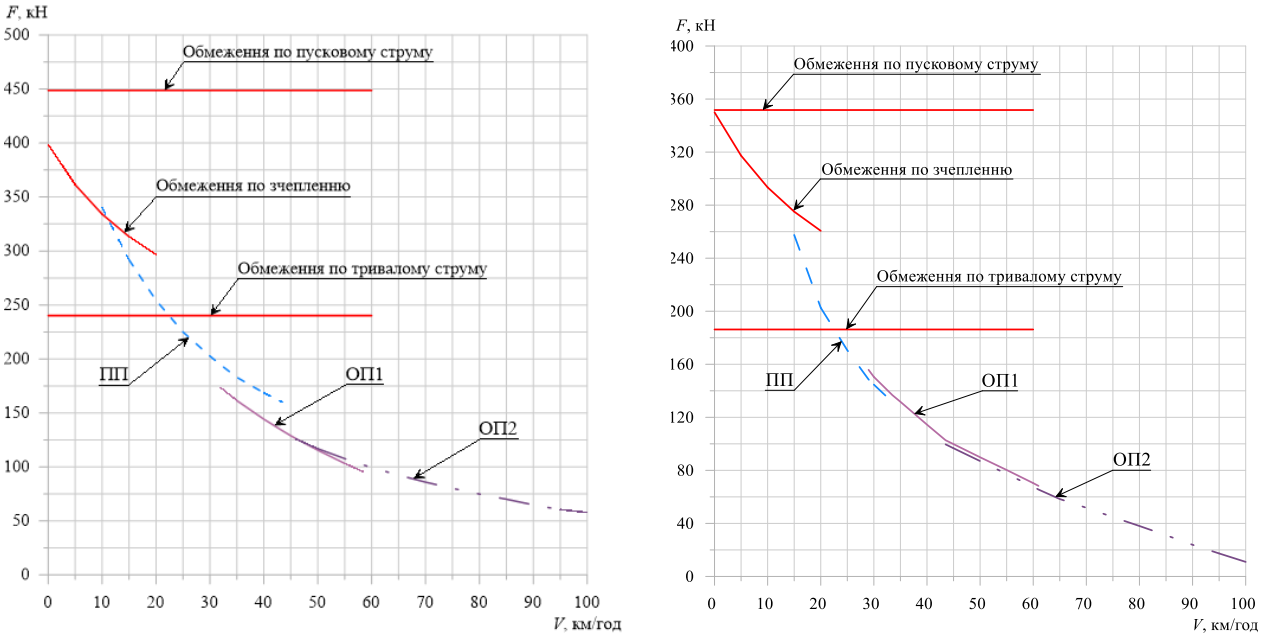


Рисунок 1 - Результати розрахунку тягових характеристик проектного тепловоза М62 із дизелем: а) EMD16-645, б) CAT-3512B.

На четвертому етапі були розраховані та побудовані техніко-економічні характеристики тепловозів з різними дизелями. На п’ятому етапі було проведене повздовжнє розважування модернізованих локомотивів, яке підтвердило дотримання вимог до навантажень: наприклад, різниця навантаження від колісних пар на рейки для переднього і заднього візків тепловоза з дизелем CAT-3512B склала лише 0,756%, що є значно кращим за нормативні межі (≤ 3%). Але, тепловоз із дизелем EMD-645 та базовий тепловоз дану умову не пройшли. Тому, по визначеним показникам для обох локомотивів в подальшому необхідно зробити уточнюючі розрахунки по кріпленню дизеля на раму тепловоза.

Висновки. Аналіз стану тепловозів М62 показав, що всі вони виробили свій ресурс і потребують модернізації новими дизелями. А враховуючи, що частина їх пошкоджена ворогом, то актуальність теми модернізації становиться на перше місце. Розглянуті різні варіанти модернізації тепловозів М62, особлива увага приділена Польщі, яка досягла значних успіхів в цьому питанні.

Проведені дослідження та розрахунки показали, що комплексна модернізація тепловозів серії М62 новими силовими установками (EMD16-645 або CAT-3512B) є технічно вивіреною та економічно доцільною.

Література

1. Укрзалізниця оцінила новий модернізований тепловоз серії М62 з використанням силового обладнання «Дженерал Моторс» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.uz.gov.ua/press_center/latest_news/archive/main_2011/page-3/310481/

2. «Укрзалізниця» продовжує модернізацію існуючого парку локомотивів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.unian.ua/economics/transport/720874-ukrzaliznitsya-prodovjue-modernizatsiyu-isnuyuchogo-parku-lokomotiviv.html

3. Гатченко В.О. Прогнозування експлуатаційних показників модернізованих тепловозів М62 [Текст] / В.О. Гатченко, Д.А. Іванченко, А.П. Фалендиш // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля / Науковий журнал. –Сєвєродонецьк, ПП «Поліграф-сервіс», 2017. -№4 (234). –С.76-80.

4. Боднар, Б. Є., Нєчаєв Є. Г., Бобир Д. В. Теорія та конструкція локомотивів. Основи проектування [Текст]: підручник для ВНЗ залізнич. трансп. / Б. Є. Боднар, Є. Г. Нєчаєв, Д. В. Бобирь. – Дніпропетровськ: ПП «Ліра ЛТД», 2010. – 360 с.

uravicenuk@gmail.com
labudamihajlo@gmail.com
faphiit@gmail.com

УДК 629.4.027.3: 621.9.048

Воробйов О.В., аспірант, Ігнатов Д.В., аспірант

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

РАЦІОНАЛЬНІ СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС ПРИ НАДНОРМАТИВНОМУ ЗНОСІ ГРЕБЕНЯ

Анотація. *Дослідження присвячено розробленню комплексного техніко-економічного підходу до вибору раціонального способу відновлення коліс залізничного рухомого складу в умовах критичного підрізу гребеня. На основі запропонованих інтегральних критеріїв виконано порівняльну оцінку ефективності стандартного обточування, часткового*

перепрофілювання та наплавлення з урахуванням втрат металу і витрат життєвого циклу. Встановлено, що при наднормативному зносі традиційні методи втрачають економічну доцільність, тоді як технологія наплавлення забезпечує максимальне збереження залишкового ресурсу колісних пар.

Проблематика дослідження . Залізничний транспорт є однією з ключових складових транспортної системи, що забезпечує перевезення вантажів і пасажирів з високим рівнем енергоефективності та надійності. Безпека та ефективність його функціонування безпосередньо визначаються технічним станом рухомого складу, зокрема колісних пар, які працюють у складних умовах контактної взаємодії з рейками. У процесі експлуатації колеса зазнають інтенсивного зносу внаслідок дії контактних напружень, тертя, ударних навантажень, а також складних умов руху в кривих ділянках колії. Одним із найбільш небезпечних видів зносу є знос гребеня колеса, що проявляється у вигляді його підрізу.

Основні матеріали дослідження. Підріз гребеня змінює геометрію профілю колеса, погіршує умови контакту в системі «колесо-рейка», підвищує рівень бокових сил та збільшує ризик сходу рухомого складу з рейок. Інтенсивність зносу гребеня визначається комплексом факторів: радіусами кривих колії, станом рейкових профілів, рівнем мащення, параметрами навантаження на вісь. В умовах сучасної інтенсивної експлуатації проблема підрізу гребеня набуває критичної актуальності.

Традиційним методом відновлення є перепрофілювання (обточування) до стандартного профілю. Проте при значному підрізі цей спосіб вимагає зняття великого обсягу металу, що різко зменшує діаметр колеса і скорочує його залишковий ресурс. Альтернативами є економічне перепрофілювання (зі зменшеною товщиною гребеня) та локальне відновлення наплавленням. Однак комплексний вибір раціонального способу, який одночасно враховував би геометричні параметри зносу, втрати металу, ресурс і економічну ефективність,

залишається недостатньо розробленим, що зумовлює науково-практичну проблему даного дослідження.

В основу методики покладено комплексний аналіз взаємозв'язку між геометричними параметрами зносу гребеня, обсягом металу, що видаляється або відновлюється, та залишковим ресурсом колеса. Розглядаються три основні способи: традиційне перепрофілювання до стандартного профілю, економічне перепрофілювання зі зменшеною товщиною гребеня та відновлення гребеня шляхом наплавлення.

Для кількісної оцінки ступеня підрізу гребеня введено безрозмірний параметр:

$$\delta_f = \frac{t_{nom} - t_{fact}}{t_{nom}}, \quad (1)$$

де t_{nom} – номінальна товщина гребеня;

t_{fact} – фактична товщина гребеня.

Цей параметр характеризує відносну глибину підрізу.

Зменшення діаметра колеса при перепрофілюванні, яке є ключовим фактором втрати ресурсу, визначається як:

$$\Delta D = D_0 - D_1, \quad (2)$$

де D_0 – початковий діаметр колеса;

D_1 – діаметр після відновлення профілю.

Залишковий ресурс колеса після відновлення L_{res} є функцією від зменшення діаметра ΔD, інтенсивності подальшого зносу гребеня I_{wear} та ступеня підрізу δ_f. Інтенсивність зносу (I_{wear}) залежить від геометрії профілю, умов контакту та експлуатаційних факторів.

Для обґрунтування вибору технології запропоновано інтегральний технічний критерій ефективності відновлення:

$$K = \frac{L_{res}}{\Delta D \cdot I_{wear}} \cdot \frac{1}{\delta_f} \quad (3)$$

Максимальне значення K відповідає найбільш ефективному способу.

Дослідження залежності цього критерію від δ_f показало, що зі збільшенням ступеня підрізу значення K зменшується для всіх способів. Однак найбільш різке падіння ефективності характерне для стандартного обточування через надмірні втрати металу. Наплавлення, навпаки, забезпечує найвищі значення K та найменшу чутливість до зростання зносу.

Окрім технічної можливості, критично важливою є економічна доцільність. Запропоновано оцінювати способи за сукупними приведеними витратами на життєвий цикл. Основний економічний показник (цільова функція) – це питомі витрати на одиницю залишкового ресурсу:

$$E_i = \frac{C_i}{L_{res,i}} \rightarrow min\ , \quad (4)$$

де E_i – питомі витрати для i-го способу відновлення, C_i – сукупні витрати на відновлення та експлуатацію після застосування і-го способу.

Ці витрати включають прямі витрати на ремонт ($C_{r,i}$), витрати від втрати металу ($C_{m,i}$), витрати на простій ($C_{d,i}$), витрати на подальше зношування ($C_{w,i}$) та ризикову складову ($C_{risk,i}$).

Ключовим елементом моделі є економічна оцінка втрати металу (5).

$$C_{m,i} = c_D \cdot \Delta D_i\ , \quad (5)$$

оскільки зменшення діаметра наближає колесо до вибракування.

Розгорнутий вираз для показника E_i має вигляд:

$$E_i = \frac{C_{lab,i}+C_{eq,i}+C_{mat,i}+C_{en,i}+c_D \cdot \Delta D_i+c_t \cdot T_i+c_w \cdot I_{wear,i} \cdot L_{res,i}+p_i \cdot C_{rep}}{L_{res,i}} \quad (6)$$

На основі розробленої моделі проведено розрахунки для трьох способів відновлення (Таблиця 1).

Таблиця 1

Питомі витрати основних видів відновлення коліс

Спосіб відновлення	Сукупні витрати, грн	Залишковий ресурс, км	Питомі витрати, грн/км
Стандартне обточування	67 910	120 000	0,566
Часткове перепрофілювання	63 330	140 000	0,452
Наплавлення	65 260	180 000	0,363

Результати свідчать, що при значному підрізі гребеня найменше значення питомі витрати має наплавлення (0,363 грн/км). Попри вищі прямі матеріальні та енергетичні витрати під час ремонту, цей спосіб мінімізує втрати основного металу колеса та гарантує найбільший залишковий ресурс.

На базі техніко-економічної моделі розроблено карту прийняття рішень для оптимізації ремонтних стратегій. Згідно з нею, граничні значення підрізу гребеня чітко розмежовують раціональні сфери застосування технологій. При $\delta_f < 0{,}055$ доцільним є стандартне обточування (найнижча вартість виконання). У діапазоні $0{,}05 < \delta_f \leq 0{,}15$ оптимальним є часткове перепрофілювання, що балансує витрати і зняття металу. При наднормативному зносі $\delta_f > 0{,}15$ економічно обґрунтованим є лише метод наплавлення.

Висновки. У ході дослідження вирішено науково-практичну задачу обґрунтування вибору технології відновлення коліс залізничного рухомого складу в умовах критичного зношування гребенів. Розроблено інтегральний техніко-економічний критерій, який, на відміну від існуючих методик, одночасно враховує збереження діаметра колеса, інтенсивність наступного зносу, експлуатаційний ресурс та економічні витрати життєвого циклу. Доведено, що при наднормативному підрізі гребеня традиційне обточування до

стандартного профілю призводить до значних втрат ресурсу і є економічно неефективним.

Сформована на базі математичного моделювання карта рішень дозволяє ремонтним підприємствам автоматизувати вибір способу відновлення: стандартне перепрофілювання доцільне лише при мікрозносах ($\delta_f < 0{,}055$); часткове (економічне) обточування ефективне при середніх показниках підрізу; технологія наплавлення стає безальтернативною з економічної точки зору при інтенсивному підрізі ($\delta_f > 0{,}15$), оскільки забезпечує максимальний залишковий ресурс при найнижчих питомих витратах (0,363 грн/км).

Впровадження даного техніко-економічного підходу у вагонних та локомотивних депо дозволить суттєво мінімізувати втрати металу, подовжити загальний термін служби колісних пар і оптимізувати витрати залізничних підприємств на ремонт та утримання рухомого складу.

vorobjov_o@snu.edu.ua,
asp-273-24-58@snu.edu.ua

УДК 629.4.014.7+656.2.022.816

[1] Дьомін Р.Ю., д.т.н., [2] Дьомін Ю.В., д.т.н., проф.

АТ «Кременчуцький сталеливарний завод», м. Кременчук [1]
Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля, м. Київ [2]

ВАРІАНТ УНІФІКОВАНОГО ПРОФІЛЮ ПОВЕРХОНЬ КОЧЕННЯ КОЛІС РОЗСУВНИХ КОЛІСНИХ ПАР РІЗНИХ СИСТЕМ

Анотація. Представлено результати дослідження впливу поєднань коліс з різними варіантами профілів поверхонь кочення і рейок на коліях 1520 мм і 1435 мм на показники динамічних якостей вагонів. Запропоновано раціональний варіант вибору уніфікованого профілю коліс розсувних колісних пар.

Проблематика дослідження. Дослідження взаємодії коліс і рейок на коліях 1520 мм і 1435 мм з метою вибору уніфікованого профілю коліс розсувних колісних пар.

Основні матеріали дослідження. В умовах воєнного стану та майбутнього повоєнного відновлення вітчизняної економіки постають нагальні завдання забезпечення ефективного транспортного сполучення України з країнами Євросоюзу. Необхідність в активному поглибленні розвитку політичних, економічних та соціальних зв'язків між країнами ЄС та Україною обумовлює пріоритетність розвитку ефективного міжнародного залізничного сполучення. При цьому першорядного значення набуває інтероперабельність перевезень залізницею вантажів у міжнародному сполученні.

Для прискорення міжнародних вантажних перевезень рекомендується застосування систем автоматичного переходу рухомим складом з колії однієї ширини на іншу під загальною назвою Automatic Gauge Changeover Systems (AGCS). Системи AGCS включають ходові частини з розсувними колісними парами (РКП).

Залізниці України мають унікальний досвід роботи з системою AGCS типу SUW 2000. Результати застосування системи SUW 2000 переконливо свідчать про безперечні переваги такої технології пасажирських перевезень у порівняні з технологією переставляння вагонів. Відповідні дослідження проведено щодо застосування системи SUW 2000 для вантажних перевезень. Так, за розрахунками науковця з Краківської політехніки Мацея Шкоди застосування технології на основі системи SUW 2000 у випадку міжнародних перевезень небезпечних та цінних вантажів чутливих до перевантажувальних операцій у порівнянні з переставлянням вагонів прискорить перехід рухомого складу з колії однієї ширини на іншу щонайменше у 40 разів [1]. На основі аналізу Life Cycle Cost ним доведено доцільність застосування системи SUW 2000 для транспортування небезпечних матеріалів на відстані менше 1500 км з частим перетином пунктів стику колій 1435/1520 мм та запропоновано рекомендації щодо зниження ціни візків щонайменше на 20%. Доцільність використання системи SUW 2000 для вантажних перевезень доведено також результатами досліджень виконаних в Академії митної служби України Кузьменком А.І. [2].

За результатами експериментальної експлуатації вагонів обладнаних РКП системи SUW 2000 встановлено необхідність пошуку уніфікованого профілю

поверхні кочення колеса. Ця проблема пов'язана з конструктивними відмінностями вагонних коліс і рейок колії 1435 мм і колії 1520 мм, зокрема, з конфігураціями робочих поверхонь. До того ж рейки залізничної колії 1435 мм типу UIC60 встановлюють переважно з підухилом 1/40, а рейки залізничної колії 1520 мм типу Р65 – з підухилом 1/20.

Як свідчать численні дослідження коливань та стійкості руху рейкових екіпажів, геометричні характеристики взаємодії коліс і рейок належать до чинників, що визначають динамічні властивості рухомого складу. При дослідженні умов безпечної експлуатації рухомого складу обладнаного РКП отримано геометричні характеристики взаємодії з рейками коліс, які мають різні обриси профілів поверхонь кочення. До розгляду було прийнято чотири варіанти профілів поверхонь кочення коліс, а саме: профіль вагонних коліс за ГОСТ 9036-88, який є основним для колії 1520 мм; профіль 28 UIC-135 вагонних коліс західноєвропейських залізниць; профіль, розроблений свого часу у Дніпропетровському металургійному інституті і відомого як профіль ДМетІ (рис. 1). Для дослідження власних динамічних характеристик рухомого складу, включаючи проблему стійкості руху рейкових екіпажів в колії, застосовано еквівалентну конусність, як узагальнюючий параметр геометричної взаємодії коліс і рейок [3, 4].

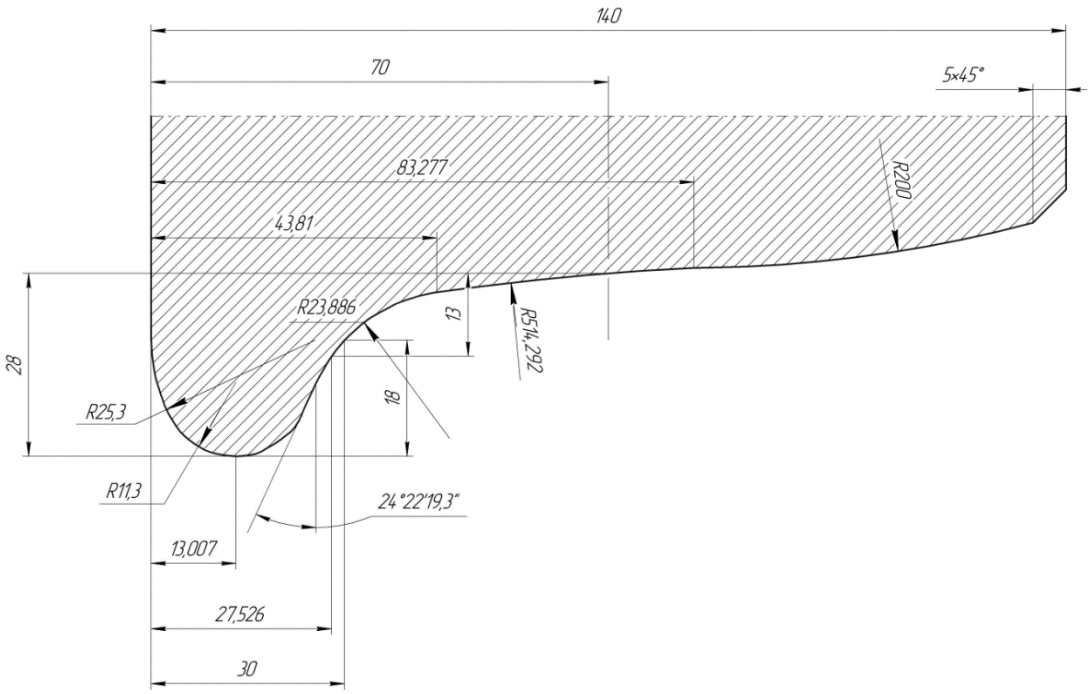


Рис. 1. Профіль робочої поверхні колеса ДМетІ

За результатами аналізу геометричної взаємодії означених варіантів поєднань коліс і рейок встановлено, що на колії 1520 мм еквівалентна конусність μ_e для коліс з стандартним профілем поверхні кочення до вибору зазору в колії постійна й дорівнює 0,05, а після вибору зазору значення μ_e швидко збільшуються до 0,49. Еквівалентна конусність для коліс з профілем UIC складає приблизно 0,01 при переміщеннях до 8 мм, а потім збільшується до 0,3. Колеса з профілем ДМетІ на колії 1520 мм у розглянутому діапазоні переміщень мають постійну еквівалентну конусність – $\mu_e = 0{,}123$.

На колії 1435 мм еквівалентна конусність для стандартних вагонних коліс в діапазоні переміщень до 4,5 мм дорівнює 0,05, тобто така ж сама, що й на колії 1520 мм. Після вибору зазору в колії значення μ_e стрімко зростають, досягаючи величини 0,86. Характер залежності ефективної конусності для коліс з профілем UIC відмінний від інших тим, що до вибору зазору колісної пари в колії має спадаючий характер. Після вибору зазору в колії величина μ_e зростає за характером близьким до білінійного. Ефективна конусність для коліс з профілем ДМетІ залишається постійною при зміщеннях колісної пари в межах зазору в рейковій колії ($\mu_e = 0{,}131$), після чого значення μ_e повільно зростає.

Результати дослідження геометричної взаємодії коліс і рейок різних стандартів використано при математичному моделюванні динаміки руху вантажних вагонів. Встановлено, що у разі застосування коліс з профілем поверхні кочення ДМетІ динамічні показники вагонів як на коліях 1520 мм, так і 1435 мм близькі та задовольняють умови безпеки руху.

Висновок. За результатами порівняльних досліджень відзначено практичну нечутливість динамічних показників вагона до зміни колії у разі застосування коліс з профілем ДМетІ. Ця обставина дозволяє рекомендувати до розгляду профілю ДМетІ як базового варіанта уніфікованого профілю поверхонь кочення коліс розсувних колісних пар різних систем.

Література

1. Szkoda M. Analiza organizacyjno-ekonomiczna możliwości zastosowania systemu automatycznej zmiany rozstawu kół w przewozach towarowych Wschód-Zachód. Problemy Eksploatacji 2003, nr 2, pp. 275-289.

2. Кузьменко А.І. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на економічні показники роботи транспортних засобів міжнародних вантажних перевезень [Електронний ресурс] / А.І. Кузьменко // Вісник Академії митної служби України. Сер. : Технічні науки. - 2010. - № 1. - С. 52-57. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vamsutn_2010_1(43)__9.

3. UIC Leaflet 519: Method for determining the equivalent conicity. 2004. 94 p.

4. EN 15302: Railway application – Method for determining the equivalent conicity. 2008. 119 p.

r.domin@1520mm.com

domin1520.1435mm@gmail.com

УДК 629.462.2:629.4.02

Каграманян А.О. к.т.н., доц., Аракелян Т.А. аспірант

Український державний університет залізничного транспорту

КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ СУЧАСНОГО СТАНУ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ СПИРАННЯ КОТЛІВ ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН

Анотація. *У роботі розглянуто ключові аспекти сучасного стану та напрямки вдосконалення систем спирання котлів вагонів-цистерн. Обґрунтовано актуальність проблеми, зумовлену зростанням обсягів перевезень наливних вантажів і високою часткою відмов, пов'язаних із вузлами спирання. Проведено критичний аналіз традиційних конструктивних рішень, який виявив їх основні недоліки: низьку адаптивність до динамічних навантажень, концентрацію напружень у зварних з'єднаннях, недостатні демпфувальні властивості та обмеженість існуючих розрахункових методів. На основі аналізу світового досвіду та застосування методів математичного і чисельного моделювання запропоновано новий підхід до підвищення надійності – концепцію керованого зниження динамічних навантажень шляхом використання фрикційно-пружних зв'язків. Розроблено відповідну модель взаємодії елементів системи «котел – опорна система – рама», виконано її аналітичне та чисельне дослідження, а також проведено оптимізацію геометричних параметрів опорних вузлів з урахуванням зниження концентрації напружень. Отримані результати дозволяють підвищити ресурс і надійність вагонів-цистерн, знизити ймовірність*

втомних руйнувань і можуть бути використані при проєктуванні нових конструкцій, модернізації існуючого рухомого складу та вдосконаленні нормативної бази галузі.

Проблематика. Сучасний етап розвитку залізничного транспорту в Україні та світі характеризується неухильним зростанням обсягів перевезень наливних вантажів – нафтопродуктів, зріджених газів, хімічно агресивних речовин. Вагони-цистерни є ключовою ланкою цього логістичного ланцюга, тому безпека їхньої експлуатації безпосередньо залежить від технічного стану несівних конструкцій. Статистика пошкоджень свідчить, що понад 60% відмов, що призводять до вимушених простоїв та позапланових ремонтів, пов'язані саме з вузлами спирання котла на раму.

Система спирання виконує функцію передачі всіх видів навантажень від котла (маса вантажу, тиск, температурні впливи) до рами вагона та далі на ходові частини. Під час руху котел сприймає значні поздовжні (при розгоні/гальмуванні до ±2,5 g), вертикальні (динамічне навантаження від нерівностей колії) та поперечні (відцентрові сили в кривих) зусилля. Традиційна схема спирання – через дерев'яні бруси в опорних люльках – не забезпечує належного демпфування, а зварні з'єднання фасонних листів з котлом працюють в умовах складного знакозмінного навантаження, що призводить до втомного руйнування**.**

Критичний розгляд науково-технічної літератури дозволяє систематизувати основні недоліки традиційних рішень: Відсутність адаптації до змінних динамічних навантажень. Жорстке (або умовно пружне через деревину) кріплення не змінює своїх характеристик залежно від режиму руху, що призводить до пікових перенапружень. У місцях приварювання опорних лап до шкворневих балок та котла виникають локальні зони пластичних деформацій, особливо за наявності дефектів зварювання або неякісного ремонту. Дерев'яні бруси, які використовуються як прокладки, з часу всихають, розтріскуються та втрачають пружні властивості, що практично не гасить коливання. Існуючі нормативні методи розрахунку (зазвичай лінійно-пружні статичні моделі) не

враховують реальні нелінійні контактні взаємодії, сили тертя та динамічні ефекти.

У роботах декларується позитивний вплив модернізації ходової частини (візки типу Y25) на ресурс цистерни, але відсутні кількісні оцінки впливу саме на вузли спирання. Патентні рішення з еластичними прокладками не містять даних про їхню довговічність в умовах реальних температурних циклів (від –40 °C до +60 °C) та дії хімічних речовин. Більшість авторів пропонують шлях збільшення металоємності опор (ребра жорсткості, потовщення листів), що підвищує масу вагона та вартість, але не вирішує першопричину руйнувань – динамічні перевантаження.

Таким чином, головна наукова проблема полягає у відсутності комплексного підходу до оптимізації взаємодії елементів системи «котел – опорна система – рама», який би одночасно враховував: жорсткісні характеристики (розподіл навантажень); дисипативні властивості (здатність гасити коливання); геометричні параметри (конфігурацію опор, радіуси заокруглень, форму накладок); нелінійні контактні умови (тертя, відрив, проковзування).

Вирішення цієї проблеми є критичним для забезпечення техногенної безпеки на залізничному транспорті та подовження ресурсу вагонів-цистерн.

Основні матеріали дослідження. У ході дослідження застосовано комплексний науковий підхід, що поєднує: (а) критичний аналіз вітчизняних та зарубіжних науково-технічних рішень (патентів, статей, нормативних документів); (б) методи математичного моделювання, включаючи диференціальні рівняння руху системи з кількома ступенями вільності; (в) чисельне моделювання методом скінченних елементів (МСЕ) з використанням критерію Мізеса для оцінки напружено-деформованого стану; (г) параметричну оптимізацію для пошуку раціональних геометричних та фрикційних характеристик.

Традиційна схема. Класична конструкція передбачає спирання котла через дерев'яні бруси, що встановлюються в опорних люльках звареної рами. При цьому фасонні опорні листи (накладки) приварюються безпосередньо до обичайки котла та до хребтової балки. Експлуатаційні пошкодження показують, що тріщини виникають саме в зварних швах – це підтверджено візуальним та ультразвуковим контролем понад 500 цистерн у депо.

Патентний аналіз виявив три основні напрями. Еластичні прокладки та компенсатори – поліуретанові, гумові або композитні вставки між котлом та опорою. Вони компенсують технологічні допуски, частково знижують динаміку, але швидко старіють. Фрикційні зв'язки – конструкції з підшипниками або пружними елементами, де енергія коливань гаситься за рахунок тертя між контактуючими поверхнями. Модульні опори – зменшення кількості опорних вузлів (наприклад, з п'яти до двох), що дозволяє знизити власну вагу на 9,6%, але потребує ретельної перевірки міцності.

Розробка та обґрунтування фрикційно-пружної системи. Концепція керованого зниження динамічного навантаження. На відміну від більшості відомих робіт, які пропонують пасивне силове підсилення конструкції, у даному дослідженні вперше обґрунтовано принципово інший підхід – кероване зниження динамічного навантаження через введення фрикційних зв'язків із пружними елементами. Це означає, що система може змінювати свою жорсткість та дисипацію залежно від рівня навантаження: при малих впливах працює як пружна, при великих – активується механізм тертя, який «зрізає» пікові навантаження.

Запропоновано систему диференціальних рівнянь руху котла, що враховує: масу котла з вантажем; пружні зв'язки з рамою; сухе тертя; геометричні зазори та обмеження переміщень. Розв'язок виконано аналітичним методом (балка на пружній основі з тертям) та чисельно (МСЕ).

Оптимізація геометрії опорних вузлів. Проблема концентраторів напружень. Традиційні опорні накладки мають прямокутну або трапецієподібну

форму з гострими кутами, що створюють значні концентратори напружень. У зварних швах пікові напруження можуть у 3–5 разів перевищувати номінальні.

етрії часто лише переносять концентратор на нове місце.

Рекомендації щодо ремонту. Запропоновано: використовувати накладки усіченої форми при заміні опорних вузлів; обов'язковий контроль якості зварних швів методом ультразвукової дефектоскопії після ремонту; застосовувати попередній підігрів при зварюванні для зменшення залишкових напружень.

Це дозволяє подовжити ресурс відремонтованої цистерни щонайменше на 10–12 років.

Порівняння з аналітичним розв'язком балки на пружній основі з тертям дало розбіжність менше 7,9%, що є прийнятним для інженерних розрахунків.

Висновки. На основі проведеного критичного аналізу сучасного стану систем спирання котлів вагонів-цистерн виявлено системні недоліки традиційних рішень: відсутність адаптації до динамічних навантажень, концентрація напружень у зварних швах, низька демпфувальна здатність дерев'яних брусів, невідповідність нормативних методів розрахунку реальним умовам. Обґрунтовано, що шлях простого збільшення металоємності опор є неефективним, оскільки не усуває першопричину руйнувань – динамічні перевантаження.

Запропоновано та кількісно обґрунтовано концепцію керованого зниження динамічного навантаження в системі спирання котла вагона-цистерни шляхом введення фрикційно-пружних зв'язків, що принципово відрізняється від традиційних підходів пасивного підсилення конструкції;

Отримані результати можуть бути безпосередньо використані: при проєктуванні нових вагонів-цистерн (передавання технічних вимог до опорних вузлів: коефіцієнт запасу втомної міцності 4,1; радіуси заокруглень накладок ≥50 мм); при модернізації існуючого парку вагонів (заміна дерев'яних брусів на фрикційно-пружні елементи, встановлення накладок усіченої форми під час ремонту); для уточнення нормативної бази у галузі вагонобудування (оновлення

методів розрахунку вузлів спирання з урахуванням нелінійних контактних взаємодій та сил тертя).

kartal@kart.edu.ua,
arakelyan.ta.2026@gmail.com

УДК 656

Кічкіна О.І., ктн., доц., Філіпова В.Ю., студентка
Одеський національний морський університет

РОЗВИТОК МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В ОДЕСІ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

Анотація. *Метою дослідження є розвиток міського транспорту в місті Одеса в умовах воєнного часу та енергетичної нестабільності. Розглядається перспектива використання тролейбусів з автономним ходом в транспортній мережі Одеси. Досліджено типи тролейбусів з автономним ходом, визначено проблемні ділянки в транспортній мережі міста та запропоновано заходи з реорганізації проблемного міського маршруту.*

Проблематика. Міський транспорт Одеси у воєнний час опинився в умовах системної багаторівневої кризи. Ключовим дестабілізуючим фактором стали масовані атаки на енергетичну інфраструктуру, що розпочалися у 2022 році та досягли пікової інтенсивності у 2025 році. У цей період місто зазнало тривалих відключень електроенергії, які фактично унеможливили експлуатацію електричного транспорту, зокрема трамваїв та тролейбусів .За офіційними повідомленнями Одеської міської ради, електротранспорт був повністю зупинений, а його відновлення залежало від стабілізації енергопостачання, що залишалося непередбачуваним. Втрата електротранспорту спричинила перевантаження автобусних маршрутів. Для компенсації дефіциту рухомого

складу Одеса отримала автобуси з інших міст України - Львова, Кропивницького, Миколаєва та Київської області. Водії трамваїв і тролейбусів пройшли перепідготовку для роботи на автобусах, що свідчить про вимушену трансформацію транспортної системи. Проте навіть ці заходи не змогли забезпечити належний рівень перевезень: час поїздок зріс, а пасажири зіткнулися з нестабільними графіками.

Інфраструктурні обмеження, зокрема високий рівень фізичного зношення рухомого складу та пошкодження окремих ділянок транспортної мережі, суттєво звузили потенціал відновлення функціонування системи. У поєднанні з енергетичною кризою це створило умови, коли навіть часткове відновлення електротранспорту стало надзвичайно складним завданням.

Соціальний вимір кризи виявився у зростанні транспортної втоми населення, підвищення рівня невизначеності щодо переміщень та зниження довіри до міської інфраструктури. Для мешканців Одеси транспорт перестав бути стабільним елементом міського життя, перетворившись на фактор додаткового стресу.

Таким чином, ключовим викликом для функціонування міського транспорту Одеси на сучасному етапі є енергетична нестабільність, яка призвела до повної зупинки електротранспорту та зумовила вимушений перехід до використання тимчасових автобусних маршрутів. Це рішення лише частково компенсувало втрати, але не забезпечило системної стійкості транспортної мережі.

Основні матеріали дослідження. Розвиток міського транспорту в умовах енергетичної нестабільності потребує пошук рішень, які поєднують гнучкість та стійкість. Одним із таких рішень є тролейбуси з автономним ходом, що поєднують можливість живлення від контактної мережі з використанням акумуляторних батарей. У сучасній практиці виділяють кілька типів таких транспортних засобів.

– Тролейбуси з допоміжним автономним ходом, які здатні долати короткі

відстані до 15 км, і використовуються переважно для об'їзду аварійних ділянок чи роботи під час короткочасних відключень.

– Моделі з розширеним автономним ходом, які мають запас ходу до 50 км, і дозволяють організовувати маршрути у районах, де контактна мережа відсутня або пошкоджена.

– IMC-тролейбуси (In Motion Charging), які заряджають батареї під час руху по мережі, що зменшує потребу у стаціонарних зарядних станціях.

– Дуальні тролейбуси, які можуть працювати як класичні тролейбуси, так і як електробуси, повністю від'єднуючись від мережі.

– Так звані "power-bank" тролейбуси, які оснащені потужними акумуляторами, що забезпечують тривалий автономний рух, фактично наближаючи їх до електробусів, але з можливістю підзарядки від контактної мережі.

Здійснений порівняльний аналіз характеристик цих типів тролейбусів дозволив зробити певні висновки. Тролейбуси, оснащені системами допоміжного автономного ходу, мають обмежену ефективність в умовах тривалих відключень електроенергії, оскільки ємність їх акумуляторних батарей розрахована лише на подолання незначних відстаней, зокрема для обходу аварійних ділянок. Використання тролейбусів такого типу є тимчасовим рішенням, але не стратегічним.

Моделі з розширеним автономним ходом можуть забезпечити рух на відстань до 30–50 км, що вже дозволяє підтримувати роботу маршруту навіть без живлення від мережі. Проте їхня ефективність залежить від можливості підзарядки: якщо відключення триває кілька днів, потрібні резервні джерела енергії - дизель-генератори або локальні мікромережі на базі сонячних панелей у депо.

Дуальні тролейбуси, а також моделі типу «power-bank» є найбільш адаптованими до функціонування в умовах кризових обмежень. Завдяки можливості автономної роботи вони здатні виконувати перевезення у режимі

електробусів, тобто без підключення до контактної мережі, забезпечуючи запас ходу понад 100 км. Це створює передумови для підтримки транспортного обслуговування навіть у разі тривалих відключень електроенергії, за умови належної організації інфраструктури підзарядки, зокрема з використанням генераторів або альтернативних джерел енергії.

Ефективна та довготривала експлуатація такого рухомого складу потребує дотримання раціональних режимів використання акумуляторних систем. Насамперед, важливим є впровадження регулярної балансувальної зарядки, яка забезпечує вирівнювання параметрів окремих елементів батареї та запобігає їх прискореній деградації.

Крім того, доцільним є організаційне забезпечення роботи в так званому «змішаному режимі», коли частина маршруту проходить під контактною мережею з одночасною підзарядкою, а інша – в автономному режимі. Такий підхід дозволяє мінімізувати кількість циклів глибокого розряду акумуляторів і, відповідно, сприяє збільшенню їх експлуатаційного ресурсу.

Аналіз міської транспортної мережі показав, що найбільш проблемним є трамвайний маршрут №7 в Одесі, який відомий як магістральний маршрут «Північ – Південь», що з'єднує два найбільші спальні райони міста – селище Котовського (північ) та житловий масив Таїрова (південь). Крім того, цей маршрут пролягає територією міста в районах, що зазнали суттєвих руйнувань внаслідок обстрілів, а системні відключення електроенергії фактично призвели до його повної зупинки.

У разі моделювання сценарію заміни зазначеного маршруту тролейбусами з розширеним автономним ходом спостерігається підвищення рівня функціональної стійкості. Такі транспортні засоби здатні працювати в змішаному режимі: на збережених ділянках контактної мережі вони здійснюють рух із одночасною підзарядкою акумуляторів, тоді як на пошкоджених або знеструмлених відрізках переходять до автономного режиму. Це забезпечує

безперервність транспортного процесу навіть за умов тривалого повного знеструмлення міської мережі.

Додатковим елементом забезпечення експлуатаційної надійності може бути впровадження локальної інфраструктури енергоживлення в депо, зокрема встановлення дизель-генераторів середньої потужності для підзарядки акумуляторних батарей у періоди тривалих відключень електроенергії. У такому випадку транспортна система здатна функціонувати в обмеженому, так званому режимі виживання, зберігаючи базовий рівень мобільності населення.

З економічної точки зору запропоноване рішення є більш обґрунтованим порівняно з альтернативами. Використання електробусів потребує створення розвиненої та капіталомісткої зарядної інфраструктури, ефективність якої суттєво знижується в умовах енергетичної нестабільності. Водночас тролейбуси типу «power-bank» характеризуються найвищою вартістю закупівлі та експлуатації. Натомість тролейбуси з розширеним автономним ходом забезпечують оптимальне поєднання вартості, експлуатаційної гнучкості та достатнього рівня автономності, що визначає їх доцільність для використання в умовах війни і енергетичної нестабільності.

Висновки. Проведений аналіз свідчить, що функціонування міського транспорту Одеси в умовах воєнного часу виявило вразливість традиційних моделей організації перевезень до факторів енергетичної нестабільності. Масові відключення електроенергії призвели до фактичної зупинки електротранспорту та вимушеного переходу до тимчасових автобусних перевезень, які не забезпечили належного рівня транспортного обслуговування.

Запропонований підхід, що передбачає використання тролейбусів з автономним ходом, формує передумови для створення нової, більш гнучкої моделі міської мобільності, менш залежної від стабільності енергопостачання. Його реалізація означає перехід від жорстко централізованої системи, прив'язаної до контактної мережі, до адаптивної транспортної моделі, здатної ефективно функціонувати як у стандартних, так і в кризових умовах.

У стратегічній перспективі розвиток міського транспорту Одеси доцільно орієнтувати на поетапну заміну найуразливіших маршрутів електротранспорту, зокрема трамвайних (таких як маршрут №7), тролейбусами з розширеним автономним ходом. Реалізація цього підходу сприятиме забезпеченню стабільної мобільності населення в умовах підвищених ризиків, а також закладе основу для подальшої модернізації транспортної системи міста на засадах стійкості, економічної ефективності та підвищення суспільної довіри.

ki4kinaoi@ukr.net

torifil.y@gmail.com

УДК 629.11.01

Ковальчук Р.М., асп., Климаш А.О., к.т.н., доц.,

Ворох А.О., к.п.н., доц., Зарайська Я.М., студ.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В ЯКОСТІ ПАЛИВА ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ

Анотація. *У статті аналізуються проблеми використання водню як палива для двигунів внутрішнього згоряння. Зазначено, що використання водню вважається одним із найперспективніших напрямків розвитку транспортної енергетики завдяки високій питомій енергоємності та можливості зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.*

Проблематика дослідження. Необхідність скорочення забруднення атмосфери та зниження використання невідновлюваних видів паливних ресурсів зумовлює запровадження обмежень на викиди токсичних газів і діоксиду вуглецю, а також стимулювати дослідження, що спрямовані на підвищення ефективності енергетичних установок автомобілів.

Основні матеріали дослідження. Перспективною альтернативою традиційним вуглеводневим паливам може стати водень, однак переведення

двигунів внутрішнього згоряння на використання водню або водневого палива є складним завданням, що потребує суттєвого перегляду принципів експлуатації транспортних засобів. У зв'язку з цим впровадження таких технологій доцільно здійснювати поступово. Початковим етапом цього процесу можна вважати створення умов для ефективної роботи двигунів шляхом застосування різних методів додавання водню до основного виду палива [1, 2].

Енергоємність водню в перерахунку на масу дуже висока (1 кг H_2 еквівалентний 2,1 кг природного газу або 2,8 кг бензину), але в перерахунку на одиницю об'єму він має найменшу енергоємність (1 л H_2 у газоподібному стані при атмосферному тиску містить 2,8 ккал, у зрідженому вигляді 2030 ккал порівняно з майже 5000 ккал для 1 л природного газу або 7534 ккал для бензину). Для того, щоб підвищити енергоємність одиниці об'єму або ваги водню, доводиться переводити його у зріджену форму [3].

Під час згоряння водню в повітрі основним продуктом реакції є вода, що часто дає підстави вважати його екологічно безпечним видом палива. Проте таке твердження не є повністю коректним, оскільки викиди забруднюючих речовин можуть відбуватися не на кінцевій стадії використання водню, а в процесі його виробництва, транспортування та зберігання [4]. Таким чином, водень можна вважати відносно екологічно «чистим» енергоносієм лише за умови його виробництва із застосуванням ядерної енергетики або відновлюваних джерел енергії.

Ефективність робочого процесу двигуна значною мірою визначається якістю сумішоутворення, зокрема ступенем однорідності паливо-повітряної суміші. Цей показник визначається температурою кипіння палива та його дифузійною здатністю. Температура кипіння водню становить 20 К, що при його використанні в двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) виключає наявність рідкої фази у складі паливо-повітряної суміші. Крім того, коефіцієнт дифузії водню майже на порядок перевищує відповідний показник традиційних вуглеводневих

палив, що сприяє швидкому та ефективному формування високооднорідної суміші навіть у разі подачі водню наприкінці такту стиснення [5].

Отже, наведені властивості водню забезпечують формування високого рівня однорідності паливо-повітряної суміші та зменшення циклової нерівномірності циклів. Крім цього, ці властивості забезпечують легкий пуск двигуна при низьких температурах.

Результати досліджень параметрів робочого процесу двигунів, у яких водень використовується як паливо, із зовнішнім сумішоутворенням та іскровим запалюванням, свідчать, що поряд із низкою переваг існують певні труднощі забезпечення їхньої стабільної роботи. Зокрема, багатьма дослідниками відзначається виникнення зворотних спалахів у системі впуску, що негативно впливає на функціонування двигуна та порушує його нормальну роботу. Використання зовнішнього способу сумішоутворення у водневих двигунах також призводить до зменшення наповнення циліндрів свіжим зарядом, що, у свою чергу, зумовлює зниження потужності порівняно з базовим до 40 %.

Для усунення проблеми зворотних спалахів у впускній системі та збереження необхідного рівня потужності водневого ДВЗ доцільним вважається застосування внутрішнього процесу сумішоутворення, принцип якого є характерним для дизельних двигунів.

Використання такого підходу сприяє суттєвому зменшенню насосних втрат, що в поєднанні з іншими перевагами, зокрема підвищенням повноти згоряння палива, покращенням процесу сумішоутворення та забезпеченням стабільності складу суміші по циліндрам, може істотно підвищити ефективний ККД двигуна.

Реалізація можливість використання водню в ДВЗ супроводжується низкою технічних проблем, пов’язаних із забезпеченням стабільності процесу згоряння, підтриманням необхідних потужнісних характеристик та особливостями процесу сумішоутворення. У зв’язку з цим поряд із водневими ДВЗ значна увага приділяється альтернативному напряму – системам на основі паливних

елементів, які забезпечують перетворення хімічної енергії водню безпосередньо в електричну.

Автомобіль на паливних елементах за принципом конструкції певною мірою подібний до транспортного засобу з двигуном внутрішнього згоряння, однак його робота має суттєві відмінності. Зокрема, система не здійснює спалювання водню, який подається з бака під високим тиском, а змішує його з киснем, щоб виробляти електроенергію для живлення електродвигуна. Цей процес реалізується в паливному елементі з полімерно-електролітною мембраною (PEM), що складається з наборів тонких пластин, розділених мембранами (рис. 1).

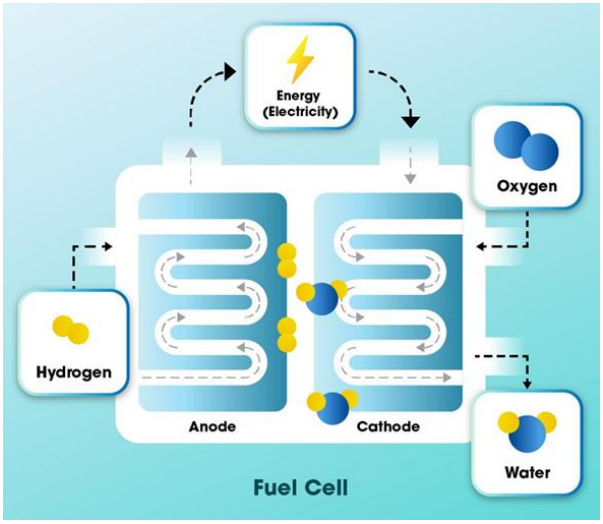


Рисунок 1 – Водневий паливний елемент [6]

Водневі паливні елементи характеризуються вищою енергетичною щільністю порівняно з акумуляторними батареями, що дає змогу забезпечити більший запас ходу транспортного засобу. Зокрема, питома енергія водневого бака під тиском 700 бар може приблизно у десять разів перевищувати відповідний показник сучасних акумуляторів. Крім того, системи на основі водневих паливних елементів мають меншу масу порівняно з акумуляторними блоками, що дозволяє збільшити корисне навантаження автомобіля та підвищити його експлуатаційні можливості.

Аналіз результатів оцінки економічної ефективності традиційних та альтернативних технологій в автотранспорті показує, що на сьогодні вартість експлуатації традиційних автомобілів із ДВЗ у кращому разі на 40–50 % нижча, ніж у найперспективніших нових технологій. При цьому витрати на енергоносії в електромобілі та в авто з паливними елементами на водні вже сьогодні на 35-50% нижчі, ніж у традиційних технологіях [7].

Висновок. Незважаючи на існуючі технічні та економічні труднощі, водневі технології продовжують активно розвиватися. Удосконалення методів отримання «зеленого» водню, зниження вартості паливних елементів та розвиток інфраструктури можуть зробити водневий транспорт важливою складовою світової енергетики майбутнього.

Література

1. Застосування водню для двигунів автомобільного транспорту. Атомно-воднева енергетика / А.І. Міщенко, А.В. Білогуб, В.Д. Савицький. та ін. 1988. Вип. 8. С. 115– 135.

2. Абрамчук Ф. И. Влияние добавки водорода к природному газу на свойства смесевого топлива / Ф. И. Абрамчук, А. Н. Кабанов, Г. В. Майстренко // Автомоб. трансп. : сб. науч. тр. 2009. Вып. 24. С. 45-49.

3. Lucas G.G., Richards W.L. The Hydrogen Petrol Engine the Means to Give Good Part-Load Thermal Efficiency // SAE Technical.Paper Series. 1982. № 820315. p. 11.

4. Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури: збірка тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Київ: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2022. – 339 с.

5. Bromberg L. In-Cylinder Laminar Flame Propagation Speed: Effect on Hydrogen and Rich Gas Addition. MIT Plasma Science and Fusion Center, August 26, 2005.

6. https://www.hanwha.com/newsroom/news/feature-stories/the-role-of-ess-and-hydrogen-fuel-cells-in-maritime-energy-security.do

7. US DOE. An Assessment of Energy Technologies and research Opportunities. Quadrennial Technology Review, Sept. 2015

klimash@snu.edu.ua

УДК 621.74:669.13.017

Ковтанець М.В.[1], к.т.н., доц., Могила В.І.[1], к.т.н., проф.,

Бурейка Г.[2], д.т.н., проф., Плотніков В.Д.[1], аспірант

[1]Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

[2] Вільнюський технічний університет ім. Гедімінаса, Литва

ПОЛІПШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ РУХОМОГО СКЛАДУ

Анотація. *У статті розглянуто шляхи підвищення ефективності гальмівних систем пасажирського залізничного рухомого складу. Встановлено, що гальмівна ефективність суттєво впливає на безпеку руху та максимально допустиму швидкість поїздів. Проаналізовано умови безюзового гальмування та вплив сили натискання колодок і коефіцієнта тертя на гальмівні характеристики. Запропоновано використання гальмівної системи з багатоканальним редуктором тиску, що забезпечує оптимальний розподіл тиску в гальмівних циліндрах залежно від осьового навантаження. Розглянуто конструкції гальмівних колодок зі стабілізацією температурного режиму та коефіцієнта тертя. Використання запропонованих рішень дозволяє скоротити гальмівний шлях, зменшити знос елементів та підвищити безпеку руху поїздів.*

Проблематика дослідження. Розвиток залізничної інфраструктури є невід'ємною складовою сталого транспортного сектору України. При експлуатації всіх видів залізничного транспорту одним із найважливіших режимів є процес гальмування.

Ефективність та надійність гальмівних засобів є ключовим фактором у забезпеченні безпеки руху поїздів, який також значно впливає на максимально допустиму та дільничну швидкість руху поїздів. У зв'язку з цим пошук нових підходів та рішень, що дозволяє покращити гальмівні характеристики пасажирського рухомого складу, є своєчасним та актуальним.

Основні матеріали дослідження. Попередні дослідження сформулювали фундаментальні напрацювання функціонування пневматичних та

електропневматичних гальм, які покладено в основу розробки сучасного гальмівного обладнання та систем керування гальмами. Однак, при формуванні даних фундаментальних основ використовувалися методи, які не враховують деякі важливі фактори через технічну недосконаліть та інструментальну базу того часу. У зв'язку з наявністю припущень, сформованих у теоретичних основах, гальма залізничного рухомого складу за деякими параметрами працюють недостатньо ефективно, тобто мають резерв підвищення ефективності.

Через недостатньо високу ефективність гальм локомотивні бригади змушені забезпечувати збільшений запас гальмівної колії, заздалегідь знижувати швидкість та викликати позаштатні ситуації через неможливість швидкої зупинки поїзда, а також при складанні режимних карт ведення поїзда та знижувати максимально допустимі швидкості.

Проведені дослідження доводять, що для пасажирських поїздів простежується чітка залежність – одним із факторів, що обмежує максимально допустиму швидкість, є гальмівна ефективність. Тому зі збільшенням гальмівної ефективності стане можливим збільшити швидкість руху поїздів, що особливо актуально в сучасний період розвитку швидкісних та високошвидкісних магістралей як в Україні, так і в усіх розвинених країнах світу [1-6].

Аналізуючи запропоноване Галаєм Е.І. у роботі [7], співвідношення для оцінки резерву потужності експлуатованих та перспективних гальм як безрозмірного критерію k_c – коефіцієнта миттєвого використання запасу зі зчеплення при екстреному гальмуванні, модифікованого з використанням дійсних значень сили натискання, можливо виділити та охарактеризувати конструктивно-технологічні рішення для отримання оптимального значення кожного з характерних параметрів формули (1), за умови збереження $k_c \to 1$

$$k_c = B_г(V) / [B_г(V)] = n \cdot K \cdot \varphi_к \cdot (K,V) / q_0 \cdot \psi_к \cdot (q_0,V), \qquad (1)$$

де n – кількість колодок, діючих на колісну пару;

$B_г$ – гальмівна сила, кН; $B_г = \varphi_к \cdot K$

V – швидкість руху поїзда, км/год;

q_0 – навантаження на вісь, кН;

$\varphi_к$ – коефіцієнт тертя колодки;

$\psi_к$ – коефіцієнт зчеплення колеса с рейкою;

K – сила натискання однієї колодки, кН.

А для того, щоб забезпечувати кочення колеса по рейці при гальмуванні без ковзання чи юзу, необхідно прагнути до досягнення умови безюзового гальмування, яке характеризується співвідношенням [4, 7]:

$$B_г \le F_{зч}\,, \tag{2}$$

де $F_{зч}$ – сила зчеплення, кН; $F_{зч} = q_0 \cdot \psi_к$.

Якщо такі складові залежності (1) як число колодок n, що діють на колісну пару, навантаження на вісь q_0 і швидкість руху поїзда (максимальна) V, вважатимемо постійними значеннями, то інші параметри оптимізуємо на основі рекомендацій для використання наших розробок і досліджень. При цьому необхідно враховувати вже відому інформацію про те, що гальмівний шлях поїзда значною мірою залежить від якості матеріалу та розмірів гальмівних колодок. Підвищення твердості чавуну колодки супроводжується зменшенням коефіцієнта тертя та зменшенням зносу, а збільшення поверхні контактування колодки з колесом веде до збільшення коефіцієнта тертя та зменшення зносу.

Оскільки коефіцієнт тертя колодки з колесом змінюється в процесі одного гальмування, то для того, щоб підвищити ефективність гальм на високих швидкостях і знизити ймовірність заклинювання колісних пар при низьких швидкостях, тобто мати сталість коефіцієнта запасу після натискання, необхідно прагнути до забезпечення необхідного натискання на гальмівну колодку.

Зважаючи на те, що гальмівна сила $B_г$, є функцією сили натискання однієї колодки K та коефіцієнта тертя колодки $\varphi_к$, забезпечення оптимальних значень цих параметрів можливе при використанні пропонованих нами ряду конструкторсько-технологічних рішень. Так, досягнення максимальної сили натискання однієї колодки K з можливим її регулюванням можна здійснити при впровадженні однієї з низки наших розробок гальмівних систем рухомого складу [8] (рис.1).

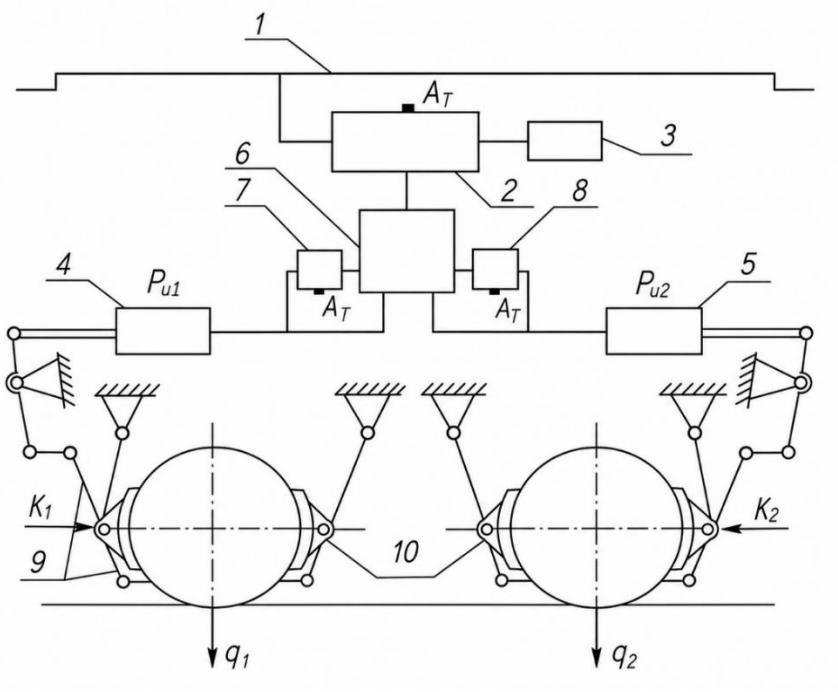


Рис. 1 – Схема гальмової системи:
1 – гальмівна магістраль, 2 – повітророзподільник, 3 – запасний резервуар,
4,5 – гальмівні циліндри, 6 – багатоканальний редуктор тиску,
7, 8 – електропневматичними клапанами, 9 – важільна гальмівна передача,
10 – гальмівні колодки.

У запропонованій гальмівній системі, застосований багатоканальний редуктор тиску 6, що забезпечує в режимі екстреного гальмування наповнення циліндрів однакового типорозміру повітрям до різних рівнів тиску, і це дає змогу

реалізувати необхідне значення коефіцієнта натиснення гальмівних колодок при різних осьових навантаженнях.

Отримання бажаного значення $\varphi_к$ коефіцієнта тертя колодки можливо при використанні гальмівної колодки з ступінчатим охолодженням, яка виконала з порожниною, що заповнена сумішшю речовин, які мають різну температуру фазового переходу з послідовним включенням їх властивостей при підвищенні температури колодки за рахунок тертя «колодка-колесо» [9].

Стабілізація коефіцієнта тертя та температури трибоконтакту протягом всього режиму гальмування, відсутність перегріву гальмівної колодки і поверхні кочення колеса та зменшення зносу поверхонь кочення коліс і гальмівних колодок забезпечується при використанні гальмівної колодки залізничного рухомого складу, яка має фрикційне робоче тіло у вигляді вставок циліндричної форми з пластичного матеріалу, закладені в тіло колодки з боку поверхні колеса, де розміщені двома групами у шаховому порядку [10].

Висновок. У результаті проведених досліджень встановлено, що одним із основних факторів підвищення швидкості та безпеки руху пасажирських поїздів є вдосконалення гальмівних систем рухомого складу. Проаналізовано вплив сили натискання гальмівних колодок, коефіцієнта тертя та умов зчеплення колеса з рейкою на ефективність гальмування і забезпечення безюзового режиму.

Запропоновано конструктивно-технологічні рішення, що передбачають використання багатоканального редуктора тиску та удосконалених конструкцій гальмівних колодок зі стабілізацією температурного режиму й коефіцієнта тертя. Використання таких рішень дозволяє підвищити гальмівну ефективність, скоротити гальмівний шлях, зменшити знос елементів гальмівної системи та підвищити надійність роботи рухомого складу.

Отримані результати підтверджують перспективність подальшого впровадження запропонованих технічних рішень для розвитку швидкісного та високошвидкісного залізничного руху в Україні.

Література

1. Пшинько А.М. Удосконалення методів ефективності гальм вагонів / А.М. Пшинько, С.В. Мямлин, В.І. Приходько [та ін.] // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2005. – Вип. 7. – С. 74-78.

2. Бабаєв А.М. Вплив розміщення гальмівних колодок на колесі вантажного вагона на ефективність його гальмування / А.М. Бабаєв, П.Д. Даниш // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 22. – С. 7-9.

3. Мурадян Л.А. Про гальмівні колодки доріг України / Л.А. Мурадян, А.М. Бабаєв, С.В. Винокурова // Вагони та вагонне господарство. – 2010. – № 24. – С. 43-44.

4. Бабаєв А.М. Принцип дії, розрахунки та основи експлуатації гальм рухомого складу залізниць [Текст]: навч. посібник / А.М. Бабаєв, Д.В. Дмитрієв. – Київ: ДЕТУТ, 2007. – 176 с.

5. Мурадян Л.А. Несправності гальмівного обладнання та дефекти колісних пар вантажних вагонів / Л.А. Мурадян, В.Ю. Шапошник, О.А. Шикунов // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2021. – № 3 (67). – С. 5-15.

6. Ловська А.О. Дослідження технічного стану гальмових систем візків вантажних вагонів в умовах експлуатації / А.О. Ловська, В.Г. Равлюк // Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту : матеріали 82 Міжнар. наук.-практ. конф. (20-21 квітня 2023 р.). – Дніпро : УДУНТ, 2023. – С. 318-320.

7. Галай Е.І. Підвищення ефективності електропневматичних гальм поїзда: монографія / Е.І. Галай. – Гомель, 2002. – 182 с.

8. Патент на корисну модель № 160204 B61C 15/10 Гальмівна колодка залізничного рухомого складу / Ковтанець М.В., Могила В.І., Бойко Г.О., Сергієнко О.В., Марченко Д.М., Ковтанець Т.М.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u 2025 01004; заявл. 07.03.2025; опубл. 14.08.2025, Бюл.№ 33. – 2

9. Патент на корисну модель № 128502 B61H 1/00 B24D 3/34 (2006.01) Гальмівна колодка з ступінчатим охолодженням / Горбунов М.І., Могила В.І., Ковтанець М.В., Алдокімов М.Г., Козюберда А.А., Абдулаєв В.В.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u 2018 02067; заявл. 28.02.2018; опубл. 25.09.2018, Бюл. № 18. – 2 с.

10. Патент на корисну модель № 155381 B61H 1/00 Гальмівна колодка залізничного рухомого складу / Ковтанець М.В., Могила В.І., Ноженко В.С., Бойко Г.О., Сергієнко О.В., Ковтанець Т.М.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u 2023 04363; заявл. 15.09.2023; опубл. 22.02.2024, Бюл.№ 8. – 2 с

kovtanetsm@gmail.com

УДК 629.451

Ковтанець М.В.[1], к.т.н., доц., Могила В.І.[1], к.т.н., проф.,
Сладковський О.В.[2], д.т.н., проф., Кравченко К.О.[3], к.т.н., доц.
[1]Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна
[2]Сілезький технологічний університет, Польща
[3]Жилінський університет, Словаччина

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФРИКЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОЛІС З РЕЙКАМИ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Анотація. *У статті розглянуто особливості функціонування трибологічної системи «колесо-рейка» та її вплив на ефективність роботи залізничного рухомого складу в умовах високошвидкісного і великовагового руху. Проаналізовано фактори, що визначають величину коефіцієнта зчеплення та інтенсивність зношування коліс і рейок. Розглянуто переваги та недоліки традиційної піскоподачі, а також систем змащування гребенів коліс і рейок. Встановлено, що застосування кварцового піску призводить до засмічення баластної призми, підвищеного абразивного зношування та додаткових енергетичних втрат. Обґрунтовано перспективність використання модифікаторів тертя як альтернативної технології підвищення та стабілізації коефіцієнта зчеплення. Використання автоматизованих систем нанесення модифікаторів дозволяє зменшити зношування елементів системи «колесо-рейка», підвищити тягові характеристики локомотивів та знизити експлуатаційні витрати.*

Проблематика дослідження. Ефективність використання залізничного рухомого складу в умовах динамічного розвитку високошвидкісного та великовагового рухів великою мірою визначається параметрами функціонування трибологічної фрикційної системи «колесо-рейка».

Надійність та ресурсні характеристики фрикційної підсистеми «колесо-рейка» є визначальними факторами збільшення швидкості руху рухомого складу та підвищення вантажопідйомності вагонів та їх ваги, навантаження, зниження витрат на експлуатацію та утримання залізничної колії і рухомого складу [1].

Трибологічні процеси визначають відповідні ресурсні характеристики, при цьому вони нелінійно залежать від багатьох факторів. Одними з основних факторів, що визначають ресурсні характеристики коліс та рейок, є навантаження та швидкість ковзання.

Основні матеріали дослідження. Для вирішення завдань стабільності фрикційної взаємодії коліс з рейками тягового рухомого складу розробляються технології забезпечення стабільності підвищення величини коефіцієнта зчеплення коліс з рейками при одночасному зменшенні інтенсивності зношування поверхонь, що контактують. Високий вплив на реалізований коефіцієнт зчеплення коліс тягового рухомого складу з рейками мають погодні та кліматичні умови, що призводить до варіювання значення коефіцієнта зчеплення в експлуатації в межах 0,06-0,45 [2, 3].

Вирішення цієї проблеми пов’язане з теоретичними та практичними розробками активізаторів зчеплення, нанесення яких на тягову поверхню бандажів коліс локомотивів підвищує не тільки коефіцієнт зчеплення коліс локомотива, але і його стабільність у різних умовах експлуатації.

Застосування піску як засіб підвищення зчеплення залишається основним методом забезпечення безпеки руху в складних погодних умовах (дощ, ожеледь, опале листя та інші забруднення) через свою надійність і дешевизну самого піску, попри приховані високі витрати на утримання інфраструктури. Використання кварцового піску для підвищення зчеплення (піскоподача) – це вимушений захід, який має низку негативних наслідків.

1. Засмічення баластної призми. Пісок, що потрапляє на рейки, після проходження поїзда розлітається і падає на рейково-шпальну решітку, змішуючись із щебеневим баластом. З часом це призводить до втрати дренуючих властивостей баласту, його «цементування», застою води, появи пустот під шпалами та, як наслідок, – просідання колії. Це вимагає дорогих робіт з очищення або заміни баласту [4, 5].

2. Обмеження плечей обороту локомотивів. Через необхідність регулярного поповнення бункерів піском (екіпірування), локомотиви не можуть працювати на довгих плечах без зупинок. Це знижує продуктивність використання локомотивів та збільшує час обороту [4].

3. Втрата тягової енергії. Пісок між колесом і рейкою створює значний опір коченню. Дослідження показують, що значна частина механічної енергії витрачається на руйнування піщинок та подолання тертя, що знижує загальний ККД тяги (втрати можуть досягати вказаних 5% і більше) [6].

4. Скорочення ресурсу колісних пар. Пісок діє як абразив, він викликає інтенсивне зношування (абразивний знос) поверхонь кочення коліс та рейок, що призводить до необхідності частішого обточування колісних пар і зменшує їх загальний термін служби [5, 6].

З метою зниження інтенсивності зношування гребенів коліс залізничного рухомого складу та рейок на робочі поверхні гребенів або на бічну поверхню головки рейки наноситься мастильний матеріал.

Застосування цієї технології призводить до:

1. Зниження зносу в 5-10 разів. Змащування гребенів коліс (або бокової поверхні головки рейки) суттєво зменшує коефіцієнт тертя в контакті «гребінь колеса – бокова грань рейки», особливо у кривих ділянках колії, що різко зменшує інтенсивність абразивного зносу [4].

2. Зниження сили тяги $F_б$ (бічної сили). Завдяки зменшенню тертя $f_{тр}$, сила, що діє на гребінь (бічна сила, що притискає колесо до рейки), зменшується в 2-3 і більше разів. Це не лише знижує знос, але й зменшує ризик сходу рухомого складу та знижує опір руху поїзда [4].

3. Додаткові переваги. Окрім зносу, знижується рівень шуму у кривих та споживання енергії (палива/електроенергії) на тягу поїздів.

Для змащування використовують спеціальні графітові, тверді або рідкі мастильні матеріали, які наносяться або стаціонарними рейковими

змащувачами, або бортовими системами змащування, встановленими на локомотивах.

Дана технологія, крім падіння сили тертя $f_{тр}$ за рахунок змащування гребеня колеса та бічної поверхні головки рейки, створює і умови падіння сили тертя $f_{тр}$ за рахунок переходу антифрикційного матеріалу (наприклад, графіту, дисульфіду молібдену MoS_2 або твердих мастил) на поверхню кочення колеса.

Основні чинники падіння тяги при використанні цієї технології [7, 8]:

Міграція мастила. Навіть при правильному нанесенні на гребінь, мастильний матеріал може переноситися (мігрувати) на поверхню кочення, значно знижуючи коефіцієнт зчеплення колеса з рейкою.

Зниження коефіцієнта тертя. Антифрикційні тверді мастила та графітові суміші, що використовуються для захисту гребенів від зносу, переходячи в зону контакту, знижують тертя до рівня, недостатнього для реалізації високої сили тяги.

Відсутність вибірковості. Застарілі або неправильно налаштовані системи змащування подають занадто багато мастила, яке потрапляє на головку рейки, створюючи «слизьку» поверхню.

Для мінімізації цього ефекту використовують спеціальні високоточні системи (форсунки), які наносять мастило порційно лише на набігаючий гребінь.

Останнім часом з метою підвищення величини та стабільності сили тяги вченими та фахівцями багатьох країн активно ведуться роботи щодо створення альтернативної подачі піску технології.

Однією з них є технологія модифікування поверхонь колеса та рейки з метою підвищення тягового зусилля локомотива, а також виключення негативних наслідків застосування піску як активатора зчеплення (інтенсивний знос коліс та рейок, засмічення піском баластної призми і т.д.). Застосування модифікаторів поверхні тертя є найбільш перспективним та ефективним шляхом збільшення провізної та пропускної здібності залізниць, підвищення конкурентоспроможності системи «шлях-рухомий склад» [9, 10].

Ось чому ця технологія є перспективною:

1. Екологічність та чистота баласту

Проблема піску. Пісок, що використовується для підвищення зчеплення, з часом накопичується в баластній призмі (щебені). Це призводить до засмічення, втрати дренажних властивостей, що вимагає дорогої очистки або заміни баласту.

Рішення модифікаторів. Модифікатори наносяться в дуже малих кількостях (нанограми або мікрограми) і не забруднюють баластну призму.

2. Зменшення зносу (економія матеріалів)

Проблема піску. Пісок діє як абразив, інтенсивно зношуючи як бандажі коліс, так і рейки, що скорочує термін їхньої служби та збільшує витрати на ремонт.

Рішення модифікаторів. Сучасні рідкі або тверді модифікатори (на основі графіту, спеціальних полімерів) знижують коефіцієнт тертя в кривих (зменшуючи знос бічної поверхні) та оптимізують його в контакті «колесо-рейка» для тяги, забезпечуючи «м’яке» зчеплення без абразивного ефекту.

3. Підвищення тягових характеристик

Модифікатори зчеплення дозволяють досягти стабільного та високого коефіцієнта зчеплення (0,35-0,40 і вище), що перевищує показники сухого чи пісочного зчеплення. Це дозволяє локомотивам перевозити важчі поїзди та впевненіше долати підйоми.

4. Економічна ефективність

Збільшення провізної здатності (вага поїзда).

Зменшення витрат на технічне обслуговування (менше переточувань коліс, рідша заміна рейок).

Економія електроенергії або палива через оптимізацію процесу кочення.

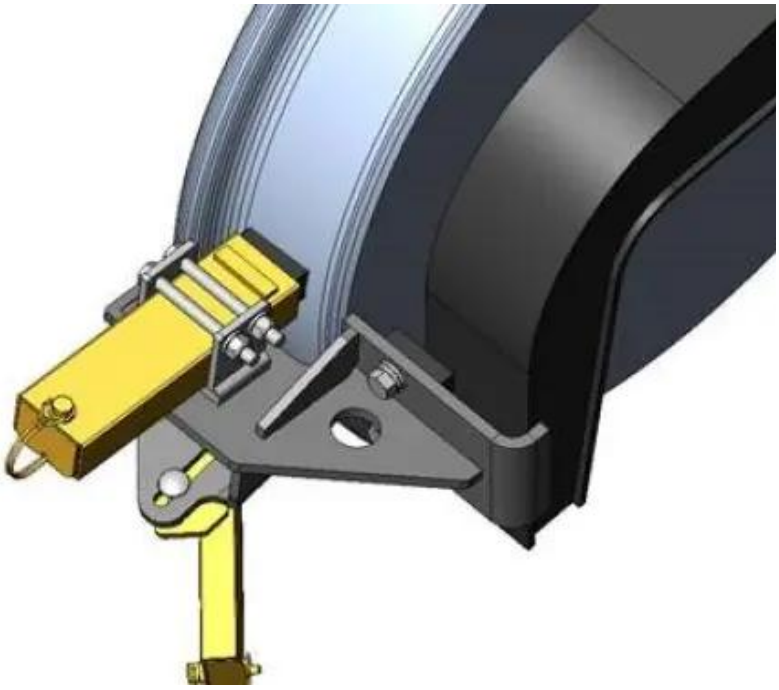


Рис. 1 – Схема установки модифікатора тертя

Впровадження систем автоматичного нанесення модифікаторів тертя – це перехід від «грубого» механічного підвищення зчеплення (пісок) до «розумного» трибологічного управління, що підвищує конкурентоспроможність залізничного транспорту.

Висновок. У результаті проведеного аналізу встановлено, що ефективність функціонування трибологічної системи «колесо-рейка» суттєво впливає на тягові характеристики, безпеку руху, ресурс колісних пар і рейок, а також економічні показники експлуатації залізничного транспорту. Визначено, що традиційне використання кварцового піску як активатора зчеплення, попри простоту та надійність, супроводжується низкою негативних наслідків, зокрема інтенсивним абразивним зношуванням поверхонь кочення, засміченням баластної призми, збільшенням енергетичних втрат та зниженням ресурсу елементів інфраструктури і рухомого складу.

Проаналізовано особливості застосування систем змащування гребенів коліс і рейок та встановлено, що при недосконалому дозуванні мастильних матеріалів можливе погіршення реалізації сили тяги через міграцію мастила в

зону контакту «колесо-рейка». Водночас використання сучасних високоточних систем нанесення дозволяє мінімізувати ці негативні явища.

Обґрунтовано перспективність використання технологій модифікування поверхонь тертя як альтернативи традиційній піскоподачі. Встановлено, що застосування модифікаторів тертя забезпечує стабільне підвищення коефіцієнта зчеплення, зменшення інтенсивності зношування коліс та рейок, зниження експлуатаційних витрат і підвищення провізної здатності залізниць. Впровадження автоматизованих систем нанесення модифікаторів тертя є перспективним напрямком розвитку сучасного залізничного транспорту та створює передумови для підвищення конкурентоспроможності системи «шлях – рухомий склад».

Література

1. Горбунов Н.И. Теоретический анализ степени влияния параметров струйно-абразивного потока на коэффициент трения колеса с рельсом / Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец, Е.А. Кравченко, В.Д. Черников // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2013. – № 4 (193). – С. 63-67.

2. Костюкевич А.И. Экспериментальная проверка эффективности струйно-абразивного воздействия на рельсы для улучшения фрикционных свойств контакта «колесо-рельс» / А.И. Костюкевич, Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец // Вісник СНУ ім. В. Даля. – 2013. – Ч.1, № 18 (207). – С. 33-37.

3. Горбунов Н.И. Определение степени влияния параметров струйно-абразивного потока на коэффициент трения колеса с рельсом / Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец // Збірник статей за матеріалами ІІІ-ї Міжнародної інтернет конференції молодих учених та студентів «Проблеми розвитку транспортних систем в Євразійському регіоні», 25-27 травня 2015 р., м. Сєвєродонецьк. – Сєвєродонецьк: СНУ ім. В.Даля, 2015. – С. 16-19.

4. Возняк О.М. Управління фрикційною взаємодією у двоточковому контакті «колесо-рейка» локомотива: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.07 / Український державний університет залізничного транспорту. Харків, 2019. – 185 с.

5. Харченко В.Ф., Калієвський Ю.М., Косарєв О.М. Підвищення ефективності локомотивної тяги та безпеки руху в системі «колесо-рейка»: монографія. Харків: УкрДУЗТ, 2016. – 240 с.

6. Боднар Б.Є. Оптимізація процесів триботехнічної взаємодії в системі колесо-рейка. Наука та прогрес транспорту / Б.Є. Боднар, О.Б. Очкасов, Є.Б. Боднар // Вісник

Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2015. – № 3 (57). – С. 112-121.

7. Кузьмич В.Д. Теорія локомотивної тяги: підручник для вузів залізничного транспорту / В.Д. Кузьмич, В.С. Руднєв, С.Я. Френкель // Київ: Транспорт України, 2007. – 448 с.

8. Даніленко Е.І. Залізнична колія: підручник: у 2 т. Київ: Інпрес, 2010. Т.1: Устрій і проекти колії. – 528 с.

9. Ковтанець М.В. Підвищення ефективності тягово-зчіпних та гальмівних якостей локомотивів за рахунок безпосередньої подачі піску в контакт колеса з рейкою / М.В. Ковтанець, В.І. Могила // Наукові вісті Далівського університету, № 28, 2025. Електронне наукове фахове видання. DOI: https://doi.org/10.33216/2222-3428-2025-28-11

10. Патент на корисну модель № 153843 B61C 15/00 Пристрій безконтактного керування фрикційною взаємодією у трибологічному двоточковому контакті колеса з рейкою / Ковтанець М.В., Ноженко В.С., Сергієнко О.В., Бойко Г.О., Могила В.І., Морнева М.О., Ковтанець Т.М., Вакулік М.М., Папуков А.М.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u 2023 00444; заявл. 08.02.2023; опубл. 06.09.2023, Бюл.№ 36. – 3 с.

kovtanetsm@gmail.com

УДК 656.614.2:629.047

Левашова Д.Д., студентка, Михайлова Ю.В. к.е.н.,доц.

Одеський національний морський університет, Україна

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ КЛІМАТИЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

Анотація. *Робота присвячена аналізу практичних заходів щодо забезпечення безпеки пасажирського флоту в умовах екстремальних погодних явищ. У доповіді розглянуто конкретні зміни до міжнародної конвенції SOLAS(International Convention for the Safety of Life at Sea) 2026, технології відеомоніторингу на базі штучного інтелекту та методи адаптації*

портів до коливань рівня морських вод. Основна увага приділена переходу від теоретичних ситуацій до реального моделювання евакуації та захисту суден від штормових навантажень.

Проблематика дослідження. Головна проблема сучасних пасажирських перевезень - невідповідність старих стандартів безпеки новій силі природних явищ. За останні роки інтенсивність штормів зросла на 15-20%, що робить традиційні методи розрахунку остійності суден недостатніми. Великі пасажирські лайнери мають величезну парусність, що при аномальних поривах вітру створює ризик критичного крену. Друга проблема - застаріла портова інфраструктура, яка не розрахована на різкі паводки та коливання рівня води, що блокує роботу терміналів і створює небезпеку при швартуванні. Відсутність миттєвого обміну даними між суднами та метеослужбами в реальному часі призводить до того, що екіпаж дізнається про небезпеку занадто пізно для маневру.

Основні матеріали дослідження. Основним інструментом адаптації морської галузі до кліматичних змін стали нові поправки до конвенції SOLAS, які офіційно набули чинності 1 січня 2026 року. Резолюція MSC.550(108) внесла зміни до регламенту SOLAS II-2/20 (Захист транспортних, спеціальних та ро-ро приміщень). Ці поправки вперше в історії роблять обов'язковим встановлення систем відеомоніторингу та відеозапису у вантажних і пасажирських зонах на суднах типу ро-ро для безперервного спостереження за приміщеннями. Система повинна мати можливість негайного відтворення запису для швидкого визначення місць спалаху. Камери встановлюються так, щоб охоплювати все приміщення, на достатній висоті. Впровадження безперервного відеомоніторингу, зокрема у пасажирських зонах дозволяє автоматизувати виявлення серйозних порушень. Сучасні системи поєднують відео з алгоритмами комп'ютерного зору для раннього попередження, не наражаючи персонал на небезпеку під час огляду судна. Крім того, у всіх приміщеннях має бути встановлена система пожежної сигналізації з тепловими детекторами додатково до наявних димових, або існуючі димові детектори можуть бути замінені на комбіновані димові та теплові. Це критично важливо, оскільки при

екстремальних температурах і вологості звичайні системи часто дають збій. Для суден, збудованих до 1 січня 2026 року, вимоги щодо відеомоніторингу та пожежної сигналізації набувають чинності не пізніше першого огляду на або після 1 січня 2028 року. Це означає, що весь існуючий флот, включаючи пасажирський, зазнає суттєвої модернізації.

Другим важливим напрямком є перехід від статичних планів евакуації до динамічного моделювання. Згідно з рекомендаціями IMO MSC.1/Circ.1533, кожне нове пасажирське судно повинно проходити перевірку через комп'ютерну симуляцію, яка визначає рух пасажирів при нахилі судна на 20 градусів і більше. Дослідження, опубліковане в журналі «International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering», показало, що при моделюванні евакуації з урахуванням комбінованого ефекту диференту та крену швидкість руху пасажирів зменшується значно сильніше, ніж при розгляді цих факторів окремо. Це підтверджує необхідність комплексного підходу до проєктування шляхів евакуації. Для існуючого пасажирського флоту впроваджуються системи інтелектуальної підсвітки шляхів евакуації, яка змінює напрямок залежно від того, де саме на судні зафіксовано ту чи іншу аварійну ситуацію. Це дозволяє виявити «вузькі місця» в коридорах ще на етапі проєктування і зменшити ризики під час реальних аварійних ситуацій.

Адаптація портової інфраструктури сьогодні базується на створенні «Цифрових двійників». Європейський проєкт «Digital Twin Ocean» (EU DTO), розроблений в рамках місії ЄС «Відновлення наших океанів та вод», інтегрує дані з програми «Copernicus» та мережі «EMODnet» для створення інтерактивної цифрової копії морських вод. Платформа «EU DTO» використовує хмарні обчислення, штучний інтелект та високопродуктивне моделювання для поєднання різних потоків даних в єдине інтерактивне цифрове середовище. Це дозволяє прогнозувати коливання рівня води за 48 годин і заздалегідь виводити судна на безпечну глибину. Супутник «Sentinel-6 Michael Freilich» надає виміри зміни рівня морської поверхні, що є ключовим для моніторингу глобального підйому рівня моря та розуміння зміни клімату. В інженерному плані впроваджуються автоматичні вакуумні системи швартування, які утримують

судно набагато міцніше за традиційні троси під час сильних поривів вітру. Це критично важливо для великих лайнерів у портах з відкритими акваторіями.

Використання штучного інтелекту на капітанському містку допомагає аналізувати тисячі погодних сценаріїв і обирати маршрут з найменшим споживанням палива та найбільшим комфортом для людей. Системи штучного інтелекту не просто обирають найкоротший шлях, але вони і моделюють наслідки рішень до того, як судно їх прийме, тому це дозволяє уникати найгірших погодних сценаріїв.

Третій аспект, це підготовка екіпажу за стандартами STCW (International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers) 2026. На даний час моряки зобов'язані проходити тренінги з управління панікою в умовах тривалої ізоляції судна через шторм. Це пов'язано з тим, що кліматичні зміни все частіше призводять до багатогодинних затримок рейсів у відкритому морі, що створює величезне психологічне навантаження на пасажирів. Згідно з дослідженням «Climate Central», опублікованим у журналі «Environmental Research: Climate», згідно з антропогенними змінами клімату, середня швидкість атлантичних ураганів зросла приблизно на 29 км/год за останні шість років. Для більшості з 40 досліджених штормів це збільшення призвело до підвищення на цілу категорію за шкалою Саффіра-Сімпсона. Дослідники вже пропонують ввести категорію 6 для ураганів, оскільки існуюча шкала більше не відображає реальну небезпеку.

У квітні 2025 року Комітет із захисту морського середовища IMO (MEPC 83) схвалив проєкт регламенту IMO «Net-Zero Framework» - першого у світі обов'язкового паливного стандарту та механізму ціноутворення на викиди у навколишнє середовище. Регламент поєднує обов'язкові ліміти викидів та механізм ціноутворення на парникові гази для суден понад 5000 тон валової місткості, які генерують 85% загальних викидів CO_2 від міжнародного судноплавства, включаючи пасажирські судна. З 2024 року система торгівлі викидами ЄС «EU ETS» поширюється на CO_2 викиди від великих суден, що заходять до портів ЄС. У 2026 році система охоплюватиме вже 70% викидів, а з

2027 року планується всі 100%. Це створює потужний економічний стимул для впровадження енергоефективних технологій.

Висновки. Підсумовуючи, необхідно підкреслити, що безпека пасажирських перевезень в умовах кліматичних змін потребує негайного переходу до стратегії активної стійкості. Традиційні методи оцінки ризиків є недостатніми для протидії нелінійним погодним аномаліям, що вимагає впровадження технологій штучного інтелекту, цифрових двійників та систем моніторингу реального часу. Наукова новизна підходу полягає у визначенні стійкості як здатності всього транспортного комплексу (судно-порт-екіпаж) зберігати функціональність через синергію інженерних рішень, ESG-інвестицій та кіберзахисту. Стійкість морської галузі стане визначальним фактором збереження глобальної мобільності у наступні десятиліття, що робить створення уніфікованої міжнародної системи управління кліматичними ризиками пріоритетним завданням для світової спільноти.

dashalev1807@gmail.com

УДК 621.436:629.128.6

Могила В.І.[1], к.т.н., проф., Ковтанець М.В.[1], к.т.н., доц.,
Сергієнко О.В.[1], к.т.н., доц., Плотніков В.Д.[1], аспірант,
Тарасов Д.В.[1], студент
[1]Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕПЛОВОЗНИХ ДИЗЕЛІВ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

Анотація. *У статті розглянуто актуальні питання відновлення та модернізації тепловозного парку в умовах зростання потреби у використанні автономної тяги через ризики знеструмлення залізничної інфраструктури в період воєнного стану. Проведено аналіз сучасного стану локомотивного господарства АТ «Укрзалізниця», проблем експлуатації та*

відновлення тепловозів старого покоління, а також перспектив їх модернізації. Встановлено, що в умовах відсутності серійного виробництва вітчизняних дизельних двигунів для магістральних тепловозів особливого значення набувають питання технічного аудиту та діагностування існуючих силових установок. Наведено характеристику найбільш поширених типів тепловозних дизелів Д100 та Д49, розглянуто сучасні підходи до технічного діагностування двигунів внутрішнього згоряння. Запропоновано метод діагностування тепловозних дизелів за нерівномірністю частоти обертання колінчастого вала та параметрами пускового струму, який дозволяє отримувати оперативну інформацію про технічний стан двигуна з мінімальною кількістю вимірювальних засобів. Використання запропонованого підходу забезпечує підвищення точності та достовірності діагностування, зменшення матеріальних витрат і скорочення часу проведення діагностичних досліджень.

Проблематика дослідження. АТ «Укрзалізниця» експлуатує парк локомотивів, у якому кількість електровозів приблизно у п’ять разів перевищує кількість тепловозів. Водночас в умовах воєнного стану та ризиків знеструмлення залізничної інфраструктури роль тепловозної тяги суттєво зростає. У зв’язку з цим АТ «Укрзалізниця» здійснює оперативне відновлення тепловозів, що були успадковані у значній кількості та можуть забезпечити безперервність перевізного процесу [1].

Основні матеріали дослідження. Ефективність та економічна доцільність модернізації тягового рухомого складу переконливо підтверджується світовою практикою. Країни Східної Європи активно закуповують списані в Україні локомотиви для проведення їх модернізації, що дозволяє збільшувати власний локомотивний парк [2].

У відкритих джерелах відсутня інформація щодо кількості списаних вітчизняних тепловозів старого покоління, які перебувають у відстої або резерві АТ «Укрзалізниця», а також на території багатьох великих промислових підприємств.

Разом із тим слід зазначити, що на сьогодні жодне українське підприємство, на жаль, не має успішного досвіду серійного виробництва дизельних двигунів для магістральних тепловозів. Єдина спроба налагодження виробництва вітчизняних дизелів для тепловозів на ДП «Завод ім. Малишева» не дала

очікуваних результатів [2]. Тому під час відновлення та модернізації застарілих тепловозів першочерговим завданням має бути проведення аудиту їх технічного стану та комплексного діагностування дизельних двигунів.

Ефективність та економічна доцільність модернізації тягового рухомого складу дійсно є критично важливою для подолання старіння локомотивного парку «Укрзалізниці» та промислових підприємств. Це дозволяє уникнути колосальних витрат на закупівлю нових магістральних машин, які на світовому ринку коштують мільйони доларів.

Аналіз цього твердження та реального стану справ розкриває кілька ключових аспектів:

1. Проблема виробництва вітчизняних дизелів. Спроби локалізувати виробництво потужних дизелів на ДП «Завод ім. Малишева» (наприклад, розробка двигунів типу Д80/1Д80Б) дійсно були невдалими через низку конструкторських та технологічних недоліків, що підтверджується галузевими дослідженнями. На сьогодні вітчизняні машинобудівні підприємства орієнтовані переважно на капітальний ремонт існуючих радянських силових установок типу Д100 та 10Д100. [3]

2. Альтернативні шляхи модернізації. Оскільки власні двигуни для магістральних тепловозів серійно не випускаються, галузева практика та український досвід спираються на два основні напрямки:

Заміна двигунів на іноземні (ремоторизація): успішним прикладом є модернізація маневрових локомотивів (наприклад, ЧМЕ3) із встановленням двигунів від світових лідерів, таких як Caterpillar (США) або CZ LOKO (Чехія);

Поглиблена модернізація на потужностях «Укрзалізниці»: УЗ відновлює свій зношений парк самостійно. Через військові виклики та пошкодження енергетичної інфраструктури, залізничники освоюють виготовлення власних дефіцитних запчастин та компонентів для тепловозів 80-х років випуску (серії ТЕП70) [4].

3. Аудит перед відновленням. Процедура ремоторизації або глибокої модернізації (яку інколи описують як «анімування» тепловозів) обов’язково має починатися з ретельного аудиту та комп’ютерної діагностики. Оцінці підлягають

не лише дизельні двигуни, але й головні генератори, тягові електродвигуни та зношеність металоконструкцій. Лише після цього приймається рішення про економічну доцільність капіталовкладень [2, 4].

Згідно з ГОСТ 4393-82, позначення тепловозних двигунів будується за буквено-цифровою системою (наприклад, 8ЧН26/26 чи 16ЧН26/26)

Основні розшифровки позначень:

Цифра на початку – кількість циліндрів (наприклад, 8 або 12).

Ч / Д – тактність (Ч – чотиритактний, Д – двотактний).

Н – з газотурбінним наддувом (відсутність букви означає відсутність наддуву).

Дріб у кінці – чисельник означає діаметр циліндра (см), знаменник – хід поршня (см).

Характеристики найвідоміших дизелів, які випускалися для тепловозів і дизель-поїздів у минулі роки.

1. Дизелі типу Д49 (ЧН 26/26 – чотиритактні з наддувом)

Двигуни цього типу встановлювалися на вантажні та пасажирські тепловози (наприклад, 2ТЭ116, ТЭП70, М62) та маневрові локомотиви.

- 8ЧН26/26 (позначення 3А-6Д49)
    - Потужність: 883 кВт (1200 к.с.)
    - Частота обертання: 1000 об/хв
- 12ЧН26/26 (позначення 1А-5Д49, 1-26ДГ)
    - Потужність: 1470 - 2210 кВт (2000-3000 к.с. залежно від модифікації)
    - Частота обертання: 1000 об/хв
- 16ЧН26/26 (позначення 10Д49, 2-26ДГ)
    - Потужність: 2205-2940 кВт (3000-4000 к.с.)
    - Частота обертання: 1000 об/хв

2. Дизелі типу Д100 (ДН 20,7/2,х2 – двотактні)

Створювалися на базі відомого двигуна конструкції Fairbanks-Morse. Використовувалися на легендарних тепловозах ТЕ10, ТЕП60 (частково) та маневрових ТЕМ2.

- 10Д100 (10ДН 20,7/2х25,4)
    - Потужність: 2206 кВт (3000 к.с.)
    - Особливість: двотактний, вертикальний, двовальний (два колінчасті вали).
- 2Д100 (2ДН 20,7/2х25,4)
- Потужність: 1470 кВт (2000 к.с.)

3. Дизелі типу М750 (М756)

Використовувалися на ранніх радянських дизель-поїздах (наприклад, перші склади ДР1) та спецтехніці.

- 12ЧН 18/20 (позначення М756Б)
    - Потужність: 736 кВт (1000 к.с.)
    - Частота обертання: 1500 об/хв
    - Особливість: V-подібний, високооборотний чотиритактний дизель.

4. Дизелі типу Д12 (12ЧСП 15/18)

Зустрічалися на деяких типах маневрових тепловозів (ТГК2) та автодрезинах.

- 1Д12-400Б (12ЧС 15/18)
    - Потужність: 294 кВт (400 к.с.)
    - Частота обертання: 1500 об/хв
    - Особливість: V-подібний, швидкісний, чотиритактний без наддуву.

На рисунку 1 представлений найбільш використовуваний в тепловозах дизельна установка типу Д49.

Технічний стан тепловозного дизеля є одним із ключових чинників, що визначає надійність, економічність та екологічну безпеку експлуатації автономного локомотива. Забезпечення належного технічного стану силової установки безпосередньо впливає на ефективність функціонування локомотива та рівень його експлуатаційних витрат.

Розвиток технічних засобів вимірювання та їх комп’ютеризація стали важливим поштовхом для подальшого вдосконалення теорії і практики діагностування дизельних двигунів. При цьому можна виділити два принципово різні підходи до організації процесу діагностування. Перший підхід

характеризується збільшенням кількості використовуваних датчиків та орієнтований на обробку значних масивів інформації із застосуванням сучасних методів аналізу даних, зокрема технологій нечіткої логіки, систем штучного інтелекту та інших інтелектуальних алгоритмів.

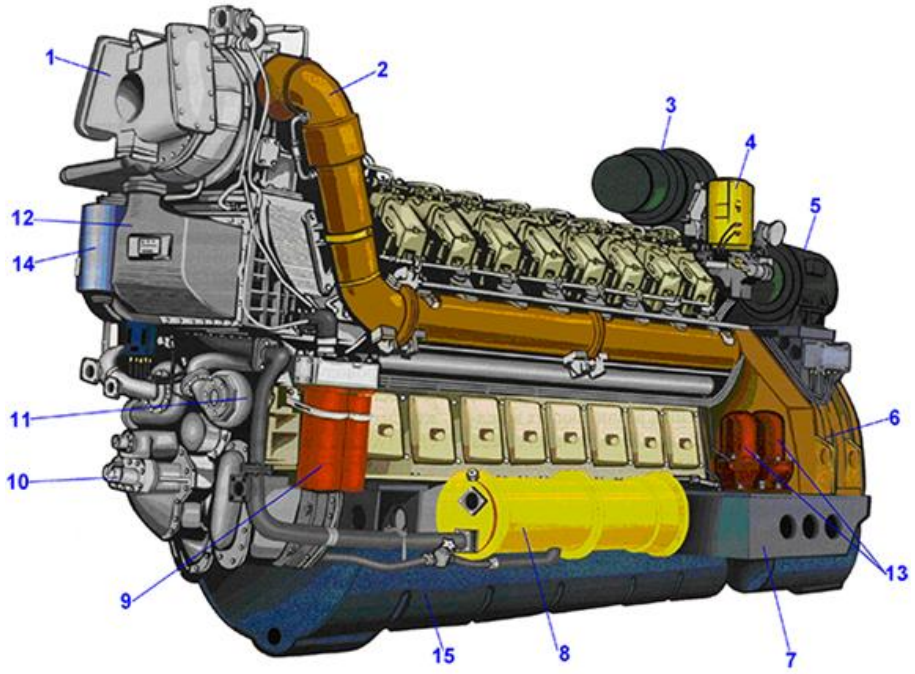


Рис. 1 – Дизельна установка типу Д49

1 – турбокомпресор; 2 – колектор випускний; 3 – вентилятор охолодження тягового генератора; 4 – регулятор частоти обертання та потужності; 5 – збудник тягового генератора; 6 – генератор тяговий (змінного струму); 7 – піддизельна рама; 8 – маслоохолоджувач; 9 – масляний фільтр грубої очистки; 10 – насос масляний; 11 – насос водяний; 12 – охолоджувач наддувочного повітря; 13 – відцентрові фільтри масла; 14 – масловідокремлювальний бачок; 15 – піддон дизеля.

Як правило, у межах цього підходу використовуються результати вимірювання параметрів, які змінюються відносно повільно в часі та переважно залежать від зміни режимів роботи дизеля. Такий метод набуває дедалі ширшого застосування у складі бортових систем керування та діагностування сучасних

двигунів, забезпечуючи підвищення точності оцінювання технічного стану та своєчасне виявлення несправностей.

Другий підхід орієнтований на реєстрацію та аналіз швидкоплинних процесів, параметри яких змінюються протягом робочого циклу дизеля. Отримання значного обсягу інформації за мінімальної кількості вимірювань забезпечує цьому підходу суттєві переваги при його використанні у стаціонарних та переносних системах діагностування. Основною перевагою є можливість оперативного отримання діагностичної інформації під час контролю технічного стану дизелів, що перебувають в експлуатації та характеризуються низьким рівнем контролепридатності.

Застосування мінімально необхідної кількості датчиків у таких системах дозволяє знизити матеріальні витрати на етапах придбання та введення засобів діагностування в експлуатацію. Крім того, це сприяє скороченню витрат трудових і матеріальних ресурсів під час підготовки об’єкта до проведення діагностичних досліджень, а також зменшує тривалість виконання діагностичних робіт.

Одним із найпростіших способів оцінювання технічного стану є параметричні методи діагностування, що базуються на принципі Солсбері [5]. Основна ідея цього принципу полягає у формуванні діагнозу на основі діагностичного симптому, який визначається шляхом порівняння фактично виміряного параметра з його еталонним значенням. Застосування такого підходу найчастіше дозволяє вирішувати завдання контролю технічного стану об’єкта, тобто отримувати відповідь на питання щодо його працездатності: «справний чи несправний» об’єкт діагностики.

Вітчизняний та зарубіжний досвід свідчить, що впровадження технологій технічного діагностування тепловозних дизелів є одним із найбільш важливих напрямів підвищення їх експлуатаційної надійності та економічної ефективності [6, 7]. Організація процесів діагностування двигунів має ґрунтуватися на оптимальному поєднанні діагностичних процедур із заходами технічного обслуговування та ремонту сучасного парку тепловозів. Основною метою такого

підходу є забезпечення та підтримання працездатного стану силових установок протягом усього періоду експлуатації [8].

Для оцінювання технічного стану тепловозних двигунів внутрішнього згоряння пропонується метод діагностування, який базується на аналізі нерівномірності частоти обертання колінчастого вала та параметрів пускового струму. Реалізація цього способу передбачає з'єднання колінчастого вала двигуна із датчиком, що забезпечує вимірювання миттєвої кутової швидкості його обертання. Одночасно акумуляторна батарея підключається до датчика вимірювання пускового струму. Отримані сигнали миттєвої кутової швидкості та пускового струму синхронізуються відповідно до порядку роботи циліндрів із використанням сигналу від датчика синхронізації, встановленого на паливопроводі високого тиску будь-якого циліндра [9].

На рисунку 2 наведено структурну схему системи діагностування тепловозних двигунів внутрішнього згоряння за нерівномірністю частоти обертання колінчастого вала та параметрами пускового струму. До її складу входять: колінчастий вал двигуна внутрішнього згоряння 1, датчик частоти обертання 2, акумуляторна батарея 3, датчик струму 4, датчик синхронізації 5, реєстратор 6 та диференціатор 7.

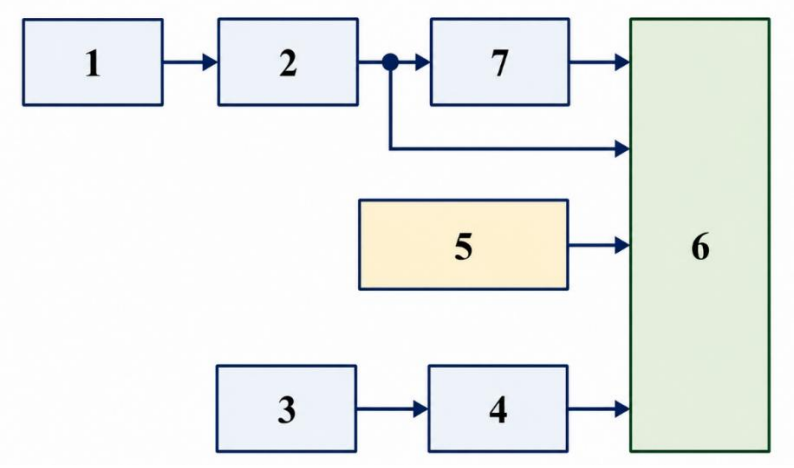


Рис. 2 – Структурна схема діагностування тепловозних двигунів внутрішнього згоряння за нерівномірністю частоти обертання колінчастого вала та параметрами пускового струму

Під час обертання колінчастого вала двигуна внутрішнього згоряння датчик частоти обертання, встановлений співвісно з валом, здійснює фіксацію миттєвих значень частоти його обертання. Одночасно на виході диференціатора формується сигнал миттєвого прискорення обертання колінчастого вала. Крім того, датчик струму, підключений до акумуляторної батареї, забезпечує реєстрацію параметрів пускового струму.

Сигнали, отримані від датчика частоти обертання, датчика струму та диференціатора, надходять до реєстратора, де здійснюється їх синхронізація за допомогою сигналу від датчика синхронізації. Після цього результуючі дані піддаються обробці із застосуванням відповідних алгоритмів аналізу, що дозволяє визначити характер можливих несправностей двигуна внутрішнього згоряння. Використання такого підходу забезпечує підвищення точності та достовірності діагностування за відносно невеликих матеріальних витрат [9].

Для вирішення завдань, пов’язаних із відновленням тепловозного парку, особливо на початкових етапах реалізації проєктів моніторингу та діагностування дизельних двигунів, доцільним є залучення широкого кола профільних фахівців. Для ефективної реалізації таких проєктів необхідною є співпраця не лише з підприємствами-виробниками залізничної техніки, а й із науковцями та спеціалістами профільних закладів вищої освіти Харкова, Дніпра, Києва та Львова, які мають вагомий науковий і практичний досвід у даному напрямі.

Висновок. Проведений аналіз показав, що в умовах воєнного стану та ризиків знеструмлення залізничної інфраструктури роль тепловозної тяги для забезпечення стабільності перевізного процесу суттєво зростає. У зв’язку з цим особливої актуальності набувають питання відновлення та модернізації існуючого парку тепловозів, значна частина якого представлена локомотивами попередніх поколінь. Встановлено, що відсутність в Україні серійного виробництва сучасних магістральних дизельних двигунів ускладнює оновлення локомотивного господарства та обумовлює необхідність максимально ефективного використання наявного технічного потенціалу.

У роботі розглянуто конструктивні особливості найбільш поширених тепловозних дизелів типів Д100 та Д49, а також проаналізовано сучасні підходи до технічного діагностування двигунів внутрішнього згоряння. Встановлено, що перспективним напрямом є використання методів, заснованих на аналізі швидкоплинних процесів, які дозволяють отримувати значний обсяг діагностичної інформації за мінімальної кількості вимірювальних засобів. Запропонований спосіб діагностування за нерівномірністю частоти обертання колінчастого вала та параметрами пускового струму забезпечує підвищення точності й достовірності оцінювання технічного стану дизельного двигуна, скорочення матеріальних витрат та часу проведення діагностичних робіт. Для ефективного впровадження сучасних систем моніторингу та діагностування доцільним є поєднання виробничого досвіду підприємств галузі та наукового потенціалу профільних закладів вищої освіти.

Література

1. «Укрзалізниця» має в 5 разів більше електровозів ніж тепловозів – голова правління / «ІнтерфаксУкраїна», https://interfax.com.ua/news/economic/1121308.html (дата звернення: 07.05.2026).

2. Єжов Ю.В. Шляхи оновлення парку тепловозів в Україні / Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко, С.М. Полулях // Рейковий рухомий склад: зб. наук. праць УкрНДІВ. – 2020. – Вип. 20. С. 14-26.

3. Єжов Ю.В. Питання модернізації магістральних вантажних тепловозів із продовженням терміну їх експлуатації / Ю.В. Єжов, Ю.С. Павленко, С.М. Полулях // Рейковий рухомий склад: зб. наук. праць УкрНДІВ. – 2020. – Вип. 21. – С. 78-96.

4. Павленко Ю.С. Аналіз світового досвіду та економічної доцільності модернізації тягового рухомого складу / Ю. С. Павленко // Рейковий рухомий склад: зб. наук. праць УкрНДІВ. – 2020. – Вип. 23. – С. 78-96.

5. АТ «Укрзалізниця». Офіційні звіти та програми відновлення тягового рухомого складу в умовах воєнного стану (2022–2026 рр.) / Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. – Київ, 2024-2025.

6. Нікітін Є.А. Діагностування дизелів / Є.А. Нікітін, Л.В. Станіславський, Е.А. Улановський та ін. – М.: Машинобудування, 1987. – 224 с.

7. Сімсон А.Е. Двигуни внутрішнього згоряння (тепловозні дизелі та газотурбінні установки): підручник для закладів вищої освіти залізничного транспорту / А.Е. Сімсон, А.З. Хомич, А.А. Куріц та ін. – М.: Транспорт, 1980. – 384 с.

8. Шевчук, В.Д. Технічна діагностика тепловозів / В.Д. Шевчук, Е.Д. Тартаковський та ін. // Електрична та тепловозна тяга. – 1974. – № 9. – С. 17-18.

9. Патент на корисну модель № 121611 G01M 1/16 (2006.01) Спосіб діагностування тепловозних двигунів внутрішнього згоряння за нерівномірністю частоти обертання колінчастого вала та параметрами пускового струму / Смирний М.Ф., Могила В.І., Горбунов М.І., Ковтанець М.В.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u 2017 06216; заявл. 19.06.2017; опубл. 11.12.2017, Бюл. № 23. – 2 с.

vimogila1@ukr.net

УДК 629.4.027.4

Могила В.І.[1], к.т.н., проф., Ковтанець М.В.[1], к.т.н., доц.,

Плотніков В.Д.[1], аспірант, Богданова К.С.[1], студ.

[1]Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОЛІСНИХ ПАР РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Анотація. *У статті розглянуто проблему підвищення надійності з'єднання «бандаж – колісний центр» коліс тягового рухомого складу в умовах зростання тягових і швидкісних характеристик сучасних локомотивів. Проаналізовано основні причини послаблення посадки та провороту бандажів, а також фактори, що впливають на величину контактних напружень і несучу здатність з'єднання. Встановлено, що міцність посадки визначається контактним тиском, коефіцієнтом тертя та ефективною площею сполучення.*

Запропоновано нове конструктивне рішення посадки бандажа на колісний центр із використанням циліндрово-конічного профілю поверхонь сполучення без збільшення нормативного натягу. Обґрунтовано, що така конструкція забезпечує підвищення точності складання, збільшення ефективної площі контакту та більш рівномірний розподіл об'єму металу в поперечному перерізі. Рекомендований кут конічного сполучення становить 20°, що

дозволяє підвищити міцність з'єднання без суттєвої зміни масогабаритних параметрів конструкції та без погіршення її експлуатаційної надійності.

Проблематика дослідження. У зв'язку зі зростанням тягових і швидкісних характеристик сучасних локомотивів значно підвищуються вимоги до надійності та експлуатаційних властивостей колісних пар. Збільшення потужності локомотивів може призводити до підвищення навантажень на елементи колісно-моторного блока, що, своєю чергою, збільшує ймовірність виникнення провороту бандажів у процесі експлуатації. У зв'язку з цим підвищення міцності та надійності з'єднання бандажа з колісним центром є одним із пріоритетних завдань сучасного локомотивобудування.

Основні матеріали дослідження. Однією з найбільш поширених несправностей складених коліс тягового рухомого складу є проворот бандажа, що виникає внаслідок зменшення натягу його посадки на колісному центрі. За оцінками фахівців, близько 2–6 % бандажів, які перебувають в експлуатації на українських залізницях, виходять з ладу саме через послаблення їх посадки на обід колісного центру. Наслідком цього є необхідність виконання ремонтних робіт, пов'язаних із перетяжкою або заміною бандажа, що призводить до тривалого простою локомотивів [1-3].

Послаблення посадки бандажа може бути спричинене недостатньою величиною натягу, порушенням технології монтажу та температурних режимів під час його встановлення, зокрема нерівномірним нагріванням або прискореним охолодженням, а також заклинюванням колісних пар під час гальмування.

Останніми роками спостерігається тенденція до підвищення міцності посадки бандажа на колісний центр шляхом впровадження нових конструктивно-технологічних рішень, спрямованих на вдосконалення геометрії та параметрів взаємодії посадкових поверхонь.

Проворот бандажа є небезпечним дефектом, розвиток якого супроводжується інтенсивним зношуванням бандажного кільця. Подальше

зношування може стати причиною поздовжнього зміщення або перекосу бандажа відносно осі обертання колісної пари, що значно підвищує ризик сходу рухомого складу з рейок, особливо під час проходження стрілочних переводів. Саме тому кожен випадок провороту бандажа розглядається як серйозна несправність, яка є підставою для недопуску локомотива до експлуатації, проведення позапланового ремонту та спричиняє значні втрати часу [2, 3].

Технічний стан з'єднання бандажа з колісним центром, а саме забезпечення нормативного значення натягу, визначається сукупністю факторів, що діють комплексно та змінюються залежно від режимів експлуатації рухомого складу.

Ефективність реалізації сили тяги локомотива та характеристики його руху визначаються основним законом локомотивної тяги:

$$F_K \leq F_{Kmax} \tag{1}$$

де F_K – деяке поточне значення щодо сили тяги в контакті колеса з рейкою;

F_{Kmax} – граничне значення дотичної сили тяги у контакті колеса з рейкою.

Поточне значення дотичної сили тяги в зоні контакту колеса з рейкою визначається крутним моментом, що передається на вісь колісної пари від тягового двигуна. На величину та характер зміни цього моменту впливає низка експлуатаційних факторів, серед яких важливе значення мають дії локомотивної бригади, режим функціонування систем електроживлення та умови струмознімання.

До факторів, пов'язаних із діями локомотивної бригади, належать встановлення надмірного тягового зусилля для конкретних умов руху, рушання з місця або продовження руху при неповному відпусканні гальм, а також використання штатних фрикційних гальм для припинення буксування колісних пар. Суттєвий вплив також чинять режими роботи контактної мережі та стабільність ковзного контакту між полозом струмоприймача і контактним проводом.

Максимальне значення сили тяги F_{Kmax} визначається умовами взаємодії колеса з рейкою та залежить від механічних і фрикційних характеристик контактуючих поверхонь. До основних факторів належать технічний стан поверхонь кочення коліс і рейок, наявність мастильних матеріалів або забруднень у зоні контакту, а також параметри навколишнього середовища, зокрема температура повітря, що впливає на фізико-механічні властивості матеріалів. Додатково необхідно враховувати вплив температурних полів, які утворюються під час роботи фрикційних гальмівних систем.

Надійність з'єднання бандажа з колісним центром визначається забезпеченням нерухомості посадки з натягом. Основним показником такої нерухомості є несуча здатність з'єднання, під якою розуміють максимальне значення крутного моменту, що може бути передане без виникнення взаємного зміщення елементів конструкції.

Вага локомотива створює постійне навантаження на колісну пару та істотно впливає на характер розподілу контактних напружень у зоні з'єднання колісного центру з бандажем. Навантаження P, прикладене до буксового вузла, спричиняє виникнення згинального моменту відносно точки контакту колеса з рейкою.

Сумарна дія згинальних моментів, що передаються через буксові вузли однієї колісної пари, призводить до деформації поверхонь спряження бандажа та колісного центру. Внаслідок цього відбувається перерозподіл контактних напружень уздовж осі обертання колісної пари.

Одночасно вплив ваги локомотива порушує рівномірність розподілу контактних напружень по лінії з'єднання бандажа з колісним центром. Підвищені значення напружень спостерігаються у нижній частині колеса, тоді як у верхній зоні їх величина зменшується. Під час руху бандаж, як більш пружний елемент конструкції колеса, зазнає знакозмінних навантажень уздовж поверхні спряження з колісним центром, що зумовлено циклічним характером обертання колісної пари.

Міцність циліндричних та конічних з'єднань із натягом в осьовому й коловому напрямках може бути орієнтовно оцінена за відповідними залежностями [1]:

$$F = \pi \cdot d \cdot l \cdot p \cdot (f_{oc} + tg\alpha), \quad (2)$$

$$M_{кр} = \pi \cdot d \cdot l \cdot p \cdot f_{кр} / 2 , \quad (3)$$

де d – посадковий діаметр з'єднання, мм;

l – довжина посадкової поверхні, мм;

p – питомий тиск на поверхні посадки, МПа;

$f_{кр}$, f_{oc} – коефіцієнти тертя при крученні та осьовому зрушенні;

α – кут ухилу конуса, град.

Із залежностей (1) і (2) видно, що міцність посадки визначається контактним тиском, ефективною площею сполучення та коефіцієнтом тертя.

Аналіз цих залежностей дає підстави стверджувати, що контактний тиск і коефіцієнт тертя належать до технологічно-експлуатаційних параметрів, тоді як ефективна площа сполучення характеризує конструктивні особливості з'єднання. Крім того, вирівнювання об'єму матеріалу бандажа може сприяти збільшенню щільності його посадки на колісний центр [4, 5].

Метою даної роботи є розроблення рішення для підвищення міцності з'єднання «бандаж – колісний центр» шляхом зміни профілю сполучення без застосування додаткових елементів.

Такий підхід обумовлений тим, що використання додаткових елементів або проміжних матеріалів у з'єднанні не лише ускладнює конструкцію, збільшуючи витрати на виготовлення та ремонт, а й значно ускладнює подальше технічне обслуговування та контроль.

Запропоновано нову конструкцію колеса тягового рухомого складу, у якій з'єднання «бандаж – колісний центр» виконується за циліндрово-конічним принципом без збільшення нормативного натягу. Ескіз запропонованої посадки бандажа на колісний центр наведено на рисунку 1.

Підвищення міцності запропонованого з'єднання досягається завдяки наданню поверхням бандажа та колісного центру циліндрово-конічної форми. Така конструктивна зміна посадки спрямована на підвищення точності складання, збільшення ефективної площі сполучення, а також вирівнювання об'єму металу в поперечному перерізі.

Конічна ділянка поверхні сполучення починається від середини посадкової поверхні у напрямку до гребенів, де спостерігаються найбільші силові напруження та навантаження.

Рекомендований кут нахилу конічного сполучення бандажа з колісним центром становить 20°. Збільшення цього значення є недоцільним, оскільки призводить до значного зменшення товщини бандажа з боку гребеня. Водночас об'єм матеріалу колісного центру та бандажа практично не змінюється, що не впливає на загальну експлуатаційну надійність конструкції.

Висновок. У результаті проведеного дослідження встановлено, що підвищення тягових і швидкісних характеристик сучасного рухомого складу супроводжується зростанням навантажень на з'єднання «бандаж – колісний центр», що підвищує ризик послаблення посадки та провороту бандажів у процесі експлуатації. Аналіз умов роботи колісних пар і залежностей, що характеризують міцність посадки з натягом, показав, що визначальними факторами є контактний тиск, коефіцієнт тертя та ефективна площа сполучення поверхонь.

Для підвищення надійності з'єднання запропоновано нове конструктивне рішення посадки бандажа на колісний центр із використанням циліндрово-конічного профілю поверхонь спряження без збільшення нормативного натягу. Запропонована конструкція забезпечує підвищення точності складання, збільшення ефективної площі контакту та більш рівномірний розподіл напружень у зоні сполучення, особливо в найбільш навантажених ділянках. Встановлено, що раціональним є застосування конічного сполучення з кутом нахилу 20°, що дозволяє підвищити міцність посадки без суттєвого зменшення

товщини бандажа та без погіршення експлуатаційної надійності конструкції загалом.

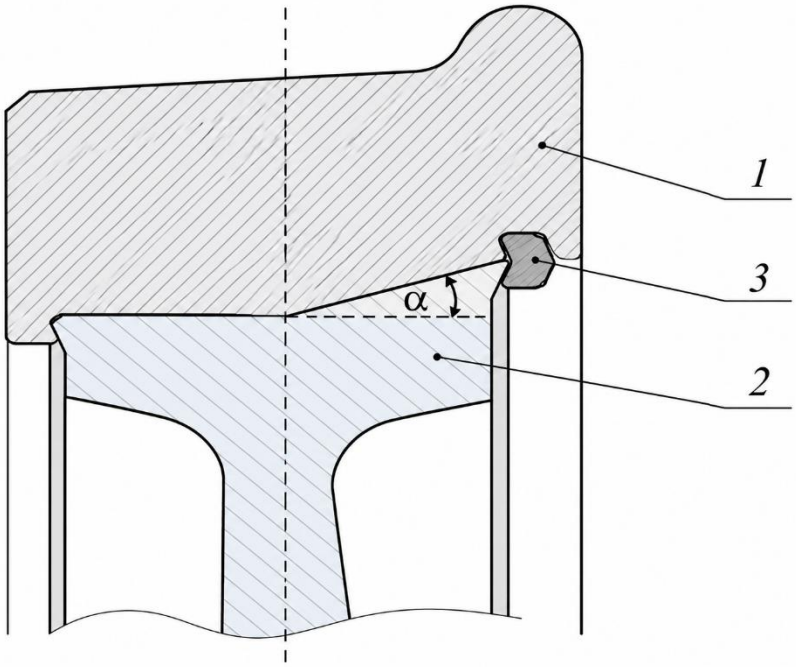


Рис. 1 – Ескіз запропонованої посадки бандажа на колісний центр:
1 – бандаж; 2 – колісний центр; 3 – бандажне кільце.

Запропонований підхід не потребує використання додаткових елементів або проміжних матеріалів, що спрощує технологію виготовлення, ремонту та подальшого технічного обслуговування колісних пар тягового рухомого складу.

Література

1. Горбунов М.І. Обґрунтування концепції вдосконалення об’єктів залізничної техніки на підставі теорії прийняття рішень: Монографія. М.І. Горбунов, М.В. Ковтанець, О.В. Сергієнко, Т.М. Ковтанець. – Одеса: КУПРІЄНКО СВ, 2020. – 98 с. ISBN 978-617-7880-08-9

2. Богданов А.Ф. Експлуатація та ремонт колісних пар вагонів / А. Ф. Богданов, В. Г. Чурсін. – М.: Транспорт, 1985. – 269 с.

3. Інструкція з огляду, обстеження, ремонту та формування вагонних колісних пар ЦВ-ЦЛ-0062. – К.: Укрзалізниця, 2006. – 35 с.

4. Інструкція з формування, ремонту та утримання колісних пар тягового рухомого складу залізниць колії 1520 мм (ВНД 32.0.007.001-2001). 2011.

5. Zub, E. Аналіз систем моніторингу параметрів зносу колісних пар рухомого складу залізниць / E. Zub, S. Sapronova, V. Tkachenko. Транспортні системи і технології. – 2019. – №1(33). – С. 107-117.

vimogila1@ukr.net

УДК 005.334+338.245 : 338.47 : 656.07

Кривуля П.В., к.е.н., доц.,

Бурко Я.В., к.е.н., доц., Кривуля В.П.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

ТРАНСПОРТНА СІНДИНІКА – АКТУАЛЬНІСТЬ ВІД РІВНЯ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДО РІВНЯ МІЖНАРОДНИХ ВІДНОСИН

Анотація. *Розглянуто пропозицію синтетичної дослідницької предметної області – транспортної сіндиніки. Актуальність пропозиції зумовлено сучасністю та специфікою транспорту.*

Проблематика. Предметом доповіді є пропозиція розгляду окремої науково-дисциплінарної галузі під назвою «транспортна сіндиніка». Термін «сіндиніки» використовується головним чином у франкофонних дослідженнях про фактори небезпеки, а в україномовних дослідженнях факторів небезпеки використовуються назви, пов'язані з термінами «ризик» та «безпека». Здається зайвим створювати якусь додаткову область транспортної сіндиніки, тому що це нібито буде лише перейменування. Однак, у цьому випадку навіть перейменування має значення, якщо воно відіграє об'єднуючу роль для досліджень у сфері безпеки та ризикології, тому що ці області безумовно щільно пов'язані, але через різні методологічні підходи розділені та впливають один на одного періодично чи опосередковано як квазісуміжні галузі. Але крім

аргументів на користь злиття ризикології та безпекознавства актуальність пропозиції зумовлена також і змістом нової дисципліни, що й розглянемо.

Основні матеріали дослідження. У наукових областей з назвами ризикологія та безпекознавство існують певні недоліки. Ситуації ризику завжди мають хоча б частково спиратися на об'єктивну ймовірність. Однак далеко не завжди фактори небезпеки можуть бути оцінені цією ймовірністю. Рідкісна подія часто небезпечніша та навіть катастрофічноста, але при цьому через рідкість та інші фактори «непомітності» (а насправді – сліпоти щодо такої події) вона не стає прогнозованою. Її вплив дуже значний, а ось оцінки ймовірностей, які базуються на якихось частотних оцінках (чи реальних подій, чи подій, які моделюються в імітаційному моделюванні), – відсутні. Тому сама методологічна основа, що базується на теорії ймовірності, не має бути обмежувачем. Коли говоримо про небезпеки, що виникають на транспорті, то вони далеко не завжди можуть розглядатися як фактори ризику (чинники шкоди), які оцінюються ймовірно. І тому слід шукати методологію, для якої оцінки ймовірності були б лише окремим випадком і застосовувалися б тоді, коли вони можуть бути визнані адекватними умовам застосування. Але при цьому щоб методологія не обмежувалася ймовірнісним підходом. Крім того, існують заходи, які є превенціями шкоди, або навпаки, заходи, які зменшують ступінь шкоди, або застосовуються тоді, коли вже збитки завдано, але необхідно відновлювати працездатність операційної системи. Ці заходи все одно мають бути заздалегідь опрацьовані (тобто вони превентивні, але не профілактичні водночас), і це також потрапляє в предметну область сіндиніки. Слід погодитись, що транспортна безпека, звичайно ж, займається і превенціями та профілактикою факторів ризику незалежно від оцінок ймовірності фактора ризику; і вона ж займається, природно, і заходами щодо зниження рівня шкоди та відновлення дієздатності операційних систем, на яких впливали здійснені фактори шкоди. Транспортна безпека начебто й займається цими питаннями, але постає питання комплексності цих небезпек, яка має бути розглянута у двох пов'язаних

напрямках: 1) комплексна ентропія несприятливих чинників; 2) генеральний взаємозв'язок некерованих та керованих факторів у їхній розгортці у часі. Розглянемо ці напрями.

Найчастіше транспортна безпека звертає увагу на певні чинники, що можуть бути пов'язані або з рухомим складом, або з контрагентами, або з порушеннями конфіденційності, рейдерськими атаками та іншими агресивними діями зовнішніх суб'єктів. Але при цьому нібито всі ці фактори ризику діють порізно і оцінюються порізно. Адже якщо вони накладаються та цьому властивий резонанс або емерджентність у впливі на рівень організаційної дисфункції та шкоди (а головне – може бути використано якимись зовнішніми суб'єктами як зброя у стратегічному управлінні, адже це актуально особливо в сучасному світі стратегічного протистояння геополітичних центрів), то й слід розглядати резонансний вплив одночасно актуалізованих несприятливих факторів. Адже стратегічне управління – це не довгострокове управління, як це досі ще прийнято вважати кимось, а це завжди управління, що пов'язане з діяльністю несприятливо налаштованих зовнішніх акторів, які завдають шкоди цілеспрямовано, а не просто через недбалість, випадковість чи опортунізм. Накладення малого впливу за різними напрямках разом може виявитися не малозначним, оскільки якщо їх об'єднати комплексно, то вони можуть повністю дестабілізувати операційну систему організації, не давши можливості зосередити резерви на вирішенні проблеми у вузькому місці. І ось такого погляду на проблематику немає в сучасній транспортній безпеці, бо вона більшою мірою концентрує увагу на випадкових факторах ризику, які не є концентрованою стратегічною поведінкою. Транспортна безпека розглядає більше несприятливі чинники так званої «гри з природою», аварії, форс-мажори навіть, але не те, що зумовлено свідомим накладенням факторів, яке можливо здатне змінювати ентропійні характеристики функціонування, яке здійснює суб'єкт, воля якого протистоїть інтересам транспортного підприємства. І так може діяти не обов’язково конкурент, бо конфлікти інтересів у стратегічному управлінні набагато

різноманітніші. Зараз же за умов злиття питань економічної безпеки суб'єктів господарської діяльності та питань національної економічної безпеки такий погляд на питання виходить за рамки традиційного стратегічного управління і тому стає ще більш актуальним. Та у разі транспортної сіндиніки концепція має виходити за межі економічної безпеки суб'єктів господарської безпеки, виходити на рівень національної економічної безпеки, бо справа не тільки у тому, що військова галузь – це також галузь економіки, а й у принциповому розумінні меж макроекономічної національної безпеки у подібності до мікроекономічної розуміння меж фірми.

Ще Платон описував неминучу потребу товариств, чиє споживання виходить за рамки натурального господарства, у торгівельній діяльності і як наслідок – у транспортній діяльності (для еллінів Гермес був єдиним богом торгівлі та всіх комунікацій). Про перспективність розподілу праці, яку можна масштабувати від окремо взятої майстерні до регіонів, писав Адам Сміт, хоча висловлювалися звідси ще й у часи Платона. Однак роз'єднані політичні спільноти стикаються з безліччю ризиків у вступі до міжнародних відносин між собою, багато з яких викликано відсутністю силової монополії, що виступала б гарантом дотримання домовленостей, безпеки економічної діяльності. Ці ризики є критичними за відсутності потреби у безперебійному обміні товарів, за відсутності у яких потреби як у тому продукті, що забезпечує економічну діяльність у цілому, і що забезпечує виживання суспільства чи підтримку певного рівня. Бо критичність в такому положенні означає, що або розрив торгового зв'язку і подальше повне руйнування економічної системи, або перешкоду, що не дає перейти на наступний якісний рівень розвитку економічної системи. До того ж формування різних політичних суб'єктів контролюючих економічних суб'єктів, які відчувають потребу у зносинах, може призвести до конфлікту, бо одна із сторін може випробувати спокусу підпорядкувати іншу, минаючи різницю у поглядах на умови інтеграції. Подібна ж інтеграція, що створює співзалежні економічні відносини, у свою чергу означатиме

формування нації, якій необхідний комплекс формальних інститутів, що підтримує внутрішні правила гри та суб'єктність на міжнародній арені. Отже, можна стверджувати, що для забезпечення національної економічної безпеки необхідний інтенсивний транспортно-логістичний простір без внутрішніх перешкод (під якими розуміється не межа як така, а сама схильність кількох геополітичних акторів задовольняти свої інтереси за рахунок зміни правил гри для перетинання меж), а для єдності цього транспортно-логістичного простору потрібен геополітичний суб'єкт, який монополізує насильство в цьому просторі.

Для синдиніки основним предметом дослідження виступає не чинник загрози та шкода, вплив чи окремий захід превенції, а її предметом виступає комплексна характеристика, яка має назву ситуації небезпеки. Ситуація небезпеки – це саме комплексний погляд, у якому техногенні чинники серед людського чинника, вад комунікацій та інших ризикогенних обставин можуть приводити до несподіваної відмови будь-якого масштабу (й це не просто відмова окремої ланки, яку прогнозують з аспектів надійності, технічної втоми, зносу і т.п.). І ось ця ситуація небезпеки – це комплексно описуваний вплив факторів, їхніх наслідків, протидій їм, та оцінок всього цього разом.

Висновки. Зазначимо, що транспорт через те, що діє у великому просторовому ареалі, є особливо ризикогенним господарським об'єктом. Підприємства, що займаються міжнародними перевезеннями, ще більшою мірою починають працювати на межі чинників, які враховує економічна безпека суб’єктів господарської діяльності та національна економічна безпека. Багато підприємств інших галузей більш локалізовані, та й фактори небезпеки діють на них локально, а на транспорт через меншу локалізацію виникає більша кількість зіткнень з зовнішнім середовищем (комплексом екзогенних факторів) та з факторами небезпеки, що можуть створювати вузькі місця у діяльності операційної системи, тож і саму комплексність дії некерованих несприятливих факторів більш актуально розглядати для транспортних підприємств. Але неможливо так створити повний комплекс превенцій, щоб транспортне

підприємство при цьому залишалося рентабельним, ефективним, тому що будь-яка превенція потребує ресурсів і тому щось коштує підприємству, і тому будь-який протиризиковий захід знижує ефективність. Це у певному сенсі аксіома: зниження ризику знижує ефективність. І за певного рівня ризикозахищеності (який не може бути абсолютним) настає вичерпання запасу окупності. Тому підхід подолання негативного впливу небезпек не може бути зосереджений на превенціях профілактики, а потрібно приділяти досить пильну увагу та превентивній підготовці заходів, що вживаються, коли збитки вже відбулися. Існують господарські об'єкти та процеси, що зводять ризики до мінімуму, а існують навпаки господарські об'єкти, які просто «списують» збитки, що виникли, компенсуючи їх з інших джерел. Але для транспортного підприємства є важливими всі три етапи роботи із ситуацією небезпеки, жодним з цих етапів апарат управління транспортним підприємством знехтувати не може.

krivulia@snu.edu.ua;
burko@snu.edu.ua

УДК 629.4.027:536.24

Кузьменко С.В. ктн, доц, Мілов С.О., асп., Ніконець А.О., асп.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМІНУ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА В ЗАМКНЕНІЙ СФЕРИЧНІЙ ОБЛАСТІ ПРИ НИЖНЬОМУ РОЗТАШУВАННІ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ

Анотація. *У роботі досліджено особливості формування висхідних і низхідних потоків газу та структуру течії всередині сферичної порожнини. На основі рівнянь тепломасообміну і теорії пограничного шару отримано залежності для визначення товщини пограничного шару, локального теплового потоку та середньоінтегральної температури газового*

середовища. Запропоновано математичний підхід до визначення приведеної теплопровідності пористого матеріалу.

Проблематика дослідження. Процес конвективного теплообміну газового середовища в замкнутій сферичній області може мати кілька варіацій залежно від того, як розташовуються джерело та стік теплоти у просторі. При використанні теплоізоляційних матеріалів розташування джерела та стоку теплоти може бути горизонтальним (стінки) та вертикальним (дах та підлога). Причому для останнього варіанту, залежно від режиму кондиціювання салону або кабіни, розташування джерела теплоти може бути таким:

- режим обігріву: для підлоги джерело теплоти згори, для даху – знизу;

- режим охолодження: для підлоги джерело теплоти знизу, для даху – зверху.

Основні матеріали дослідження.Розглянемо варіант з вертикальним розташуванням джерела та стоку теплоти, за умови, що джерело теплоти розташовується знизу.

Відповідно до досліджень [1] течія газу (рідини) всередині замкнутої сфери має тороподібну форму. У зв'язку з цим, розрахункова схема течії газу матиме вигляд, як представлено на рис.1.

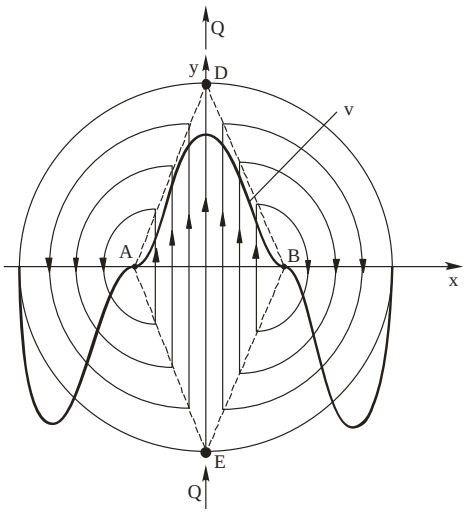


Рис.1. Розрахункова схема течії всередині сферичної галузі (профіль швидкості та лінії струму)

У даній схемі можна виділити дві характерні області, а саме: конусоподібні області піднімаючого нагрітого газу і периферійна область охолодженого газу, що опускається. На представленій проекції підстави конусів у перетині з горизонтальною віссю утворюють точки А і В якими відбувається поділ піднімається і опускається потоків. Крім того, для зазначених точок швидкість руху газу $v=0$ і температура газу є постійною $t_A = \bar{t}_Г = \text{const}$.

На підставі закону нерозривності можна відзначити, що витрата газу, що піднімається і опускається, в будь-якому перерізі буде однаковий. Таким чином, для горизонтального перерізу проходить по осі х досить легко визначити координати точок А і В виходячи з рівності площ області газу, що опускається і піднімається, а саме:

$$F_{под} = \pi r_A^{\,2} \quad \text{і} \quad F_{оп} = \pi R^2 - \pi r_A^{\,2}.$$

де r_A - Радіус-вектор точки А (або В).

Спільне розв'язання даних рівнянь дозволяє отримати наступний результат:

$$r_A = \frac{R}{\sqrt{2}}. \qquad (1)$$

У подальших розрахунках буде потрібно визначення поточного радіусу r_χ (рис.2), який можна отримати на підставі теореми косинусів:

$$R_\chi = R^2 + r_A^{\,2} - 2Rr_A \cos\left(\frac{\pi}{2} - \chi\right) \quad \text{або} \quad R_\chi = R^2\left(\frac{3}{2} - \sqrt{2}\sin\chi\right). \qquad (2)$$

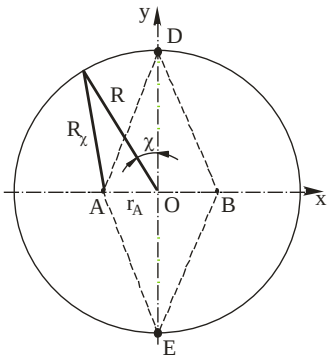


Рис.2. До визначення поточного радіусу r_χ

Розглянемо периферійний перебіг газу зверху донизу. Оскільки газ здійснює поворот і виходить з внутрішньої циліндричної течії до пристінкового, цей процес можна розглядати як вільний конвективний перебіг газу вздовж криволінійної пластини, причому її початок буде знаходитися в точці стоку D (див. рис.1). Саме з цієї точки почне формуватися як гідродинамічний, так і тепловий прикордонний шар.

Оскільки рух зверху вниз здійснюється з вже раніше сформованим розподілом температури, то очевидно, що в результаті теплообміну на вихідний профіль накладатиметься крива розподілу температури в прикордонному шарі (рис.3).

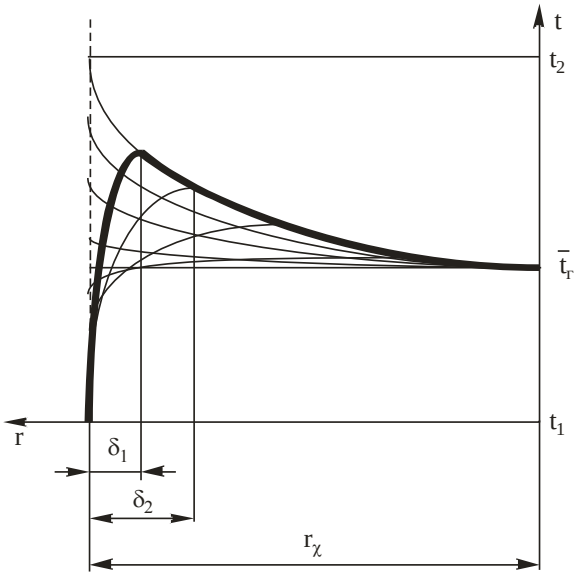


Рис.3. Формування розподілу температури у прикордонному шарі

На підставі [2] зміна товщини прикордонного шару при вільній конвекції здійснюється відповідно до наступної залежності:

$$\delta = 4{,}23\sqrt[4]{\frac{\mu\lambda_{\Gamma} x}{c_p \beta \bar{\rho}^2 g \vartheta_c'}}. \qquad (3)$$

де c_p - ізобарна теплоємність газу, Дж/(кг К);

$x = R\chi$ - Довжина розрахункової ділянки прикордонного шару, м;

$\vartheta_c' = \vartheta_c\left(\frac{R_\chi - \delta}{R_\chi}\right)^2$ - температурний тиск на ділянці прикордонного шару, що розглядається, К.

Виходячи з представленого, товщина прикордонного шару визначатиметься наступним рівнянням:

$$\delta^4\left(\frac{R_\chi - \delta}{R_\chi}\right)^2 - 320{,}16\frac{\mu\lambda_{\Gamma}\chi R_\chi}{c_p \beta \bar{\rho}^2 g \vartheta_c} = 0. \qquad (4)$$

Єдиним дійсним коренем цього рівняння є така залежність:

$$\delta = \frac{\sqrt[3]{K}}{6} + \frac{2R_\chi^{\,2}}{3\sqrt[3]{K}} + \frac{R_\chi}{3}, \qquad (5)$$

$$\text{де } K = 1932{,}44R_\chi\sqrt{\frac{\mu\lambda_г \chi R_\chi}{c_p \beta \bar{\rho}^2 g \vartheta_c}} + 8R_\chi^{\,3} +$$

$$+12\sqrt{25932{,}96\frac{\mu\lambda_г \chi R_\chi^{\,3}}{c_p \beta \bar{\rho}^2 g \vartheta_c} + 214{,}72R_\chi^{\,4}\sqrt{\frac{\mu\lambda_г \chi R_\chi}{c_p \beta \bar{\rho}^2 g \vartheta_c}}}$$

Визначення товщини прикордонного шару дозволяє знайти середньоінтегральну температуру газу всередині ділянки сфери. Оскільки

розподіл температури складається з двох кривих, то поточний температурний напір буде визначатися:

- для прикордонного шару

$$\vartheta = \vartheta_c\left(1-\frac{r_\chi}{\delta}\right)^2\left(\frac{R_\chi-\delta}{R_\chi}\right)^2; \qquad (6)$$

- для ділянки поза прикордонним шаром

$$\vartheta = \vartheta_c\left(\frac{r}{R}\right)^2. \qquad (7)$$

Таким чином, поточна температура газового середовища:

- для прикордонного шару

$$t = \bar{t}_\Gamma + \left(\frac{t_2-t_1}{\pi}\chi + t_1 - \bar{t}_\Gamma\right)\left(1-\frac{r_\chi}{\delta}\right)^2\left(\frac{R_\chi-\delta}{R_\chi}\right)^2; \qquad (8)$$

- для ділянки поза прикордонним шаром

$$t = \bar{t}_\Gamma + \left(\frac{t_2-t_1}{\pi}\chi + t_1 - \bar{t}_\Gamma\right)\left(\frac{r_\chi}{R_\chi}\right)^2. \qquad (9)$$

Середньоінтегральна температура газового середовища буде визначена таким чином:

$$\bar{t} = \frac{1}{\pi}\int_0^\pi \frac{1}{R_\chi}\left\{\begin{array}{l}\displaystyle\int_0^\delta\left[\bar{t}_\Gamma + \left(\frac{t_2-t_1}{\pi}\chi + t_1 - \bar{t}_\Gamma\right)\left(1-\frac{r_\chi}{\delta}\right)^2\left(\frac{R_\chi-\delta}{R_\chi}\right)^2\right]dr + \\ \displaystyle\int_0^{R_\chi-\delta}\left[\bar{t}_\Gamma + \left(\frac{t_2-t_1}{\pi}\chi + t_1 - \bar{t}_\Gamma\right)\left(\frac{r_\chi}{R_\chi}\right)^2\right]dr\end{array}\right\}d\chi. \qquad (10)$$

В результаті, спільне рішення представлених рівнянь дозволяють за допомогою ітерацій визначити середньоінтегральну температуру газу у сферичній порожнині, яка склала

$$\bar{t}_г = \frac{2(t_2 + t_1)}{3}. \tag{11}$$

На підставі отриманих рівнянь локальний тепловий потік від стінки до газового середовища визначиться як:

$$q = \frac{2\lambda_г}{R}\left[\left(\frac{t_2 - t_1}{\pi}\chi + t_1\right) - \frac{3}{2}(t_2 + t_1)\right]. \tag{12}$$

З метою визначення питомої потужності внутрішніх джерел теплоти розділимо (12) на товщину матеріалу сфери:

$$q_v = \frac{2\lambda_г}{\Delta R}\left[\left(\frac{t_2 - t_1}{\pi}\chi + t_1\right) - \frac{3}{2}(t_2 + t_1)\right]. \tag{13}$$

Після перетворень отримуємо:

$$\frac{\partial^2 t}{\partial \chi^2} = \frac{\lambda_г}{\lambda_c}\frac{(2R + \Delta)^2}{2\Delta R}\left[\left(\frac{t_1 - t_2}{\pi}\chi - t_1\right) + \frac{3}{2}(t_2 + t_1)\right]. \tag{14}$$

Сумарний тепловий потік, який проходить через матеріал сфери складе:

$$q_\Sigma = \pi\lambda_г \frac{2R + \Delta}{4\Delta R}(t_1 + t_2). \tag{15}$$

Кількість теплоти, яка передана через матеріал сфери, дорівнює:

$$Q = \pi\lambda_г \frac{(2R + \Delta)^2}{4R}(t_1 + t_2). \tag{16}$$

Наведена теплопровідність пористого матеріалу при вертикальному розташуванні джерела та стоку теплоти (джерело внизу) складе:

$$\overline{\lambda} = \frac{1}{4}\left(\frac{2R + \Delta}{R}\right)^2 \lambda_г . \qquad (17)$$

Висновок. В результаті дослідження встановлено особливості конвективної течії газу в замкненій сферичній області при нижньому розташуванні джерела теплоти. Отримано аналітичні залежності для визначення параметрів пограничного шару, теплового потоку та середньоінтегральної температури газового середовища. Запропонована модель дозволяє оцінювати приведену теплопровідність теплоізоляційних матеріалів за умов природної конвекції.

Література

1. Основи тепломасообміну / С. М. Василенко, А. І. Українець, В. В. Олішевський ; за ред. І. С. Гулого. — Київ : НУХТ, 2004. — 250 с.
2. Гідрогазодинаміка / А. В. Бойко. — Харків : НТУ «ХПІ», 2008. — 444 с.

kuzmenko@snu.edu.ua

УДК 629.4.027:004.7

Кухарський В. В., магістр, Нестьогін Є. О., магістр,
Сінчура С. В., магістр
Український державний університет залізничного транспорту

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ВУЗЛІВ ЛОКОМОТИВІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Анотація. У роботі розглядається багаторівнева кіберфізична архітектура систем моніторингу технічного стану буксових вузлів локомотивів для підвищення рівня безпеки руху. Зазначено, що синергія класичної вібродіагностики з технологіями периферійних обчислень, Інтернету речей та цифрових двійників є фундаментальною основою сучасного обслуговування за технічним станом. Упровадження такого комплексного підходу дозволяє надійно запобігати аварійним ситуаціям на найбільш ранніх стадіях деградації вузлів.

Проблематика. Безпека перевезень на залізничному транспорті критично залежить від безперебійної роботи механічних компонентів, зокрема буксових вузлів локомотивів. Традиційні стратегії планово-попереджувального технічного обслуговування й поточного ремонту (ТО й ПР) базуються на жорстких міжремонтних інтервалах і не враховують фактичну динаміку деградації обладнання у міжремонтний період. Згадана властивість зумовлює низьку ефективність планово-попереджувального ТО й ПР, що призводить або до економічно необґрунтованого обслуговування, або до позапланових відмов. Обслуговування за технічним станом, що базується на безперервному моніторингу, дозволяє виявляти пошкодження на ранніх стадіях та знижувати ймовірність позапланових відмов, що є запорукою безпечної експлуатації. Упровадження концепції Industry 4.0 передбачає інтеграцію датчиків для збору критично важливої інформації. Хмарні технології вважаються основою для розгортання мереж Інтернету речей (IoT). Проте вібраційні сигнали, що генеруються під час руху локомотива та реєструються датчиками, є великими масивами даних, безперервна передача яких спричиняє перевантаження бездротових мереж та критичне зростання енергоспоживання пристроїв. Зашумленість даних також ускладнює роботу алгоритмів класифікації та знижує достовірність виявлення пошкодження. Отже, виникає гостра потреба в архітектурі, що оптимізує потік даних від бортового датчика локомотива до аналітичної системи в депо задля уникнення катастрофічних наслідків.

Основні матеріали дослідження. Для гарантування безпеки перевезень пропонується трирівнева архітектура системи діагностування.

1). Периферійні обчислення як інструмент виділення діагностичних ознак. Цей рівень реалізується безпосередньо на борту локомотива. Замість передачі зареєстрованої вібраційної реалізації, система локально здійснює попередню обробку цієї реалізації. Цей процес покликаний застосувати математичні перетворення для виділення діагностичних ознак технічного стану підшипникових вузлів, що дозволить сформувати спрощене інформативне подання даних і подальше зниження складності кінцевого визначення технічного стану. Класичні методи аналізу вібраційних сигналів досі залишаються

основними у визначенні технічного стану підшипникових вузлів. Застосовуючи алгоритм швидкого перетворення Фур'є та здійснюючи побудови спектрів обвідної вібрації, система локально розраховує частоти на яких з’являються пошкодження внутрішнього, зовнішнього кільця, тіла кочення, сепаратору або комбінованих пошкоджень. Цей етап усуває завади й лишає тільки значущі індикатори стану. Отже, класичні алгоритми вібродіагностування здійснюють бажане зниження розмірності даних.

2). Інтеграція в середовище IoT. Оброблена на периферійному рівні інформація передається до хмарної інфраструктури. Виділення ознак суттєво зменшує обсяг пакетів даних, що розв’язує проблему енергоефективності датчиків та економить пропускну здатність. Модернізація локомотивів шляхом встановлення сучасних датчиків дозволяє перетворити їхні механічні вузли на інтелектуальні елементи мережі. Для формування повної картини стану та забезпечення максимальної безпеки використовується агрегація даних від різнорідних пристроїв. Наприклад, навіть 1 % забруднення мастила водою призводить до зниження життєвого циклу підшипника на 90 %. Датчики вологості, вбудовані безпосередньо в кришку букси, дозволяють виявляти проблему ще до початку втомного руйнування металу, запобігаючи небезпечним відмовам на шляху прямування.

3). Інформаційне забезпечення цифрових двійників. Кінцевим рівнем є хмарне середовище, де функціонує цифровий двійник буксового вузла – високоточна віртуальна копія фізичної системи, яка динамічно оновлюється даними в реальному часі. Цифрові двійники використовуються для імітації сценаріїв несправностей та розширеного прогнозування залишкового ресурсу. Поєднання історичних даних і поточних вібраційних реалізацій дозволяє прогнозувати відмови задовго до їх фактичного настання. Проте ефективність цифрового двійника безпосередньо залежить від якості вхідної інформації. Тому діагностичні ознаки, які розраховані на периферійному рівні класичними спектральними методами, мають стати математичним фундаментом для цифрової моделі.

Висновки. Сучасний підхід до діагностування буксових вузлів локомотивів формується завдяки раціональному поєднанню класичних методів спектрального аналізу та новітніх цифрових технологій. Традиційні методи вібродіагностики, функціонуючи як підсистема периферійних обчислень, забезпечують необхідне виділення діагностичних ознак та зниження розмірності даних. Це створює базу для передачі інформації в мережах Інтернету речей та формує якісне інформаційне забезпечення для цифрових двійників. Практичне застосування запропонованої архітектури сприятимє обґрунтованому переходу до обслуговування за технічним станом, оптимізуватиме процеси ремонту та об'єктивно знижуватиме ризики виникнення аварійних ситуацій на шляху прямування.

svm_m@kart.edu.ua

УДК 629.463.65

Ловська А. О., д.т.н., проф., Равлюк В. Г., д.т.н., проф.,
Скуріхін Д. І., к.т.н., доц., Рибін А. В., к.т.н., доц.
Український державний університет залізничного транспорту, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЗДОВЖНЬОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ МОДЕРНІЗОВАНОЇ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ НАПІВВАГОНА ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДОВГОМІРНИХ ВАНТАЖІВ

Анотація. *В рамках дослідження запропоновано модернізацію несучої конструкції напіввагона для можливості перевезень в ньому довгомірних вантажів. Для обґрунтування запропонованої модернізації проведено розрахунок на міцність несучої конструкції напіввагона при русі у складі поїзда. Резцльтати проведених розрахунків довели доцільність даної модернізації.*

Проблематика. Залізнична галузь вже тривалий час є провідною галуззю не тільки транспортної системи, а і економіки європейських країн. На долю залізничної галузі припадає привальований сегмент вантажо- та пасажироперевезень. Вантажні перевезення забезпечують стале функціонування

виробничих підприємств тому своєчасність доставки вантажів є важливим фактором роботи залізничного транспорту.

Одним із найбільш частих типів вантажів, які перевозяться залізницями є довгомірні. Для їх перевезень застосовуються спеціалізовані вагони-платформи, обладнані вертикальними надбудовами для утримання вантажу. Але парк таких вагонів-платформ є лімітованим, тому має місце їх нестача. Така обставина зумовила адаптацію універсальних вагонів-платформ під перевезення довгомірних вантажів. Разом із цим, це повністю не вирішило питання забезпеченості залізничної галузі транспортними засобами для перевезень довгомірних вантажів. У зв'язку із цим, є доцільним залучення інших типів вагонів, зокрема відкритого типу, для перевезень довгомірних вантажів, наприклад, напіввагонів. Однак виникає проблема, яка пов'язана із відсутністю технічної адаптації напіввагонів до перевезень таких вантажів.

Відомі варіанти модернізацій напіввагонів для подібних перевезень, але для підвищення ефективності залізничних перевезень довгомірних вантажів необхідним є подальший пошук альтернативних варіантів модернізацій напіввагонів. Тому питання модернізації напіввагонів для можливості їх залучення до перевезень довгомірних вантажів є актуальними та потребують розвитку.

Основні матеріали дослідження. Для можливості залучення напіввагонів до перевезень довгомірних вантажів пропонується модернізація їх несучої конструкції. Дана модернізація передбачає демонтаж торцевих стін або дверей напіввагона, що дозволяє зменшити його підресорену масу більше ніж на 1 т, а відповідно підвищити вантажопідйомність на цю ж величину. З метою обґрунтування такої модернізації проведено відповідні розрахунки. Прототипом обрано напіввагон моделі 12-757. Ця модель напіввагона має торцеві двостулкові двері.

Просторову модель модернізованої несучої конструкції напіввагона створено у SolidWorks. При побудові моделі враховано елементи, які жорстко взаємодіють між собою, а оскільки кришки люків мають шарнірне закріплення до кузова, то в моделі вони відсутні.

Розрахунок на міцність модернізованої несучої конструкції напіввагона проведено у програмному комплексі SolidWorks Simulation. Даний програмний комплекс реалізує метод скінчених елементів, який наразі є найбільш прогресивним методом розрахунку в машинобудуванні. Розрахунковим критерієм обрано критерій Мізеса. Такий вибір ґрунтується на тому, що матеріалом конструкції напіввагона є низьколегована сталь 09Г2С, яка має лінійні ізотропні властивості. При цьому досліджувалася повздовжня навантаженість вагона.

Для визначення реакцій у вертикальних стійках кузова напіввагона на дію динамічного навантаження проведено математичне моделювання повздовжньої динаміки при русі у складі поїзда. Для цього сформовано математичну модель, яка характеризує рух напіввагона у складі поїзда. Модель налічує три ступені вільності напіввагона: поступальні у повздовжньому, кутовому відносно вертикальної осі та вертикальному напрямках. Результати розв'язку математичної моделі встановили, що прискорення, яке діє на кузов напіввагона складає близько 20 м/с^2.

Проведено розрахунок на міцність несучої конструкції напіввагона. Встановлено, що максимальні напруження в конструкції напіввагона виникають в зонах взаємодії хребтової балки із шворневими і дорівнюють 179,4 МПа. В середній частині хребтової балки також має місце незначна концентрація напружень, які дорівнюють 157,3 МПа. Дані напруження є меншими за допустимі на 14,5%. Найбільші переміщення виникають в середній частині хребтової балки і дорівнюють 3,7 мм.

Також в рамках дослідження проведено модальний аналіз модернізованої несучої конструкції напіввагона. Метою даного розрахунку було визначення власних частот та форм коливань напіввагона. За першою власною частотою коливань оцінювалась безпека руху напіввагона у складі поїзда. Розрахунок проведено із використанням опцій програмного комплексу SolidWorks Simulation. Результати модального аналізу модернізованої несучої конструкції напіввагона показали, що перша власна частота коливань складає 8,4 Гц. Тобто безпека руху напіввагона з точки зору модального аналізу дотримується.

Висновки. Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо підвищення ефективності перевезень довгомірних вантажів залізничним транспортом та будуть корисними напрацюваннями при проєктуванні нових конструкцій вагонів, а також їх модернізаціях.

alyonaLovskaya.vagons@gmail.com

УДК 629.463.65

Ловська А. О., д.т.н., проф., Рибін А. В., к.т.н., доц.,
Мурадян А.О. к.т.н, доц., Волошин І.О., аспірант
Український державний університет залізничного транспорту, Україна
Одеський національний морський університет, Україна

АНАЛІЗ МІЦНОСТІ КУЗОВА НАПІВВАГОНА ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМ ПОРОМОМ

Анотація. *В дослідженні висвітлено результати аналізу міцності кузова напіввагона з обшивкою, утвореною прямокутними гофрами при перевезенні залізничним поромом. Для забезпечення міцності обшивки стін кузова напіввагона запропоновано їх виготовлення з прямокутними гофрами. За рахунок того, що лист з такою конфігурацією гофр має більший момент опору ніж лист обшивки типової конструкції кузова, прогнозується покращення міцності обшивки.*

Проблематика. Забезпечення сталого розвитку залізничної галузі викликає необхідність впровадження в експлуатацію рухомого складу з покращеними техніко-економічними показниками. Вже тривалий час напіввагони є одними з найбільш поширених типів вагонів у експлуатації. Однак вони є і одними із найбільш пошкоджуваних типів вагонів. При цьому значна кількість пошкоджень в експлуатації припадає на обшивку їх кузовів. Тому виникає необхідність впровадження рішень, спрямованих на покращення міцності обшивки напіввагонів в експлуатації.

Основні матеріали дослідження. Для виявлення сучасного стану питання забез печення міцності обшивки кузовів напіввагонів у експлуатації

проведено аналіз наявних наукових публікацій. Наприклад, в публікації [1] для зменшення пошкоджень обшивки стін напіввагона пропонується зміна геометрії нижньої частини листа. Наведено обґрунтування даного рішення результатами розрахунків на міцність кузова напіввагона. Однак при цьому авторами не запропоновано рішень щодо забезпечення міцності цілого листа обшивки, лише найбільш навантаженої його частини.

В роботі [2] покращення міцності обшивки кузова напіввагона досягається шляхом використання сендвіч-панелей. Вони містять енергопоглинальний матеріал, який сприяє зменшенню динамічних навантажень, що діють на стіни кузова і за рахунок цього зменшуються напруження, що виникають в бокових стінах. Разом із цим, таке рішення є досить вартісним. Це обмежує його впровадження у серійне виробництво. Подібне рішення запропоновано в роботі [3], де також розглядається доцільність впровадження сендвіч-панелей у якості обшивки бокових стін напіввагона.

В роботі [4] проводиться дослідження міцності кузова напіввагона з удосконаленою обшивкою торцевих стін. При цьому пропонується посилювати їх нижню частину, за висотою 1/3 від нижнього обв'язування, горизонтальними гофрами. Наведено результати розрахунку на міцність кузова напіввагона із урахуванням такого удосконалення. Але дане рішення сприяє зменшенню навантаженості лише нижньої частини листа. Шляхи удосконалень конструкцій вантажних вагонів висвітлено авторами статті [5]. З цією метою проведено аналіз великого масиву наукових публікацій за даним питанням. Це дозволило виявити перспективні напрямки удосконалень їх конструкцій, в тому числі, кузовів. Однак при цьому не запропоновано рішень, щодо можливого покращення міцності бокових стін кузовів напів- вагонів.

В роботі [7] також пропонується впровадження перспективних матеріалів для виготовлення обшивки стін кузова вагона. При цьому прогнозується зменшення тари вагона в цілому. Наведено можливі варіанти створення такого кузова вагона, але дане впровадження є досить вартісним. Крім того, воно потребує налагодження відповідної бази щодо технічного обслуговування та ремонту вагона.

Аналіз наукових публікацій [1–7] дозволяє зробити висновок, що удосконалення обшивки кузовів напіввагонів є актуальною задачею, яка потребує подальшого розвитку та дослідження.

Метою дослідження є визначення міцності кузова напіввагона з обшивкою, утвореною прямокутними гофрами при перевезенні залізничним поромом. Це сприятиме зменшенню пошкоджень кузовів напіввагонів в експлуатації та витрат на їх утримання. Для досягнення зазначеної мети сформульовано такі завдання:

– провести дослідження динамічної навантаженості кузова напіввагона з обшивкою, утвореною прямокутними гофрами при перевезенні залізничним поромом;

– провести розрахунок на міцність кузова напіввагона.

Для забезпечення міцності обшивки стін кузова напіввагона запропоновано їх виготовлення з прямокутними гофрами (рис. 1). За рахунок того, що лист з такою конфігурацією гофр має більший момент опору ніж лист обшивки типової конструкції кузова, прогнозується покращення міцності обшивки. Товщина листа за умови забезпечення мінімальної матеріалоємності та забезпечення міцності повинна складати 1,8 мм. Маса такого листа дорівнює 67,26 кг. Це на 10,5% нижче за масу типового листа обшивки кузова. Кузов вагона адаптовано до перевезень на залізничному поромі. Для цього він оснащений вузлами для закріплення, які розміщуються на шворневих балках (рис. 1).

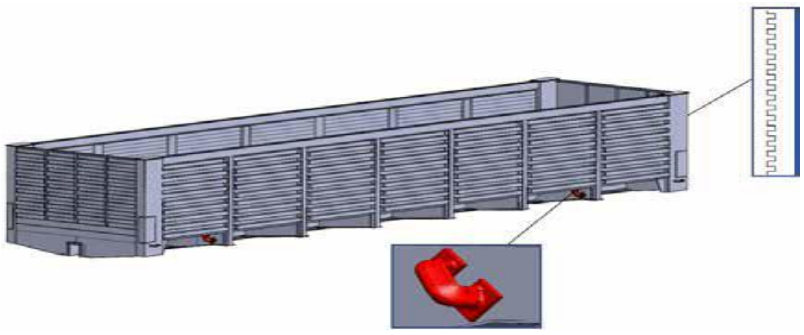


Рис. 1. Кузов напіввагона з обшивкою із листів

Для дослідження міцності кузова напіввагона з обшивкою із листів, утворених прямокутними гофрами проведено його розрахунок при перевезенні

залізничним поромом. Даний режим експлуатації прийнято до уваги у зв'язку із тим, що при цьому має місце більша навантаженість конструкції кузова, ніж при експлуатації на магістральних коліях. До уваги прийнято бортову хитавицю залізничного порому.

При цьому враховано, що вагон не має власного ступеня вільності та здійснює переміщення разом залізничним поромом, тобто повторює його траєкторію переміщень. Закон дії збурюючого зусилля завдано за трохоідою. Розрахунок проведено на прикладі порому для акваторі . Чорного моря.

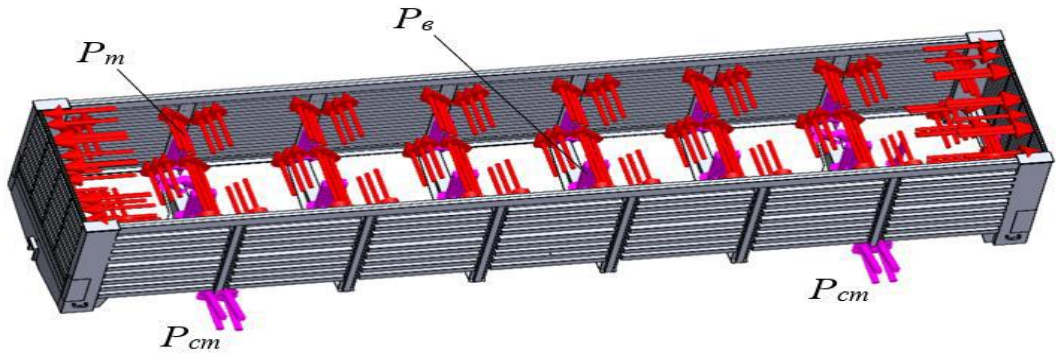


Рис. 2. Розрахункова схема кузова напіввагона

Подальшим розвитком даного дослідження є питання втомної міцності кузова напіввагона з обшивкою, утвореною прямокутними гофрами. Також потребує дослідження аналіз міцності торцевої стіни кузова, яка також утворена такою обшивкою. Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо проєктування сучасних конструкцій вантажних вагонів із покращеними техніко-економічними показниками.

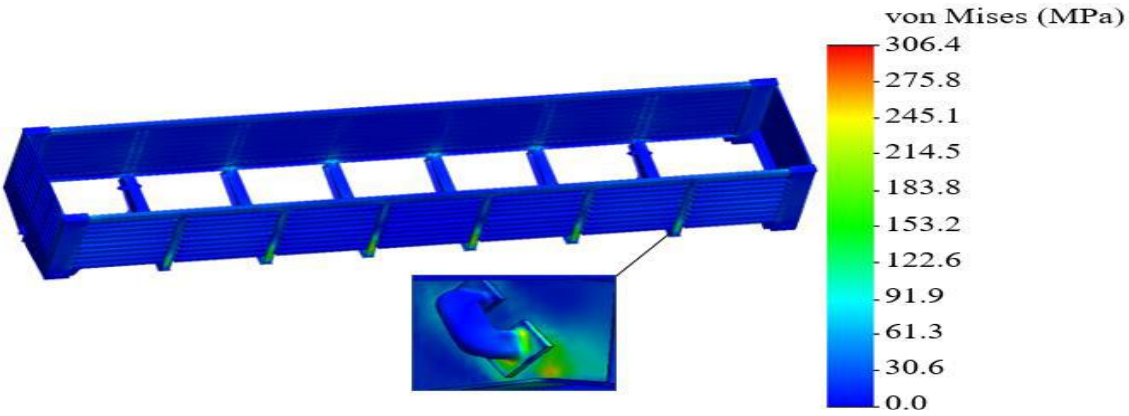


Рис. 3. Напружений стан кузова напіввагона

Висновки.

1. Проведено дослідження динамічної навантаженості кузова напіввагона з обшивкою, утвореною прямокутними гофрами при перевезенні залізничним поромом. Встановлено, що максимальне прискорення, яке діє на несучу конструкцію напіввагона, що розміщений на крайній від фальшборта колії верхньої палуби залізничного порому складає 0,21g. Зазначена величина прискорення приведена із урахуванням горизонтальної складової прискорення вільного падіння, яке розраховано для кута крену 12,2°.

2. Проведено розрахунок на міцність кузова напіввагона. Максимальні напруження, зафіксовані в кузові, виникають у вузлах для закріплення на палубі і складають близько 306 МПа. Ці напруження не перевищують допустимі та є нижчими за них на 1,5%. В обшивці бокових стін максимальні напруження склали близько 194 МПа, що на 14,5% нижче ніж у обшивці типового виконання. Максимальні переміщення в кузові зафіксовано у його верхньому обв'язуванні з боку нахилу і складають близько 5,5 мм.

Список літератури:

1. Vatulia Glib, Lovska Alyona, Myamlin Sergiy, Rybin Andrij, Nerubatskyi Volodymyr, Hordiienko Denys. Determining patterns in loading the body of a gondola with side wall cladding made from corrugated sheets under operating modes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. № 2/7 (122). P. 9–14. DOI:10.15587/1729-4061.2023.275547

2. Gerlici J., Lovska A., Vatulia G., Dizo J. A study of the transverse loading of an open wagon body with sandwich-panel walls. Procedia Structural Integrity. 2024. Vol. 59. P. 66–73. DOI: 10.1016/j.prostr.2024.04.011

3. Płaczek M., Wróbel A., Buchacz A. A concept of technology for freight wagons modernization. IOP Conf.Series: Materials Science and Engineering. 2016. Vol. 161. DOI: 10.1088/1757-899X/161/1/012107.

4. Ловська А. О. Дослідження міцності кузова напіввагона з удосконаленою обшивкою торцевих стін. Розвиток транспорту. 2023. № 2(17). С. 7–15. DOI: 10.33082/td.2023.2-17.01

5. Sulym Andrii, Safronov Oleksandr, Strynzha Andrii, Khozia Pavlo. Ways of improving of freight car design.

Transport systems and technologies. 2024. Vol. (43). P. 47–60. DOI: 10.32703/2617-9059-2024-43-4

6. Paul Thomas, Chin Wei Lai, Mohd Rafie Johan. Prospective of Magnesium and Alloy-based Composites for Lightweight Railway Rolling Stocks. Applied Science and Engineering Progress. 2022. Vol. 15. No. 2. 5716. P. 1–10. DOI: 10.14416/j.asep.2022.02.006.

7. Woo Geun Lee, Jung-Seok Kim, Seung-Ju Sun, Jae-Yong Lim. The next generation material for lightweight railway car body structures: Magnesium alloys. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit. 2018. Vol. 232. Issue 1. P. 25–42.

Alyonalovskaya.vagons@gmail.com

Muradyan@ntt.od.ua

УДК 629.463.65

Ловська А.О., д.т.н., проф.

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

Ян Діжо, PhD, доц.

Жилінський університет, Словаччина

Павлюченков М.В., к.т.н., доц.

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, Україна

Семенов В.П., аспірант

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ХВИЛЬОПОДІБНИХ ЛИСТІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБШИВКИ СТІН НАПІВВАГОНІВ

Анотація. *Для покращенню міцності обшивки стін кузова напіввагона в експлуатації розглянуто доцільність її виготовлення із хвильоподібних листів. Проведено оптимізацію параметрів хвильоподібного листа, а також розрахунок на міцність кузова напіввагона із урахуванням запропонованого удосконалення. Результати проведених досліджень довели доцільність використання хвильоподібних листів у якості обшивки стін кузова напіввагона.*

Проблематика. Розвиток економіки європейських країн є критично залежним від транспортної галузі. Вже тривалий час основна доля перевезень від їх загального об’єму припадає на залізничний транспорт. Для успішного

функціонування залізничного транспорту важливим є забезпечення його високоефективним рухомим складом. Існуючий парк вантажних вагонів налічує велику кількість за конструкційними особливостями типів вагонів. Однак найбільшу частку із них складають напіввагони. Цей тип вагонів пристосований до перевезень широкої номенклатури вантажів, що пояснюється відсутністю даху в їх конструкціях. Це дозволяє використовувати напіввагони до перевезень не тільки насипних та навалювальних вантажів, а також довгомірних, тарно-штучних, навіть, контейнерів або гусеничної техніки.

Важливо сказати, що різноманітність перевозимих у напіввагонах вантажів зумовлює і те, що даний тип вагонів є одним із найбільш пошкоджуваних в експлуатації. Обшивка кузовів напіввагонів є одним із часто пошкоджуваних елементів їх конструкції. Типова обшивка кузова універсального напіввагона складається із виштампованих листів, які за висотою 1/3 від нижнього обв'язування мають товщину 5 мм та за висотою 2/3 від верхнього обв'язування – 3 мм. В процесі експлуатації обшивка кузова зазнає дії постійного тиску від перевозимого вантажу, а також бокових сил, що діють на вагон в експлуатації. Це сприяє виникненню таких пошкоджень обшивки, як деформації або тріщини. При вантажно-розвантажувальних операціях можуть мати місце розриви обшивки. Такі пошкодження не тільки викликають необхідність ремонту кузову, втрату вантажів на шляху прямування, а і можуть стати причиною транспортних подій. Тому виникає необхідність впровадження рішень, спрямованих на покращення міцності обшивки кузовів напіввагонів у експлуатації.

Основні матеріали дослідження. Одним із можливих варіантів покращення міцності обшивки в експлуатації є виготовлення її із хвильоподібних листів (рис. 1). Наявність хвиль у геометрів листа покращує його жорсткість, а відповідно і міцність. Тому основною гіпотезою дослідження є те, що використання хвильоподібних листів у якості обшивки кузовів напіввагонів, сприятиме покращенню його міцності в експлуатації.

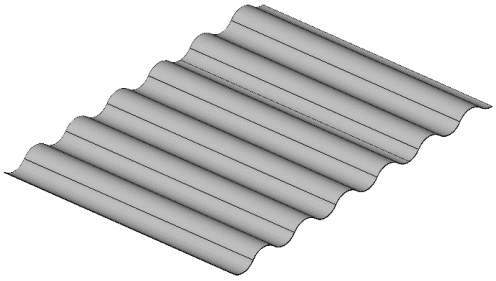


Рис. 1. Просторова модель хвильоподібного листа

Проведено порівняльний аналіз показників міцності та маси хвильоподібних листів із типовими листами обшивки кузовів. Встановлено, що використання хвильоподібного листа у якості обшивки стін кузова напіввагона сприяє зменшенню напружень у ньому на 18,4%, а переміщень на 26,5% у порівнянні із типовим листом. При цьому маса хвильоподібного листа на 25% є нижчою у порівнянні із типовим листом.

На наступному етапі дослідження проведено оптимізаційні розрахунки щодо вибору параметрів хвильоподібного листа обшивки. В якості оптимізованих параметрів обрано товщину листа та висоту хвилі. Проведені розрахунки показали, що оптимальними з точки зору мінімальної матеріалоємності є такі параметри листа: товщина листа – 2 мм при висоті хвилі – 48 мм. При цьому маса листа складає 68 кг. Отримана маса листа на 32% менша за масу типового листа. Маса кузова напіввагона із урахуванням застосування хвильоподібних листів у якості обшивки бокових стін на 3,5% нижча за масу типової конструкції кузова.

З урахуванням визначених параметрів листа побудовано просторову модель напіввагона (рис. 2).

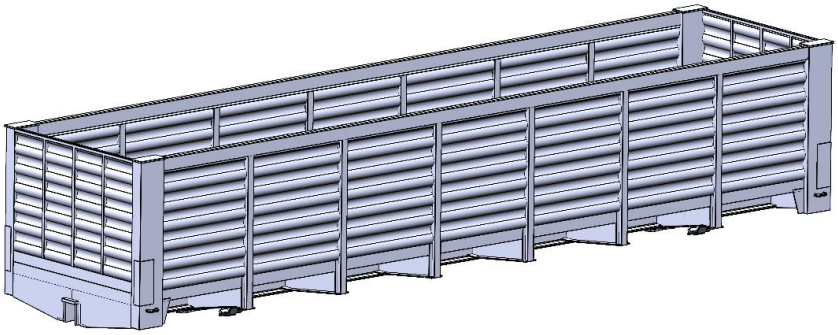


Рис. 2. Просторова модель кузова напіввагона із обшивкою, утвореною хвильоподібними листами

Проведено розрахунок на міцність кузова напіввагона із обшивкою, утвореною хвильоподібними листами. Встановлено, що при найбільш неблагоприємному режимі навантаження кузова (удар) максимальні напруження склали 298,1 МПа та виникають в хребтовій балці. Однак ці напруження є нижчими за допустимі. Максимальні напруження в обшивці бокових стін склали близько 120 МПа. Ці напруження на 9,4% нижче ніж у типової конструкції.

Максимальні переміщення в вузлах кузова напіввагона склали близько 3,6 мм і зафіксовані в середній частині верхнього обв’язування.

Також проведено розрахунок на міцність кузова і при інших схемах його навантаження. Встановлено, що міцність його конструкції дотримується.

Основним обмеженням даного дослідження є те, що розрахунок проведено на кузовів напіввагона із номінальними геометричними розмірами. Тобто наразі модель не враховує можливих експлуатаційних зносів. При проведенні подальших досліджень в зазначеному напрямку планується врахування цього моменту.

Напрямком подальшого розвитку даного дослідження може бути оптимізація листа обшивки з точки зору шагу хвиль, якими він утворений. Після цього планується проведення експериментального дослідження міцності кузова напіввагона. Автори планують здійснити це в лабораторних умовах на зменшеному зразку.

Висновки. Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо проєктування сучасних конструкцій залізничних вагонів, їх модернізацій, а також підвищенню ефективності експлуатації залізничного транспорту на сучасному етапі розвитку транспортної галузі.

alyonaLovskaya.vagons@gmail.com

УДК 656.13:658.5

Плекан У.М., к.е.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

РОЛЬ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ В ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Анотація. *Досліджено вплив рівня підготовки водіїв на ефективність і безпеку приміських пасажирських перевезень. Визначено ключові проблеми системи підвищення кваліфікації водіїв в Україні та окреслено напрями її вдосконалення з урахуванням європейських стандартів.*

Проблематика. Сучасний розвиток транспортної галузі України характеризується високим рівнем залежності від автомобільного транспорту, який забезпечує основну частину внутрішніх пасажирських перевезень. Водночас ефективність функціонування цієї сфери значною мірою визначається якістю людського ресурсу, зокрема професійною підготовкою водіїв. Недостатній рівень кваліфікації, відсутність системного підходу до перепідготовки та низька адаптація до сучасних викликів негативно впливають на безпеку перевезень, якість обслуговування пасажирів і загальну результативність транспортної системи.

Актуальність проблеми посилюється в умовах воєнного стану, коли водії пасажирського транспорту виконують не лише стандартні функції, а й беруть

участь у евакуаційних та гуманітарних перевезеннях. Зазначене вимагає підвищеного рівня професійної компетентності, психологічної стійкості та здатності до оперативного прийняття рішень у складних умовах.

Основні матеріали дослідження. Людський фактор є одним із ключових елементів, що визначають ефективність приміських пасажирських перевезень. Саме від рівня підготовки, досвіду та професійної відповідальності водія залежить не лише безпека дорожнього руху, але й якість транспортного обслуговування населення.

Аналіз причин дорожньо-транспортних пригод свідчить, що переважна їх частка пов'язана саме з людським фактором. До таких причин належать порушення правил дорожнього руху, перевищення швидкості, втома водія, недостатня концентрація уваги, а також низький рівень підготовки до дій у критичних ситуаціях. Це свідчить про необхідність підвищення якості професійної підготовки водіїв як ключового елементу забезпечення безпеки перевезень. Підготовка водіїв регламентується низкою нормативно-правових актів, однак існуюча система має низку суттєвих недоліків. Насамперед це відсутність обов'язкового механізму регулярного підвищення кваліфікації водіїв після отримання посвідчення. В умовах динамічних змін у транспортній сфері така ситуація призводить до морального старіння знань і навичок водіїв. В Україні система підготовки водіїв регламентується нормативно-правовими актами, зокрема Законом України «Про автомобільний транспорт», відповідними постановами Кабінету Міністрів України та наказами профільних органів. Однак аналіз чинного законодавства свідчить про відсутність ефективного механізму обов'язкового періодичного підвищення кваліфікації водіїв після отримання посвідчення. Це призводить до поступового зниження рівня професійної компетентності в умовах постійних змін у транспортній сфері.

На відміну від України, у країнах Європейського Союзу діє система сертифікації професійної компетентності водіїв (CPC), яка передбачає регулярне

оновлення знань кожні п’ять років. Такий підхід забезпечує високий рівень підготовки водіїв, адаптацію до нових технологій та стандартів безпеки.

Серед основних проблем системи підвищення кваліфікації водіїв в Україні доцільно виділити:

– відсутність обов’язковості регулярної перепідготовки;

– формальний характер навчальних програм;

– відсутність єдиного державного стандарту підвищення кваліфікації;

– слабкий зв’язок між роботодавцями та навчальними закладами;

– недостатній рівень цифровізації освітнього процесу;

– низька мотивація водіїв до професійного розвитку.

Наведені проблеми безпосередньо впливають на рівень аварійності, якість перевезень та економічну ефективність діяльності автотранспортних підприємств. Дослідження свідчать, що значна частина дорожньо-транспортних пригод пов’язана саме з людським фактором, включаючи помилки водіїв, втому, недостатню концентрацію уваги або відсутність необхідних навичок у нестандартних ситуаціях.

У сучасних умовах важливим напрямом підвищення ефективності перевезень є впровадження комплексного підходу до професійного розвитку водіїв, який передбачає:

– запровадження системи безперервного навчання;

– використання сучасних технологій (симулятори, онлайн-курси);

– розвиток навичок безпечного та економічного водіння;

– підготовку до роботи в кризових ситуаціях;

– формування комунікативних навичок взаємодії з пасажирами.

Зазначені заходи сприятимуть не лише підвищенню рівня безпеки, але й покращенню якості транспортних послуг, що є важливим фактором конкурентоспроможності підприємств галузі.

Висновки. Людський фактор відіграє визначальну роль у забезпеченні ефективності та безпеки приміських пасажирських перевезень. Сучасний стан

системи підготовки водіїв в Україні не відповідає вимогам часу та потребує комплексного реформування. Впровадження європейських підходів до сертифікації, розвиток системи безперервного навчання та цифровізація освітніх процесів дозволять підвищити рівень професійної компетентності водіїв, знизити аварійність та забезпечити якісне транспортне обслуговування населення.

uliana_plekan@ukr.net

УДК 656.07:004.9-057.4

Сакно О.П., к.т.н., доц., Клещевников Д. В., студент,
Переверзєв Є. М., студент, Медведєв Є.П., к.т.н., доцент
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна
Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

ДОСВІД СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Анотація. *Штучний інтелект змінює підхід до обслуговування наших автомобілів. Розглянуто, як приклад, безконтактну діагностику автомобілів за допомогою віброакустичних даних. Це є інноваційний метод технічного контролю, який дозволяє оцінити стан вузлів та агрегатів (двигуна, трансмісії, підвіски) без розбирання чи навіть фізичного підключення до авто. Даний підхід базується на аналізі звуків, вібрацій та шумів, що виникають під час експлуатації автомобіля.*

Проблематика дослідження. Огляд дослідження полягає в сучасному розвитку автомобільного транспорту що являє собою різну конструктивну складність вузлів і агрегатів. Опираючись на стандартні методи діагностики, які потребують розбирання або прямого контакту з поверхнями, стають дедалі

менше ефективними через високу трудомісткість та неможливість моніторингу в реальному часі. За для цього безконтактна віброакустична діагностика, заснована на аналізі звукових полів та лазерному вимірюванні вібрацій, відкриває шлях до створення нового типу технологій системи Predictive Maintenance, що означає прогнозоване обслуговування і насамперед критично важливим для автономного та електричного транспорту.

Основні матеріали дослідження. Штучний інтелект у сфері автосервісу поєднує в собі машинне навчання, аналіз даних у реальному часі та хмарні обчислення, щоб надати водіям і механікам більш точну інформацію про стан автомобіля.

Традиційні системи OBD (бортова діагностика) діють реактивно. Вони виявляють проблему, реєструють код помилки та попереджають водія – часто вже після того, як пошкодження почало розвиватися. Штучний інтелект, навпаки, діє проактивно. Він навчається на даних, зібраних датчиками, порівнює цю інформацію з історичними записами та виявляє закономірності, які можуть вказувати на проблему задовго до того, як спалахне попереджувальна лампочка.

Завдяки технологічними напрями на прикладі лазерної віброметрії, який вимірює вібрації швидкості і зміщення використовуючи доплерівський зсув лазерного світла, відбитого від вібруючих поверхонь. Відповідно спрямовує лазерний промінь у точку вимірювання, і в міру руху поверхні частота відбитого світла зміщується пропорційно швидкості поверхні, приклад цього приладу розглянемо на рис. 1.

Рисунок 1 - Повнопольовий вібраційний аналіз за допомогою скануючого віброметра

За таким принципом можна побачити безконтактне дослідження, завдяки лазеру в результаті виявлено теплову карту вібрації на дверях автомобіля. Відповідно більш виражений колір передає найсильнішу вібрацію, що вказує на несправності.

Основні аспекти віброакустичної діагностики:

а) принцип роботи: спеціальні високочутливі мікрофони, лазерні віброметри або акселерометри записують акустичні сигнали та вібрації. Отримані дані порівнюються з еталонними характеристиками справного автомобіля;

б) використання штучного інтелекту (ШІ): алгоритми машинного навчання аналізують звуковий спектр, виявляючи найменші відхилення (стук, гул, скрегіт), які вказують на знос деталей.

Основні переваги штучного інтелекту в діагностиці автомобілів:

1) Профілактичне технічне обслуговування. Наприклад, що можна дізнатися про ймовірну несправність генератора за кілька тижнів до того, як це станеться. Прогнозні можливості штучного інтелекту допомагають виявляти проблеми на ранній стадії, мінімізуючи дорогі поломки та екстрені ремонти.

2) Моніторинг у реальному часі. Датчики на базі штучного інтелекту постійно відстежують роботу автомобіля, виявляючи аномалії, такі як незвичайні вібрації, особливості зносу шин або зниження паливної ефективності. Не доведеться чекати, поки можна почути шум або відчуєте, що щось не так.

3) Індивідуальні рекомендації щодо обслуговування. Штучний інтелект не просто дає загальні поради – він адаптується до стилю водіння водія. Незалежно від того, чи водій щодня їздить по автомагістралях, чи подорожує гірськими дорогами, штучний інтелект підбирає рекомендації щодо технічного обслуговування, виходячи з того, як і де ви їздите.

4) Швидше виконання робіт та скорочення часу простою. Виявляючи проблему ще до того, як водій приїдить до майстерні, штучний інтелект

економить цінний час техніків на діагностику та ремонт автомобіля. Це означає менше очікування та швидше обслуговування.

Ця технологія є ефективним доповненням до традиційної комп'ютерної діагностики OBD-II, дозволяючи комплексно оцінити стан автомобіля.

Наприклад. Замість того, щоб просто повідомити: «виявлено проблему з акумулятором», штучний інтелект може проаналізувати цикли заряджання, погодні умови та стиль водіння, щоб передбачити, коли акумулятор, найімовірніше, вийде з ладу.

Замість того, щоб чекати спрацьовування датчика гальмівних колодок, ШІ може контролювати силу та частоту гальмування, щоб оцінити знос і порекомендувати заміну до того, як безпека опиниться під загрозою.

Платформи підключених автомобілів та хмарні обчислення підсилюють цей ефект, обмінюючись даними між мільйонами автомобілів. Це означає, що автомобіль отримує користь не лише від власних даних, а й від колективного інтелекту, зібраного в усьому автомобільному світі.

Інструменти штучного інтелекту, які використовують сервісні центри:

а) Сучасні сервісні центри починають використовувати платформи на базі штучного інтелекту, які роблять діагностику швидшою та ефективнішою;

б) Діагностичні платформи — вони використовують машинне навчання для аналізу даних про стан автомобіля в режимі реального часу, порівнюють їх із еталонними показниками та пропонують ймовірні причини несправностей;

в) Мобільні додатки та інформаційні панелі – багато систем штучного інтелекту надають як механікам, так і водіям зручні для сприйняття інформаційні панелі з оновленнями про стан автомобіля в режимі реального часу;

г) Інтегроване планування та замовлення запчастин – деякі платформи на базі штучного інтелекту оптимізують процес ремонту, автоматично пропонуючи запчастини, повідомляючи про відкликання та допомагаючи майстерням завжди мати в наявності те, що найбільше потрібно клієнтам.

Висновок. Штучний інтелект змінює підхід до обслуговування наших автомобілів. Від профілактичного технічного обслуговування до моніторингу в режимі реального часу – діагностика на основі штучного інтелекту скорочує час простою, економить кошти і, що найголовніше, забезпечує вашу безпеку на дорозі.

Зробивши аналіз сучасних підходів до безконтактної діагностики автомобілів із використанням віброакустичних технологій, дає можливість більш точніше виявляти несправності.

Список використаних джерел

1. https://vibromera.eu/uk/glossary/laser-vibrometry/
2. https://www.polytec.com/en/vibrometry/solutions/industries/automotive
3. https://www.fluke.com/en/learn/blog/leak-detection/what-is-acoustic-imaging

УДК 621.316

[1]Семененко Ю.О., к.т.н. доц.,

[2]Середа О.Г., д.т.н.. доц., [3]Семененко О.Д., ас.

[1]Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна

[2]Національний політехнічний університет «ХПІ», Харків, Україна

[3]Національний аерокосмічний університет «ХАІ», Харків, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ПОШКОДЖЕННЯ ЗОВНІШНІХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ЗАЛІЗНИЦЬ

Анотація. *Проведений аналіз сучасних підходів, технічних рішень та проблемних питань, пов'язаних із знаходженням місць пошкоджень зовнішнього електропостачання тягових підстанцій залізниць. Якісне вирішення цих задач дозволяє підвищити надійність роботи залізничного транспорту, зменшити втрати електроенергії та забезпечити умови для подальшої електрифікації залізниць України.*

Проблематика дослідження. Сучасна залізнична транспортна система, особливо під час правового режиму воєнного стану, є однією з ключових складових інфраструктури України, забезпечуючи перевезення пасажирів і вантажів на великі відстані з високою ефективністю та екологічністю. Електрифіковані залізниці, які становлять основу прогресивного залізничного транспорту, залежать від стабільного та надійного електропостачання, яке надають тягові підстанції, що здійснюють перетворення та розподіл електроенергії для живлення тягової мережі залізниць.

Актуальність теми підведення зовнішніх мереж напруги до тягових підстанцій зумовлена кількома ключовими факторами. По-перше, зростання обсягів перевезень та підвищення швидкостей руху вимагають суттєвого збільшення потужності тягового електропостачання. По-друге, значна частина існуючих тягових підстанцій була введена в експлуатацію ще в радянський період і сьогодні потребує модернізації схем живлення. По-третє, інтеграція залізничної енергосистеми в об'єднану енергосистему країни ставить нові вимоги до якості електроенергії, надійності та економічності зовнішнього електропостачання.

Основні матеріали дослідження. Підведення зовнішніх мереж середньої (35 кВ) та високої напруги (110–330 кВ) до тягових підстанцій є складним технічним завданням, яке охоплює вибір точки приєднання, схемні рішення, забезпечення електромагнітної сумісності, захист від коротких замикань, релейний захист та автоматику, а також впливу на якість електроенергії в не тягових споживачів.

Лінії електропередачі 110 кВ експлуатуються з глухозаземленою або ефективно-заземленою нейтраллю. Нейтралі ліній вищого класу напруги 220-330 кВ мають виключно глухе заземлення. Дані режими роботи необхідні для автоматичного відключення лінії електропередачі (ЛЕП) за будь-якого виду пошкодження за рахунок появи струмів КЗ, що протікають у контурі нейтраль-лінія-гілка пошкодження земля. При всіх ушкодженнях ЛЕП 110-330 кВ, що

регламентуються, доцільно використовувати параметричні методи, які можуть бути досить ефективними при достовірному описі моделі ЛЕП. Під параметрами аварійного режиму маються на увазі струми та напруги, зафіксовані в процесі КЗ. Залежно від установки фіксуючих пристроїв можливі алгоритми одностороннього, двостороннього та багатостороннього вимірів, проте всі ці методи поєднує принцип аналізу зміни цільової функції. Критерієм параметричного ЗМП є досягнення цільової функції глобального мінімуму. Як цільової функції може бути реактивна потужність у точці короткого замикання (КЗ). Враховуючи активний резистивний характер опору в місці замикання, здійснюється пошук нульового значення реактивної потужності в точці пошкодження за виміряними значеннями аварійних величин напруги та струму на початку ЛЕП. Ця ідея лежить в основі багатьох односторонніх методах визначення пошкодження, що використовуються на сьогодення. Двосторонній метод заснований на фіксації аварійних величин напруг та струмів з обох боків лінії. В підсумку з урахуванням параметрів лінії, виконується оцінка напруги у відповідній точці ЛЕП. За місце пошкодження приймається значення x_f, при якому значення напруг з різних кінців ЛЕП є рівними. Перелічені методи використовують модель ЛЕП, яка дозволяє провести оцінку аварійних величин у її точці, тоді як точність параметричних методів багато в чому залежить від адекватності моделі до реальної ЛЕП.

Зовнішні мережі 35 кВ виконуються здебільшого з ізольованою або резонансно-заземленою нейтраллю. При пошкодженнях та в підсумку КЗ таких електричних мереж відносяться двофазні та трифазні замикання. При цьому режими двофазні та трифазні КЗ супроводжується відносно великими струмами. До прикладу при двофазному КЗ ЛЕП 35 кВ спостерігається зростання первинних струмів з 5 А в нормальному режимі до 750 А в режимі КЗ. Високий рівень струмів при КЗ у таких мережах зумовлює можливість застосування дистанційних параметричних методів, але вони малоефективні при однофазних замиканнях на землю (ОЗЗ), оскільки струми при пошкодженні залишаються

порівнянними з навантажувальними або навіть стають меншими. Перспективними методами визначення місця ОЗЗ є хвильові, що використовують при розрахунку довжину лінії та різницю моментів часу досягнення аварійної хвилі кінців ЛЕП. При цьому головною проблемою є те, що використання традиційних засобів реєстрації високочастотної хвилі у вторинних ланцюгах трансформатори струму і напруги не дають можливості чітко виявити фронт хвилі через малу потужність сигналу.

На рис.1 наведено осцилограми електромагнітної хвилі при ОЗЗ в мережах 35 кВ і 110 кВ, що відбулися на однаковому віддаленні фіксуючих пристроїв, що дозволяє наочно порівняти значення імпульсу електромагнітної хвилі.

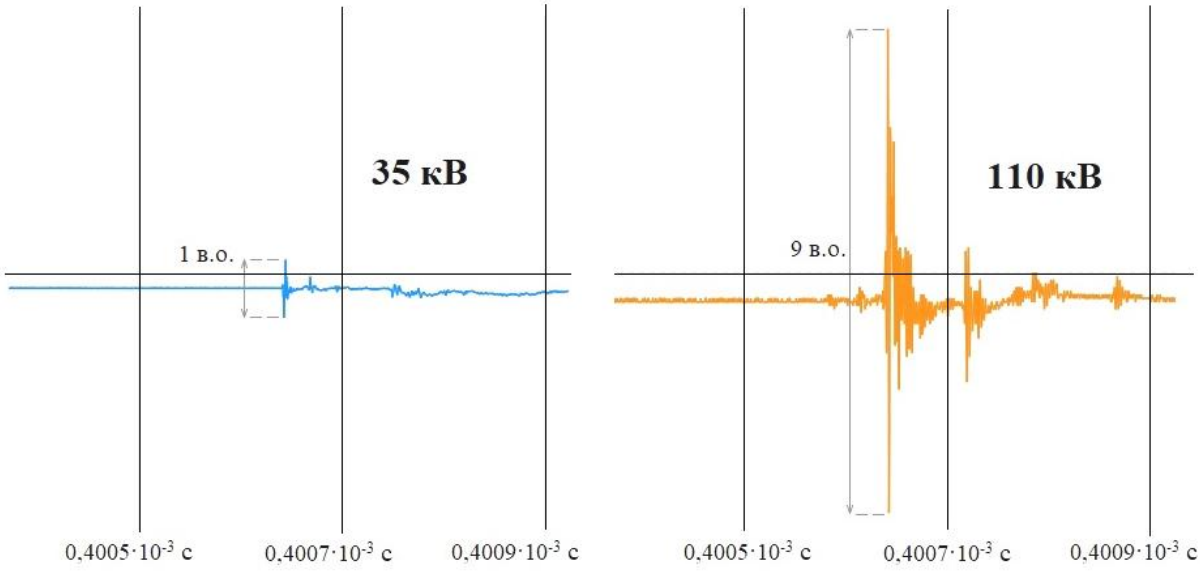


Рисунок 1 – Високочастотна хвиля при ОЗЗ у мережі 35 кВ та при однофазному КЗ у мережі 110 кВ

Для підвищення чутливості хвильового визначення місця ушкодження у мережах 6-35 кВ, яке досягається шляхом більш точного виділення фронту хвилі, використовують високочастотні датчики, що дозволяють реєструвати сигнали в діапазоні частот від сотень кГц до десятків МГц.

Реєстрація хвилі датчиками можлива у первинних чи вторинних колах. Обґрунтованим вибором місця встановлення датчиків хвилі є первинне

обладнання де електромагнітна хвиля має мінімальне спотворення та меншу втрату потужності. Якщо відсутнє обладнання високочастотного зв'язку на ЛЕП можливі альтернативні варіанти встановлення датчиків хвилі з використанням конденсаторів зв’язку: безпосередньо на ЛЕП із підключенням до фазних проводів та всередині комірки на кабельних вводах лінії.

Висновки. Таким чином встановлено, що використання високочастотних датчиків у колах системи електропостачання дозволяє виділити фронт електромагнітної хвилі, необхідний для визначення міток часу при хвильовому визначенні місця ушкодження, що підтверджує ефективність їх застосування.

slider2012slider@gmail.com,
oleksandr.sereda@khpi.edu.ua,
o.semenenko@khai.edu

УДК 656.2:004.89

Скуріхін Д. І., к.т.н., доц, Ловська А. О., д.т.н., проф.,
Равлюк В. Г., д.т.н., проф., Рибін А. В. к.т.н., доц.,
Бондаренко В.В. к.т.н., доц.
Український державний університет залізничного транспорту, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АНАЛІЗУ СПЕКТРОГРАМ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ВЗАЄМОДІЇ КОЛЕСА І РЕЙКИ

Анотація. *У статті розглянуто застосування нейронних мереж для аналізу спектрограм акустичних сигналів взаємодії колеса і рейки з метою автоматизованого моніторингу технічного стану рухомого складу. Наведено результати експериментальних вимірювань акустичних сигналів під час проходження поїздів, виконано побудову та експертну розмітку спектрограм. Для автоматичної класифікації сигналів використано згорткову нейронну мережу на основі MobileNet. Проведене навчання моделі дозволило*

ідентифікувати характерні типи акустичних сигналів: ударну взаємодію колеса і рейки, шум кочення, аеродинамічний шум та скрегіт у кривих ділянках колії.

Проблематика. Сучасні інформаційно-вимірювальні системи моніторингу технічного стану транспортних об'єктів потребують ефективних методів обробки великих масивів вимірювальних даних. У сфері залізничного транспорту особливу актуальність має своєчасне виявлення дефектів колісних пар під час руху поїзда, оскільки такі пошкодження безпосередньо впливають на безпеку руху та надійність експлуатації рухомого складу. Одним із перспективних джерел діагностичної інформації є акустичні сигнали, що виникають у зоні контакту колесо–рейка. Традиційні методи аналізу таких сигналів базуються на спектральному аналізі, однак складна структура шуму та велика кількість зовнішніх факторів ускладнюють виділення інформативних ознак. Тому актуальним є застосування методів штучного інтелекту, зокрема нейронних мереж, для автоматизованого аналізу спектрограм акустичних сигналів у складі інформаційно-вимірювальних систем діагностики.

Основні матеріали дослідження. Для автоматичної класифікації спектрограм шумів рухомого складу була використана модель згорткової нейронної мережі, навчена за допомогою платформи Teachable Machine.

Модель навчалась розпізнавати характерні типи акустичних сигналів:

– ударна взаємодія колеса і рейки;

– шум кочення;

– аеродинамічний шум (вітер);

– скрегіт у кривих ділянках колії.

Для підготовки даних до навчання спектрограми було розділено на квадратні фрагменти однакового розміру. Це дозволило перетворити безперервний акустичний сигнал на набір стандартизованих зображень, що містять локальні часово-частотні ознаки та можуть використовуватись як навчальні приклади для класифікації нейронною мережею.

Архітектура моделі базується на попередньо навченому CNN-екстракторі ознак типу MobileNet, який використовується для автоматичного виділення

просторово-частотних патернів спектрограм. На основі отриманого вектора ознак формується класифікаційний шар, що визначає ймовірність належності сигналу до відповідного класу. Навчання моделі виконується шляхом мінімізації функції втрат крос-ентропії з використанням алгоритму градієнтного спуску.

На рисунку 1 представлено процес навчання нейронної мережі у середовищі Teachable Machine. Для формування навчального набору даних було створено кілька класів сигналів, що відповідають різним джерелам шуму: ударна взаємодія колеса з рейкою (Impact), шум вітру (Wind), шум кочення коліс по рейці (Rolling), а також скрегіт у кривих ділянках колії (Screech). Кожен клас містив набір спектрограм, сформованих із експериментальних акустичних записів, отриманих під час проходження поїзда.

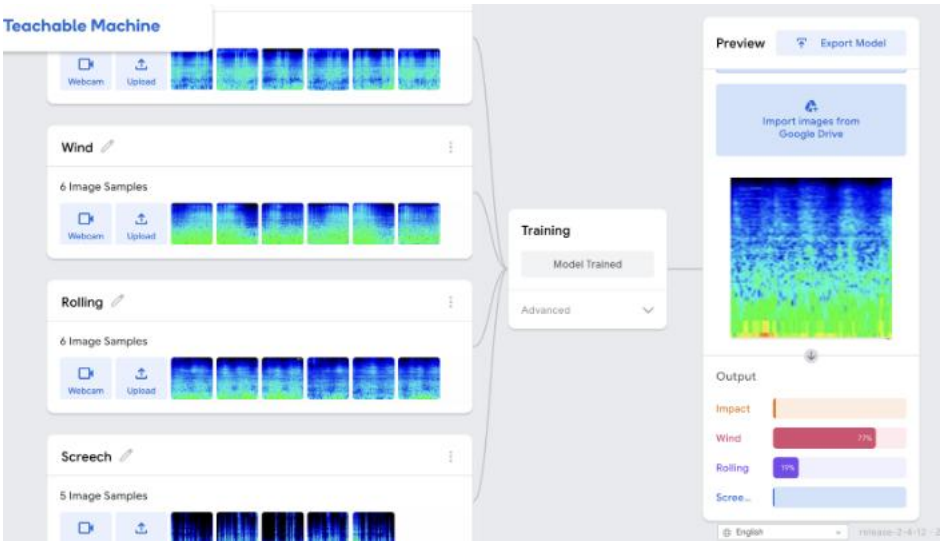


Рисунок 1 – Результат роботи моделі по розпізнаванню спектрограми вітру

Після формування навчальної вибірки було виконано навчання нейронної мережі для задачі класифікації спектрограм. У правій частині рисунка наведено результат тестування моделі на новому зразку спектрограми, що містить переважно акустичний сигнал вітру, а також компоненти шуму кочення. Модель визначила найбільш ймовірний клас Wind з імовірністю 77 %, тоді як імовірність належності сигналу до класу Rolling становила 19 %, що відповідає фактичній структурі сигналу, де присутні як аеродинамічний шум, так і фоновий шум руху поїзда.

На рисунку 2 видно, що модель визначила клас Impact з імовірністю 92 %, тоді як імовірність належності сигналу до класів Wind, Rolling та Screech була незначною і не перевищувала кількох відсотків. Такий розподіл імовірностей свідчить про чітку ідентифікацію характерних ознак ударної взаємодії колеса та рейки

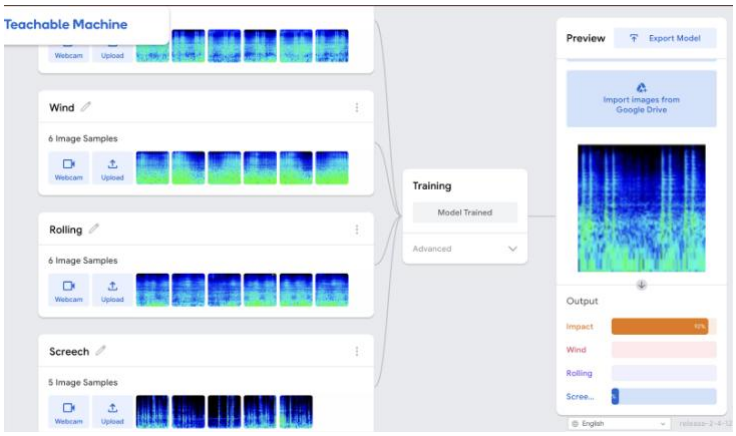


Рисунок 2 – Результат роботи моделі по розпізнаванню спектрограми ударної взаємодії колеса з рейкою

Високе значення ймовірності для класу Impact 92 % свідчить про достатню якість навчання моделі та її здатність впевнено виділяти інформативні ознаки ударної взаємодії серед інших типів акустичних сигналів. Таким чином, для даного тестового зразка модель продемонструвала коректну роботу та правильну класифікацію спектрограми, що підтверджує ефективність використаного підходу для автоматизованого розпізнавання імпульсних акустичних подій у системі моніторингу рухомого складу.

Висновки. У роботі запропоновано підхід до обробки акустичних сигналів взаємодії колеса і рейки на основі нейронних мереж. Експериментальні вимірювання виконано під час проходження 204 пасажирських, 282 вантажних вагонів та 38 вагонів електропоїздів у діапазоні швидкостей 5–80 км/год. На основі отриманих акустичних записів побудовано спектрограми та виконано їх експертну розмітку, що дозволило сформувати навчальну вибірку для моделі машинного навчання. Для класифікації сигналів використано згорткову нейронну мережу на базі MobileNet. Результати тестування показали, що модель

розпізнає характерні акустичні події з імовірністю до 99 %, що підтверджує ефективність застосування нейронних мереж у системах акустичного моніторингу технічного стану рухомого складу.

Подяка. Дане дослідження проведено в рамках науково-дослідної роботи “Підвищення безпеки руху залізничного рухомого складу шляхом впровадження інтегрованих технологій підтримки життєвого циклу” (ДР 0125U001907), яка виконується за рахунок коштів державного бюджету України з 2025 р.

Література.

1. Molodova, M., Li, Z., Dollevoet, R. *Axle box acceleration: Measurement and simulation for detection of short track defects.*Mechanical Systems and Signal Processing, 2014. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2013.10.011

2. Zhang, W., Li, Z., Dollevoet, R. *Rail defect detection using axle box acceleration measurements.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2018. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2017.10.020

3. Li, Z., Molodova, M., Núñez, A. *Condition monitoring of railway infrastructure and vehicles based on vibration measurements.* Sensors, 2020. https://doi.org/10.3390/s20051472

4. Antoni, J. *The spectral kurtosis: A useful tool for characterising non-stationary signals.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2006. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2004.09.001

5. Randall, R., Antoni, J. *Rolling element bearing diagnostics — A tutorial.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2011. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2010.07.017

6. Zhao, R., Yan, R., Chen, Z., Mao, K., Wang, P., Gao, R. *Deep learning and its applications to machine health monitoring.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2017. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2016.11.030

7. Lei, Y., Li, N., Guo, L., Li, N., Yan, T., Lin, J. *Machinery health prognostics: A systematic review.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2020. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2019.106587

8. Zhang, Y., Qin, Y., Mao, Y. *Deep learning for intelligent fault diagnosis in mechanical systems.* IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2021. https://doi.org/10.1109/TIE.2020.2972442

9. Peng, Z., Chu, F. *Application of wavelet transform in machine condition monitoring.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2004. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2003.09.007

10. Jia, F., Lei, Y., Lin, J., Zhou, X., Lu, N. *Deep neural networks: A promising tool for fault characteristic mining.* Mechanical Systems and Signal Processing, 2016. https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2015.10.025

11. Скуріхін Д. І., Ловська А. О., Равлюк В. Г., Рибін А. В. Цифрові технології підтримки життєвого циклу залізничного рухомого складу: аналітика та вектори розвитку. Розвиток транспорту. 2025. № 3(26). С. 113–125. DOI: https://doi.org/10.33082/td.2025.3-26.08.

12. Bondarenko V. V., Skurikhin D. I., Vizniak R. I., Ravlyuk V. H., Skurikhin V. I. Experimental study of the method and device for wheel-sets acoustic monitoring of railway cars in motion. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2019. № 4. С. 30–37. https://doi.org/10.29202/nvngu/2019-4/7.

skurikhin@i.ua

alyonaLovskaya.vagons@gmail.com

ravvg@ukr.net

rybinandrey2006@gmail.com

bonvya@ukr.net

УДК 629.4.018

Фомін О.В., д.т.н, проф., Прокопенко П.М., PhD

Національний транспортний університет, Україна

Іванченко. Д.А., к.т.н.

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПЕРЕД ДОПУСКОМ ЇХ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Анотація. *У роботі розглядаються особливості контролю міцності та динамічних характеристик вантажних вагонів за допомогою сучасних вимірювальних систем, що застосовуються перед допуском рухомого складу до експлуатації на коліях загального користування.*

Проблематика дослідження. Забезпечення безпеки залізничних перевезень є пріоритетним завданням транспортної галузі. Однією з ключових складових цієї безпеки є належний технічний стан рухомого складу, зокрема вантажних вагонів. Несправності вагонів можуть призводити до серйозних аварій, збитків та затримок у транспортуванні вантажів.

На сьогоднішній день процедури оцінки технічного стану вантажних вагонів часто є трудомісткими та потребують значних витрат часу. Традиційні методи огляду, які проводяться вручну або за допомогою стаціонарного обладнання, не завжди забезпечують достатню оперативність та повноту контролю. Це особливо актуально в умовах зростаючих обсягів перевезень та необхідності швидкого обороту вагонного парку.

Існуюча інфраструктура пунктів технічного огляду (ПТО) не завжди здатна ефективно справлятися зі зростаючим навантаженням. Нерідко виникають затримки у відправленні поїздів через черги на ПТО та необхідність проведення детальних оглядів. Крім того, людський фактор може впливати на якість оцінки, призводячи до пропуску потенційних несправностей.

З метою підвищення рівня безпеки, оперативності та ефективності процесу підготовки вантажних вагонів до експлуатації виникає нагальна потреба у впровадженні сучасних технологічних рішень. Одним із таких рішень є створення мобільного комплексу оцінки технічного стану вантажних вагонів.

Такий комплекс повинен поєднувати в собі передові методи неруйнівного контролю, автоматизовані системи обробки даних та можливості швидкого переміщення між різними пунктами огляду. Завдяки цьому стане можливим проведення експрес-оцінки ключових параметрів вагонів безпосередньо перед їх відправленням, мінімізуючи ризики виникнення несправностей у дорозі.

Основні матеріали дослідження. Програмно-математичне забезпечення розроблене для оцінки та реєстрації показників якості руху залізничного рухомого складу під час експлуатації. Обробка експериментальних даних здійснюється за допомогою програмного середовища LabView, у якому

реалізовано алгоритми аналізу та обробки результатів динамічних випробувань. Основна функція програмного забезпечення полягає у визначенні зв'язків між коливальними процесами несучих конструкцій, ідентифікації частот взаємодії та оцінці рівнів цієї взаємодії. Для цього застосовуються методи кореляційного та спектрального аналізу, які виконуються для різних елементів конструкції. Дані, отримані в процесі вимірювань, представляються у вигляді багатовимірного часового ряду, де кожен рядок є одновимірним часовим рядом, отриманим з окремого вимірювального каналу.

Програмне забезпечення складається з п’яти основних модулів, кожен з яких відповідає за певний етап обробки даних:

- реєстрація первинних даних під час випробувань;
- вхідні параметри обробки та перетворення бінарних файлів у текстовий та числовий вид;
- визначення масиву даних, який використовується в подальшій обробці. Співвідношення даних GPS доданих отриманих з датчиків системи;
- наповнення масиву даних згідно вимог заданих в модулі 2;
- запис результатуючого файлу у вигляді тексту та діаграми.

Дане рішення дозволяє проводити поглиблений аналіз динамічних властивостей рухомого складу, забезпечуючи підвищення точності діагностики його стану.

Мобільна система для контролю міцності та динамічних характеристик вантажних вагонів в експлуатації складається з первинних перетворювачів, приймача глобальної системи позиціювання, ліній передачі аналогових сигналів, підсистем збору вимірювальної інформації, визначення показників безпеки руху в режимі експрес-обробки, визначення динамічних напружень.

Первинним перетворювачами є тензорезистори, низькочастотні акселерометри та датчики переміщень. Лінії передачі аналогових сигналів – кабелі, що забезпечують сполучення первинних перетворювачів з реєструючими засобами з робочою напругою до 10 В та являються складовими частинами

вимірювальної системи. Кабелі екрановані, стійкі до мастил, мають шість жил, гнучкість кабеля відповідає 2-му класу та не змінює свої властивості при температурі від мінус 40°С до плюс 80°С.

Система виконує дві основні функції: оцінювання показників міцності та безпеки в реальному часі, а також автономне вимірювання фізичних параметрів (переміщення, прискорення, деформації) з подальшою статистичною обробкою даних. Для аналізу впливу швидкості руху на зміну контрольованих параметрів, визначення точного часу та поточних координат використовуються дані, отримані за допомогою модуля GPS-приймача.

Мобільна система забезпечує автономне проведення контрольних випробувань для динамічної діагностики одиниць рухомого складу. Це необхідно для оцінки навантаження на ходові частини, що є ключовою складовою перевірки якості капітального ремонту, визначення залишкового ресурсу несучих конструкцій, виконання контрольних випробувань у межах продовження терміну служби та аналізу навантажень на ходові частини під час експлуатації рухомого складу.

Загальну блок-схему мобільної системи для контролю міцності та динамічних характеристик вантажних вагонів в експлуатації наведено на рисунку 1.

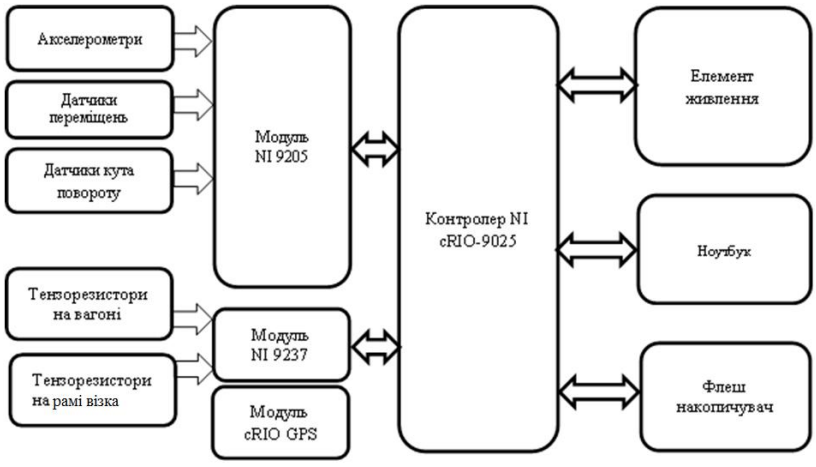


Рисунок 1 – Блок-схема мобільної системи для контролю міцності та динамічних характеристик

Застосування мобільної системи в умовах випробувань. Для натурних випробувань було обрано вагона хопер-дозатора моделі 19-1003-У для перевезення і механічного вивантаження всіх видів баласту з одночасним дозуванням і розрівнюванням баласту на колійній решітці при ремонтах та спорудженні залізничної колії 1520 мм Даний вагон з проектовано та збудовано філією «Панютинський вагоноремонтний завод» АТ «Укрзалізниця» (рис. 2).

Для вимірювань показників динамічних напружень було встановлено тензорезистори на несівних конструкціях вагона. Для реєстрації показників безпеки руху (коефіцієнт запасу стійкості) встановлено тензорезистори на рамах бокових рамах візків, встановлено акселерометри на підресорених та не підресорених частинах вагона. Встановлені реєструючи датчики за допомогою кабелів підключено до мобільної системи.

Рисунок 2 – Вагон хопер-дозатор моделі 19-1003-У

Висновки. Розробка мобільного комплексу є значним кроком у підвищенні ефективності та безпеки залізничних перевезень.

Впровадження автоматизованої системи обробки даних дозволяє отримувати оперативні та точні результати оцінки.

Експериментальні дослідження підтвердили високу точність та надійність роботи розробленого комплексу. Результати випробувань показали можливість значного скорочення часу на проведення технічного огляду вагонів.

Прикладним висновком є можливість інтеграції комплексу в існуючі системи управління залізничним транспортом. Мобільність комплексу забезпечує можливість проведення діагностики безпосередньо на коліях станцій та під'їзних шляхів. Це дозволяє мінімізувати простої вагонів, пов'язані з транспортуванням до стаціонарних пунктів огляду. Прикладним значенням є можливість використання комплексу для контролю якості ремонтних робіт. Розробка мобільного комплексу сприяє впровадженню сучасних інформаційних технологій у залізничну галузь.

Отримані результати можуть бути використані для подальшого вдосконалення методів діагностики рухомого складу.

Створення мобільного комплексу оцінки технічного стану вантажних вагонів є актуальним та перспективним напрямком розвитку залізничної галузі України.

fomin_ov@ntu.edu.ua
prokopenko1520mm@gmail.com
ivanchenko_d_a@pstu.edu

УДК 629.92

Фомін О.В. д.т.н., проф.,
Козинка О.С.,аспірант, Безлуцький В.О., аспірант
Національний транспортний університет, Україна
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

ВПЛИВ МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІКАРБОНАТУ НА ПАРАМЕТРИ ДЕМПФУВАННЯ ТА ЖОРСТКОСТІ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

Анотація. *У роботі досліджено вплив мультифункціональних покриттів на основі полікарбонату на динамічні характеристики вантажних вагонів, зокрема параметри демпфування та жорсткості конструкційних елементів. Розглянуто фізико-механічні*

властивості полікарбонатних матеріалів і їх здатність змінювати енергетичні характеристики коливальних процесів. Проведено аналіз впливу покриттів на амплітуду коливань, швидкість їх затухання та розподіл напружень у несучих елементах вагона. Встановлено, що застосування таких покриттів може підвищити демпфуючі властивості конструкції та частково змінити її жорсткісні параметри. Отримані результати можуть бути використані для підвищення надійності та довговічності вантажного рухомого складу.

Проблематика. Сучасні умови експлуатації вантажних вагонів характеризуються підвищеними динамічними навантаженнями, що виникають під час руху по нерівностях колії, при маневрових операціях та взаємодії з вантажем. Ці навантаження призводять до інтенсивних коливальних процесів, які негативно впливають на довговічність конструкції, сприяють накопиченню втомних пошкоджень та підвищують витрати на технічне обслуговування.

Одним із перспективних напрямів зменшення негативного впливу динамічних навантажень є застосування мультифункціональних покриттів, здатних виконувати не лише захисну, але й демпфуючу функцію. Полікарбонатні матеріали, завдяки своїм фізико-механічним властивостям (висока ударна в’язкість, пружність, стійкість до температурних впливів), можуть ефективно використовуватись як такі покриття.

Разом з тим, питання впливу подібних покриттів на зміну жорсткості елементів конструкції та їх участь у процесах розсіювання енергії коливань досліджені недостатньо. Це зумовлює актуальність проведення комплексного аналізу їх впливу на динамічні характеристики вантажних вагонів.

Основні матеріали дослідження. Динаміка вантажного вагона може бути представлена у вигляді механічної системи з розподіленими параметрами, де ключову роль відіграють маса, жорсткість та демпфування. Введення додаткового шару у вигляді полікарбонатного покриття призводить до зміни цих параметрів.

Полікарбонатні покриття характеризуються відносно низьким модулем пружності порівняно зі сталлю, але мають високі показники внутрішнього тертя,

що сприяє ефективному розсіюванню енергії. При нанесенні такого покриття на поверхню елементів кузова або рами виникає композитна структура, в якій частина енергії коливань поглинається покриттям.

Зміна жорсткості системи залежить від товщини покриття, способу його нанесення та умов адгезії до основного матеріалу. У загальному випадку ефективна жорсткість може як зростати (за рахунок додаткового шару), так і зменшуватись через наявність більш пружного прошарку. Це особливо важливо при аналізі власних частот коливань, які можуть зміщуватись у бік нижчих значень.

Демпфування у системі з покриттям визначається сумарним ефектом структурного демпфування металу та в'язкопружних властивостей полікарбонату. Дослідження показують, що коефіцієнт демпфування може зростати на 10–30% залежно від параметрів покриття. Це призводить до швидшого затухання коливань та зниження їх амплітуди.

Особливу увагу слід приділити впливу покриттів на локальні напруження. Завдяки здатності полікарбонату до деформацій без руйнування, відбувається перерозподіл напружень у зонах концентрації, що позитивно впливає на втомну міцність конструкції.

Також важливим аспектом є вплив експлуатаційних факторів: температури, вологості, механічних пошкоджень. Полікарбонатні покриття зберігають свої властивості у широкому діапазоні температур, що робить їх придатними для використання у різних кліматичних умовах.

Висновки.

1. Мультифункціональні покриття на основі полікарбонату здатні суттєво впливати на динамічні характеристики вантажних вагонів.

2. Застосування таких покриттів сприяє підвищенню коефіцієнта демпфування та зменшенню амплітуди коливань конструкції. Дослідження показують, що коефіцієнт демпфування може зростати на 10–30% залежно від параметрів покриття.

3. Жорсткість елементів конструкції змінюється залежно від параметрів покриття, що необхідно враховувати при проєктуванні.

4. Використання полікарбонатних покриттів сприяє зниженню рівня локальних напружень та підвищенню втомної довговічності конструкції.

5. Отримані результати підтверджують доцільність застосування мультифункціональних покриттів як ефективного засобу підвищення експлуатаційної надійності вантажних вагонів.

Література

1. Петров І.М., Сидоренко А.П. Захист металевих конструкцій від вібрацій та корозії. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 148 с.

2. Жуковський В.О., Терещенко Л.С. Довговічність деталей рухомого складу: матеріалознавчі аспекти. – Львів: Видавництво ЛНТУ, 2019. – 224 с.

3. He J.-X., Xu Z.-D., Hu Z.-W., Ge T., Li Q.-Q., Dong Y.-R., Milani G. Dynamic mechanical performance of a pre-compressed high damping rubber-based elastomer for vibration damping systems // Polymer Testing. 2025. Vol. 148. Art. 108835. DOI: https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2025.108835.

4. Ucar H, Basdogan I. Dynamic characterization and modeling of rubber shock absorbers: A comprehensive case study. *Journal of Low Frequency Noise, Vibration and Active Control*. 2018;37(3):509-518. doi:10.1177/1461348417725954

5. Sagin, S.; Kuropyatnyk, O.; Sagin, A.; Tkachenko, I.; Fomin, O.; Píštěk, V.; Kučera, P. Ensuring the Environmental Friendliness of Drillships during their Operation in Special Ecological Regions of Northern Europe. J. Mar. Sci. Eng. 2022. 10, 1331. https://doi.org/10.3390/jmse10091331

6. Павленко В. М. / та ін. Новітні технології в екологічно безпечних полімерних покриттях: дослідження, технології, перспективи. *Вісник машинобудування та транспорту.* 2024. №1 (19). С. 85–94. doi: https://doi.org/10.31649/2413-4503-2024-19-1-85-94

7. Павленко В. М. / та ін. Дослідження методів випробування лакофарбового покриття на стійкість до корозії. *Вісник машинобудування та транспорту.* 2023. №2 (18). С. 127–133. doi: https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-127-133

fominaleksejviktorovic@gmail.com

kozynka1520mm@gmail.com

bezlutskyvladyslav@gmail.com

УДК 625.089.4

Фомін О.В., д.т.н., проф., Терещук М.П., аспірант

Національний транспортний університет, Україна

РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ РАМИ ДРЕЗИНИ ВАНТАЖНОЇ КРАНОВОЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНИХ РЕЖИМІВ НАВАНТАЖЕНЬ

Анотація. *Розробка комп'ютерної просторової геометричної моделі рами вантажної кранової дрезини для дослідження різних режимів навантажень є надзвичайно актуальним науково-прикладним дослідженням. Насамперед, це має вирішальне значення для підвищення безпеки експлуатації залізничного транспорту, оскільки рама є критично важливим несучим елементом, від міцності якого залежить життя та здоров'я людей. Сучасні методи проєктування вимагають глибокого розуміння поведінки конструкції під різними навантаженнями, і комп'ютерне моделювання дозволяє значно прискорити та здешевити цей процес, мінімізуючи потребу в дорогих натурних випробуваннях. Це безпосередньо призводить до скорочення термінів розробки та зниження загальних витрат на створення та модернізацію рухомого складу. Також, дослідження дозволяє збільшити термін служби дрезин та підвищити їхню надійність, завдяки можливості виявлення потенційних слабких місць і оптимізації конструкції для запобігання передчасним поломкам. Впровадження таких інноваційних підходів є частиною інноваційного розвитку галузі, що дозволяє українським інженерам та дослідникам залишатися конкурентоспроможними на світовому ринку та зміцнювати науково-технічний потенціал країни.*

Основна частина. Розробка ефективних і надійних конструкцій залізничного транспорту є однією з ключових у сучасному машинобудуванні, адже безпосередньо впливає на безпеку та ефективність перевезень. Особливо актуальною залишається задача оптимізації рам дрезин вантажних кранових, які експлуатуються в умовах значних та динамічних навантажень. Існуючі методи розрахунку та проектування часто базуються на спрощених моделях, що може призводити до надлишкового запасу міцності або, навпаки, до недостатньої стійкості конструкції в критичних режимах. Відсутність детального розуміння

розподілу напружень і деформацій у рамі під час роботи крана, руху дрезини та дії інших експлуатаційних факторів обмежує можливості для її вдосконалення.

Традиційні натурні випробування є надзвичайно затратними та часоємними, а також не завжди дозволяють відтворити весь спектр можливих навантажень. Це створює нагальну потребу в розробці комп'ютерних інструментів, що дозволять комплексно досліджувати поведінку рами дрезини за різних умов експлуатації. Саме тому метою цього науково-прикладного дослідження є створення просторової геометричної моделі рами дрезини вантажної кранової, яка дозволить віртуально моделювати та аналізувати її реакцію на різноманітні режими навантажень.

Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні задачі:

- вибір програмного забезпечення: Потрібно визначити найбільш відповідне програмне забезпечення для 3D-моделювання та інженерного аналізу (наприклад SolidWorks, ANSYS);

- створення тривимірної моделі: За допомогою обраного програмного забезпечення необхідно побудувати точну тривимірну геометричну модель рами дрезини, враховуючи всі її компоненти та з'єднання.

Так для розробки просторової геометричної моделі рами дрезини вантажної кранової (ДГК^{У}) було використано програмне забезпечення SolidWorks Education Edition. Дане програмне забезпечення це параметричний інструмент твердотільного проєктування на основі елементів, який дозволяє розробникам швидко втілювати ідеї, експериментувати з функціями та розмірами, а також створювати моделі та детальні креслення. Коли ви проєктуєте модель за допомогою SolidWorks Education Edition, ви можете візуалізувати її в трьох вимірах, так само як модель існує після її виготовлення. Після вибору праграмного забезпечення було розроблену просторову геометричну модель (Рис. 1).

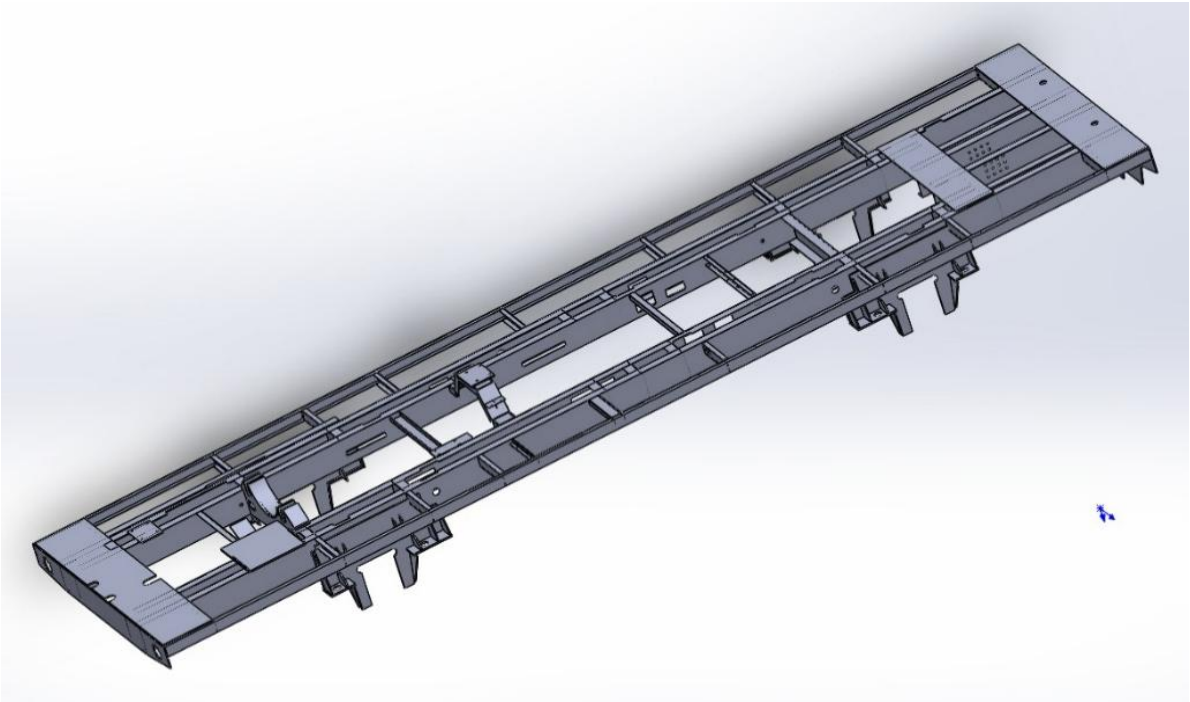


Рисунок 1 - Просторова геометрична модель рами дрезини вантажної кранової.

Висновки. Розроблена комп'ютерна просторова геометрична модель рами дрезини вантажної кранової успішно відображає її реальні геометричні та топологічні характеристики, забезпечуючи точність подальших розрахунків. Також модель надає можливість прогнозувати поведінку рами при зміні умов експлуатації або внесенні конструктивних модифікацій.

Впровадження цієї методології в практику проектування дозволить підвищити якість та безпеку експлуатації вантажних кранових дрезин.

Отримані висновки є основою для подальших наукових розробок у галузі міцності та довговічності транспортних засобів спеціального призначення.

tereschuk1520mm@gmail.com

УДК 656.2:669

Хара М.В., к.т.н., доц., Макогон І.О., бакалавр,

Коваленко М.С., бакалавр

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет, Україна

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРКУ ВАГОНІВ-ХОПЕРІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Анотація. *У роботі досліджено особливості експлуатації вагонів-хоперів у системі внутрішньозаводських перевезень металургійного підприємства. Запропоновано технічне рішення щодо вдосконалення процесу розвантаження, що забезпечує скорочення простоїв та підвищення ефективності транспортних операцій.*

Проблематика дослідження. Ефективність функціонування металургійних підприємств значною мірою визначається надійністю транспортно-технологічних процесів, зокрема системою внутрішніх перевезень сировини. Одним із ключових елементів цієї системи є парк вагонів-хоперів, що забезпечують транспортування агломерату до доменного виробництва. Загальні підходи до організації перевезень і управління транспортними процесами наведені у працях [1, 2].

Безперебійність постачання агломерату є необхідною умовою стабільної роботи аглодоменного переділу. Водночас у процесі експлуатації вагонів-хоперів виникає низка технічних і технологічних проблем, які призводять до зниження ефективності перевезень та збільшення простоїв рухомого складу [3, 4].

До основних факторів, що негативно впливають на процес розвантаження, належать: недостатній тиск у повітряній магістралі, знос механізмів відкривання люків, наявність вологи та забруднень у стислому повітрі, а також закупорювання отворів у зимовий період. Це зумовлює збільшення тривалості операцій відкриття і закриття люків вагонів-хоперів.

Основний матеріал дослідження. Інвентарний парк вагонів металургійного підприємства налічує понад 1000 одиниць рухомого складу різних типів. Значну частку становлять піввагони, серед яких переважають вагони-хопери, що використовуються для перевезення агломерату.

Аналіз технологічного процесу показав, що однією з ключових причин затримок при розвантаженні є недостатня ефективність роботи пневматичної системи відкривання люків. Фактичний тиск у системі становить близько 3,5 атм при нормативному значенні 6 атм, що ускладнює процес кантування.

З метою підвищення ефективності роботи пропонується вдосконалення конструкції повітряних каналів (отвори типу АТ), а саме: збільшення діаметра існуючого отвору до 6 мм, додаткове свердління ще одного отвору діаметром 6 мм, комбіноване застосування зазначених заходів.

У результаті модернізації загальний діаметр отворів збільшується з 4 мм до 12 мм, а площа проходу – з 12,56 мм² до 56,52 мм², що забезпечує покращення пропускної здатності повітряного потоку.

Експериментальні дослідження підтверджують ефективність запропонованого рішення. Зокрема, встановлено скорочення часу відкриття та закриття люків з 40–80 с до 20–30 с на один вагон, що відповідає підвищенню швидкості виконання операцій у 2–4 рази.

За умов середньодобового навантаження (16 складів по 24 вагони, з яких 50% мають уповільнене відкриття) досягнуто економії часу 112 хв/добу, що становить 40 880 хв/рік.

Отримані результати свідчать про значний резерв підвищення ефективності використання вагонного парку без суттєвих капітальних витрат [5].

Висновок. Таким чином аналіз технологічних процесів перевезення сировини у межах металургійного підприємства свідчить про необхідність оптимізації параметрів роботи транспортної системи. Визначено, що основними причинами зниження ефективності експлуатації вагонів-хоперів є недосконаліть роботи пневматичної системи та вплив експлуатаційних факторів. Запропоноване технічне рішення щодо збільшення площі повітряних каналів забезпечує суттєве скорочення тривалості операцій розвантаження.

Впровадження запропонованих заходів дозволяє зменшити простої вагонів та підвищити продуктивність транспортної системи.

Література

1. Бутько Т. В., Козаченко Д. М., Пархоменко Л. О. Організація перевезень і управління на залізничному транспорті : підручник. Харків : УкрДУЗТ, 2020. 315 с.

2. Дьомін Ю. В. Залізничний транспорт України: стан і перспективи розвитку. Київ : Логос, 2019. 278 с.

3. Хара М. В. Цільова функція моделі перевезень доменного цеху [Електронний ресурс] // Університетська наука – 2021 : тези доп. Міжнар. наук.-техн. конф. (Маріуполь, 19–20 травня 2021 р.) : в 4 т. Маріуполь : ДВНЗ «ПДТУ», 2021. Т. 3. С. 161-162. URL: http://eir.pstu.edu/handle/123456789/31917

4. Хара М. В. Модель системи адаптації парків рухомого складу підприємств до змін умов середовища [Електронний ресурс] / М. В. Хара, Г. В. Маслак, О. С. Красулін, В. В. Шатохіна, Д. А. Шуба // Modern engineering and innovative technologies – Karlsruhe, 2024. – N 31, pt. 1. – P. 110-116. – Mode of access: https://doi.org/10.30890/2567-5273.2024-31-00-088

5. Левченко Р. Ю. Підвищення ефективності використання вагонного парку промислового транспорту // Залізничний транспорт України. 2021. № 4. С. 22-27.

hara_m_v@pstu.edu

makohon_il_ol@students.pstu.edu

kovalenko_m_s@students.pstu.edu

УДК 656

Чуйко С.П.,PhD, доц.

Державний університет «Житомирська політехніка», Україна

АНАЛІЗ РИЗИКІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ У ВОЄННИЙ СТАН

Анотація. *Досліджено основні загрози і ризики, з якими стикаються українські перевізники при перевезенні продуктів харчування в умовах воєнного стану. Описано цілі системи управління транспортними ризиками, що сприятиме необхідності пошуку та розробки заходів для мінімізації наслідків транспортування харчових продуктів.*

Проблематика. Автомобільний транспорт є ключовим для постачання продуктів харчування, але його функціонування в умовах війни пов'язане з високими ризиками. Необхідність забезпечення продовольчої безпеки при перевезенні автомобільним транспортом вимагає комплексного підходу до управління цими ризиками.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю систематизації складу та характеристик можливих загроз і ризиків під час воєнного стану для підприємств-перевізників.

Умови війни непрості для будь-якого сектору економіки, включаючи вантажні перевезення. Проте, за допомогою ефективних стратегій та співпраці можна забезпечити неперервність поставок та зменшити вплив воєнного конфлікту на цей важливий сектор господарства.

У таких умовах важливо розробити ефективні стратегії для забезпечення неперервності поставок та збереження економічної активності.

Основні матеріали дослідження. До ключових ризиків перевезення харчових продуктів в умовах війни слід віднести ризики, які згруповані на рис.1. Логістичні і безпекові ризики характеризуються руйнуванням інфраструктури, блокуванням транспортних маршрутів, певні обмеження режимного характеру. Збої у роботі транспортного обладнання, труднощі з ремонтом, відсутність доступу до пального характеризують технологічні ризики. Під критерієм слід віднести брак кваліфікованих водіїв, механіків, персоналу, через мобілізаційні процеси, міграцію населення, втому та стрес. Фінансові ризики свідчать про зростання витрат на пальне, обслуговування і ремонт рухомого складу, коливання валютних курсів і прямої загрози знищення вантажу. Ці ризики спричиняють псування продукції, непередбачувані фінансові втрати та серйозні загрози безпеці харчових продуктів на всіх етапах транспортного процесу.

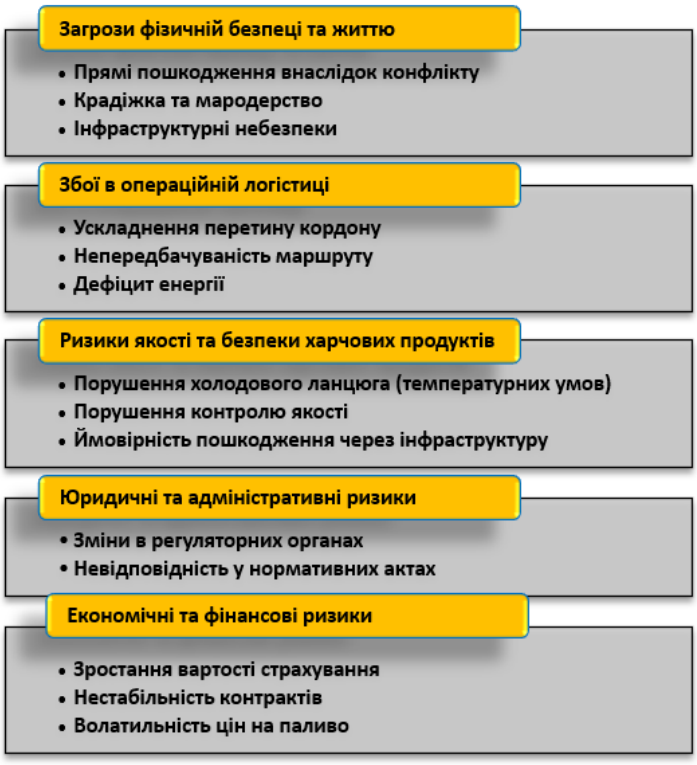


Рисунок 1. Основні загрози і ризики перевезення продуктів харчування під час воєнного стану

Кожний етап постачання включає логістичне планування, моніторинг та дотримання правил безпеки для забезпечення свіжості продуктів харчування. Ефективність ланцюга поставок має вирішальне значення не лише з економічних міркувань, але й для підтримки стандартів безпеки харчових продуктів та мінімізації харчових відходів протягом усього процесу транспортування.

Своєчасне та ефективне транспортування стає домінуючим аспектом підтримки якості та безпеки харчових продуктів і задоволення споживчого попиту. Воно включає різні види транспорту, такі як вантажівки, поїзди, кораблі та літаки, залежно від таких факторів, як відстань, швидкість псування та терміновість. Сучасні технології відстеження, такі як GPS, RFID та датчики температури, впроваджуються для регулювання та управління умовами харчових продуктів під час транспортування, забезпечуючи дотримання вимог безпеки харчових продуктів [1]. Транспортування швидкопсувних вантажів (продукти харчування) вимагає суворого дотримання температурного режиму, вологості та санітарних норм.

Вітчизняні транспортні компанії та логістичні провайдери стали невід'ємною частиною не лише внутрішньодержавної комунікації, а все активніше беруть участь у забезпеченні зовнішньої торгівлі.

Наразі в Україні відсутня процедура допуску транспорту до перевезень швидкопсувних продуктів у міжнародному сполученні. Більше того, українські компанії, що везуть за кордон швидкопсувні товари, вимушені проходити відповідну перевірку транспортного засобу на відповідність вимогам Угоди за кордоном, оскільки в Україні такої можливості немає [2]. Конструкція транспортних засобів відіграє вирішальну роль у безпеці харчових продуктів. Хоча харчова промисловість дотримується суворих гігієнічних стандартів на виробничих об'єктах, ці стандарти часто не повністю поширюються на ланцюг транспортування харчових продуктів.

Розроблений законопроєкт [3] врегулює це питання та дозволить проходити відповідну перевірку транспорту безпосередньо в країні реєстрації вантажівки, тобто в Україні. Наразі всі міжнародні перевезення швидкопсувних продуктів повинні виконуватись виключно ізотермічними транспортними засобами. Це одна з вимог Угоди про міжнародні перевезення швидкопсувних харчових продуктів. Тож українські компанії, що везуть такі товари за кордон, повинні перевіряти свої транспортні засоби на відповідність Угоді та отримати необхідне свідоцтво. ЄС, держави-члени та зацікавлені сторони транспорту визнають потенційні наслідки транспортних перебоїв і активно впроваджують запобіжні заходи та розробляють плани на випадок непередбачуваних ситуацій.

Нормативно-правовим забезпеченням (Постанова КМУ №234 від 09.03.2022р «Про заходи щодо забезпечення в умовах воєнного стану безперебійного постачання імпортованих харчових продуктів і кормів») створені гнучкіших умови для логістики в умовах війни. Вводяться спрощені вимоги до маркування гуманітарної допомоги та імпортованих продуктів (дозволено використання мов, відмінних від державної, за умови наявності інформації державною мовою на вимогу споживача). Дозволено використання залишків упаковки/тари на інших потужностях у разі закриття через бойові дії.

Одним з основних етапів системи управління ризиками є ідентифікація ризиків. Ідентифікація ризиків має на меті виявити всі потенційні загрози, які можуть негативно вплинути на діяльність підприємства. Така ідентифікація проводиться за допомогою експертних методів (опитування експертів, співробітників тощо), SWOT-аналізу та PESTEL-аналізу. Тому важливо узагальнити види ризиків, які можуть виникнути в діяльності українських підприємств, особливо в умовах воєнного часу. Підприємства стикаються з різними фінансовими, операційними, логістичними та кадровими ризиками [4].

Основні цілі системи управління ризиками у воєнний час включають:

1) забезпечення виживання перевізного бізнесу — завдяки впровадженню ефективних заходів управління ризиками підприємства можуть захистити виробничі та фінансові ресурси, уникнути або мінімізувати значні втрати, підтримувати ключові процеси навіть у критичних ситуаціях.

2) зменшення збитків при транспортуванні— стратегічне управління ризиками допомагає мінімізувати наслідки обстрілів, окупації або руйнування інфраструктури, скоротити час простою, уникнути втрати виробничих потужностей та запобігти перебоям у ланцюжку поставок.

3) Захист персоналу — система управління ризиками спрямована на розробку заходів безпеки працівників, включаючи плани евакуації, безпечні умови праці та навчання з надзвичайних ситуацій.

4) Підтримка ділової репутації: моніторинг етичних аспектів діяльності компанії, уникнення співпраці з нечесними контрагентами, зайняття активної соціальної позиції та участь у волонтерських ініціативах сприяють формуванню позитивного іміджу.

5) Формування стійкої бізнес-моделі – система управління ризиками дозволяє компанії адаптуватися до змін, підтримувати операційну стабільність та забезпечувати безперервність бізнес-процесів в умовах невизначеності та загроз.

Висновок. Перевезення харчових продуктів автомобільним транспортом в умовах воєнного стану є критично важливим для стабільності держави та населення. Мінімізація ризиків вимагає комплексного, адаптивного та

скоординованого підходу. Інвестиції в безпеку, логістичну інфраструктуру та управління персоналом є запорукою стійкості перевізного сектору продуктів харчування.

Список використаних джерел

1.Food safety management during food transportation. Режим доступу: https://surl.lu/rhuntu

2. Кабмін схвалив законопроєкт про перевезення швидкопсувних продуктів автомобільним транспортом. Режим доступу: https://surl.li/bmrlim

3. Проєкт Закону про внесення змін до Закону України "Про автомобільний транспорт" щодо окремих питань перевезень швидкопсувних харчових продуктів автомобільними транспортними засобами. Режим доступу: https://surl.li/vztciu

4.Чернишова Л. І., Бондар К. Р., Красіловська Л. О. Особливості управління ризиками в умовах дії воєнного стану: моделі поведінки сучасних підприємств. Науковий вісник. Одеського національного економічного університету. 2024. № 3-4 (316- 317). С. 126-136. DOI: https://doi.org/10.32680/2409-9260-2024-3-4-316-317-126-136

expertauto@ukr.net

УДК 629.123.066

Шамов О.В., к.т.н., доц., Шамов В.В., студ.

Одеський національний морський університет, Україна

СУДНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ ВНУТРІШНЬОГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ: СТАН, ПЕРЕСПЕКТИВИ ТА ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ

Анотація. *Розглянуто сучасний стан суднових енергетичних установок (СЕУ) внутрішнього водного транспорту (ВВТ). Визначено ключові екологічні та технічні проблеми, пов'язані зі старінням флоту та низькою ефективністю використання вторинних енергоресурсів. Запропоновано технічне рішення на основі інтеграції фазових акумуляторів (PCM-phase change materials) та теплових насосів для утилізації вторинних енергоресурсів, що дозволяє підвищити ККД СЕУ та знизити викиди відповідно до міжнародних та національних вимог.*

Проблематика. Внутрішній водний транспорт (ВВТ) має значний потенціал як екологічний та високоефективний вид перевезень. Проте критичною проблемою є старіння флоту. Більшість суден оснащена дизельними або дизель-електричними установками 1970-1990 років з ККД 36-42%, що призводить до надмірних викидів у навколишнє середовище та забруднень. Близько 50 відсотків енергії палива втрачається з охолоджувальною водою та вихлопними газами. Особливості експлуатації ВВТ це часті зміни режимів повного ходу, маневрування, швартування та тривалі стоянки (45-65% часу це робота не неоптимальних режимах), що призводить до підвищених витрат палива, термічних напружень у двигунах та надлишкових викидів. Згідно з White paper on sustainable inland water transport [1] та European green deal очікується посилення екологічних вимог, що робить модернізацію існуючого ВВТ невідкладним завданням.

Основні матеріали дослідження. Особливості експлуатації СЕУ ВВТ створюють ідеальні умови для застосування технологій утилізації вторинних енергоресурсів за рахунок інтеграції в суднові енергетичні системи (СЕУ) фазових акумуляторів (PCM-Phase Change Materials) [2]. Фазові акумуляторі накопичують надлишкову теплоту двигунів під час роботи на високих та середніх навантаженнях (перехідний режим, повний хід), і відають її у періоди часткового навантаження, маневрування чи не довготривалої стоянки. Завдяки високій щільності накопичення енергії (у 5-10 разів вищій, ніж у звичайних водяних тепло акумуляторах) та стабільній температурі фазового переходу (40-80 °C) PCM-системи забезпечують ряд важливих переваг:

- ефективну передпускову підготовку суднового двигуна, що суттєво зменшує пускові навантаження та зношення циліндро-поршневої групи;
- згладжування перепадів теплових навантажень, що знижує термічну напругу в деталях двигуна, зменшую ризик мікротріщин і підвищує загальний ресурс силової установки;

- забезпечення опалення, гарячого водопостачання та інших потреб екіпажу без додаткового витрачання палива;
- стабілізування теплових режимів допоміжних систем (підігрів палива, робочих рідин, мастила)

На відміну від звичайних теплообмінників, PCM-акумулятори працюють у вузькому температурному діапазоні, забезпечуючи (стабільну) тепловіддачу незалежно від коливань зовнішніх умов .

Теплові насоси на суднах дають змогу ефективно використовувати низькопотенційне тепло охолоджувальної води, підвищуючи її температуру до 90-120 °C, із коефіцієнтом трансформації близько 3. Під час стоянки теплові насоси можуть працювати від берегової електромережи, забезпечуючи опалення, гаряче водопостачання та підігрів робочих речовин без роботи головного двигуна.

Комплексне застосування теплових насосів з фазовими акумуляторами дає синергетичний ефект:

-стабілізація теплового балансу СЕУ при нерівномірних режимах;

-передпусковий підігрів двигуна, зниження зношування ЦПГ;

-зменшення термічних напружень і ризику мікротріщин;

-зниження загальної витрати палива на 8-15 відсотків;

-суттєве зменшення викидів, особливо під час стоянок у портах (zero-emission port operation).

Крім того комплексне застосування теплових насосів з фазовими акумуляторами придатне для модернізації як існуючого флоту так і нового, у тому числі гібридних та електричних суден.

Висновки. На основі проведеного дослідження можна сформулювати наступне:

1. Сучасний стан СЕУ внутрішнього водного транспорту вимагає термінової модернізації для підвищення енергоефективності, зниження викидів та відповідності міжнародним екологічним вимогам;

2. Інтеграція фазових акумуляторів теплоти та теплових насосів є готовим рішенням утилізації енергоресурсів, що дозволить суттєво зменшити викиди, підвищити ресурс СЕУ та забезпечити конкурентоспроможність ВВТ;

3. Ефективне впровадження запропонованих технологій потребує активної державної підтримки, зокрема фінансування пілотних проектів модернізації суден, розробки та затвердження національних стандартів та нормативів щодо використання систем накопичення теплової енергії на суднах внутрішнього плавання, а також створення стимулюючих механізмів (податкових пільг, грантів, програм співфінансування) для судновласників.

Література

1. White Paper on the Progress, Accomplishments and Future of Sustainable Inland Water Transport. Geneva: United Nations Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, Working Party on Inland Water Transport, 2020. 128 p.

2. Garmendia I. et al. Design and Fabrication of a Phase Change Material Heat Storage Device for Marine Applications // Journal of Marine Science and Engineering. — 2022. — Vol. 10, Iss. 3.

142emash@gmail.com

heatpumpco2@gmail.com

УДК 661.666:539.4

Шевченко С.І. доц., к.т.н., Полупан Є.В. доц., к.т.н.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

АНАЛІЗ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВУГЛЕЦЬ-ВУГЛЕЦЕВИХ ФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Анотація. *У статті представлені результати дослідження при моделюванні основних механічних характеристик перспективних вуглець-вуглецевих фрикційних матеріалів, які використовуються для гальмівних систем та пристроїв транспортних машин. Виконано аналіз зміни модуля пружності, модуля зсуву та коефіцієнта Пуассона за трьома напрямками матриці для 3D та 4D структури армування каркаса матриці з побудовою кругових діаграм.*

Проблематика дослідження. Моделювання основних механічних характеристик перспективних вуглець-вуглецевих фрикційних матеріалів, які використовуються для гальмівних систем та пристроїв транспортних машин.

Основні матеріали дослідження. Вуглець-вуглецеві матеріали, волокна і матриці які створені з однієї і тієї ж фази, мають ряд унікальних властивостей. Особливо перспективними є вуглецеві композити в області високих і надвисоких температур, внаслідок підвищеної термостійкості та опору до термоудару, що особливо актуально для гальмівних систем та пристроїв, оскільки вони в процесі своєї роботи зазнають значних температурних коливань. До того ж, особливістю вуглець-вуглецевих фрикційних матеріалів є низька зносостійкість за рахунок заповнення каркасу матриці фрикційними наповнювачами та формуванням фрикційного матеріалу в єдиному технологічному процесі. Тому обґрунтовано структурно-феноменологічний підхід, який дозволяє на кожному структурному рівні пов'язати технологічні параметри процесу створення матеріалу з його фізико-механічними властивостями.

Однак щодо використання вуглець-вуглецевих композитних фрикційних матеріалів (В-ВКФМ) в автомобільному транспорті є кілька моментів:

• вуглецеві фрикційні матеріали знайшли широке застосування в автомобільному спорті, а саме в найпрестижніших серіях гонок таких як 24h Nurburgring, Super GT і звичайно в гонках Formula 1;

• в автомобілях загального користування їх також застосовують, але лише в автомобілях преміум сегмента внаслідок їх високої ціни.

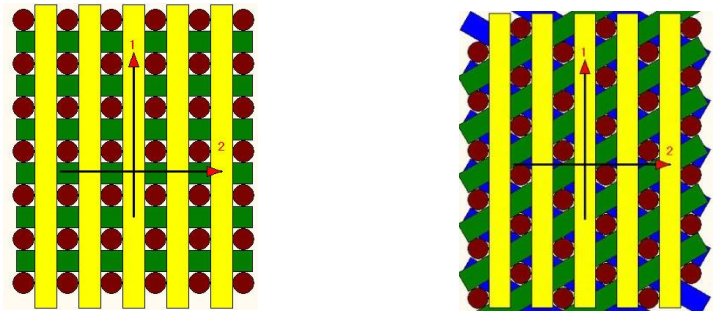
З вищевикладеного можна відзначити, що В-ВКФМ поки що повністю не реалізовані на автомобільному транспорті, хоча вони не поступаються серійним фрикційним матеріалам, і більшою мірою перевершують їх. Незважаючи на всі їхні переваги, є кілька нюансів щодо масового застосування В-ВКФМ.

По-перше, це ціна, наприклад, BMW M5 F90 має вуглецево-керамічну гальмівну систему, ціна за пару дисків варіюється в межах 10000 USD, що дуже дорого, хоча вони дуже надійні і рідко підлягають заміні. Отже, потрібно шукати способи зменшити собівартість цих гальмівних систем.

По-друге, залежність коефіцієнта тертя від температури. Якщо взяти за приклад серійні фрикційні матеріали, то вони мають коефіцієнт тертя приблизно

0,35 при робочій температурі, а з її зростанням він закономірно знижуватиметься. В-ВКФМ відсутня ця проблема, їх коефіцієнт тертя не тільки не знижується, але ще й збільшується зі зростанням температури.

Виходячи з вищевикладеного, можна сказати, що В-ВКФМ є перспективним фрикційним матеріалом для застосування в гальмівних системах автомобілів. Дослідження структур армування В-ВКФМ (рис. 1) дозволяє виявити загальну закономірність: більшість аналізованих матеріалів містять базовий елемент, що повторюється. Важливою особливістю такого елемента є наявність волокон, орієнтованих у двох різноспрямованих напрямках. Причому 3D структура армування складається з паралельних шарів матеріалу 2D структури, при цьому волокна третього напрямку перпендикулярні даної площини розташування шарів 2D структури. При цьому волокна першого і другого шару знаходяться в паралельних площах, а волокна третього напрямку перпендикулярні даної площини розташування першого і другого шару. Забезпечення 4D структури армування здійснюється за рахунок розташування додаткового напрямку волокон, розташованих під кутом до основного 3D шару структури.



3D структура 4D структура

Рис. 1 –Схеми та напрямки армування В-ВКФМ

Для дослідження фізичних параметрів модифікованої вуглецевої матриці було виконано математичне моделювання, при якому визначалися основні фізико-механічні властивості фрикційного матеріалу вуглецевого як 3D так і 4D структури армування. Для цього застосовувалися формули для розрахунку пружних характеристик просторово-армованих вуглецевих матеріалів, модулів

пружності, модулів зсуву та коефіцієнтів Пуассона у всіх трьох напрямках армування шару:

$$E_1^* = \frac{[1+(n^0-1)\cdot\mu_3]\cdot E_a}{[\mu_3+n^0(1-\mu_3)]\cdot[1+(n^0-1)\cdot\mu_3]-(n^0\cdot\nu_c-\nu_a)^2\cdot(1-\mu_3)\cdot\mu_3}; \quad (1)$$

$$E_2^* = E_1^* \quad (2)$$

$$E_3^* = \frac{[1+(n^0-1)\cdot\mu_1]\cdot E_a}{[\mu_1+n^0(1-\mu_1)]\cdot[1+(n^0-1)\cdot\mu_1]-(n^0\cdot\nu_c-\nu_a)^2\cdot(1-\mu_1)\cdot\mu_1}; \quad (3)$$

$$G_{12}^* = \frac{E_a}{2\cdot[(1+\nu_a)\cdot\mu_3+n^0\cdot(1+\nu_c)\cdot(1-\mu_3)}; \quad (4)$$

$$G_{13}^* = \frac{m^0\cdot(1+\mu_1)+1-\mu_1}{m^0\cdot(1-\mu_1)+1-\nu_1}\cdot G_c; \quad (5)$$

$$G_{23}^* = \frac{E_a}{2\cdot[(1+\nu_a)\cdot\mu_1+n^0\cdot(1+\nu_c)\cdot(1-\mu_1)]}. \quad (6)$$

$$\nu_{12}^* = \frac{[\nu_a\mu_3+n^0\nu_c\cdot(1-\mu_3)]\cdot[1+(n^0-1)\cdot\mu_3]+(n^0\nu_c-\nu_a)^2\cdot(1-\mu_3)\cdot\mu_3}{n_2^*\cdot[1+(n^0-1)\cdot\mu_3]}; \quad (7)$$

$$\nu_{13}^* = \frac{(1-\mu_1)\cdot\nu_c+\mu_1\nu_a}{E_a\mu_1+E_c\cdot(1+\mu_1)}\cdot E_3^*; \quad (8)$$

$$\nu_{23}^* = \frac{[\nu_a\mu_1+n^0\nu_c\cdot(1-\mu_1)]\cdot[1+(n^0-1)\cdot\mu_1]+(n^0\nu_c-\nu_a)^2\cdot(1-\mu_1)\cdot\mu_1}{n_3^*\cdot[1+(n^0-1)\cdot\mu_1]}. \quad (9)$$

В результаті розрахунків були отримані кругові діаграми, які описують дані параметри щодо кута повороту координатних осей для різних схем армування, представлені на рисунках 2-7.

Аналіз діаграм модуля пружності (рис. 2) показує, що у всіх трьох напрямках при нульовому куті повороту значення практично не відрізняються. Розгляд модуля пружності E_3, який повинен змінюватися залежно від кута

повороту шару, показав, що його розрахункові значення змінюються в межах сотих часток. Однак слід зазначити, що значення E_1, E_2 від кута повороту координатних осей показує деяку їхню відмінність.

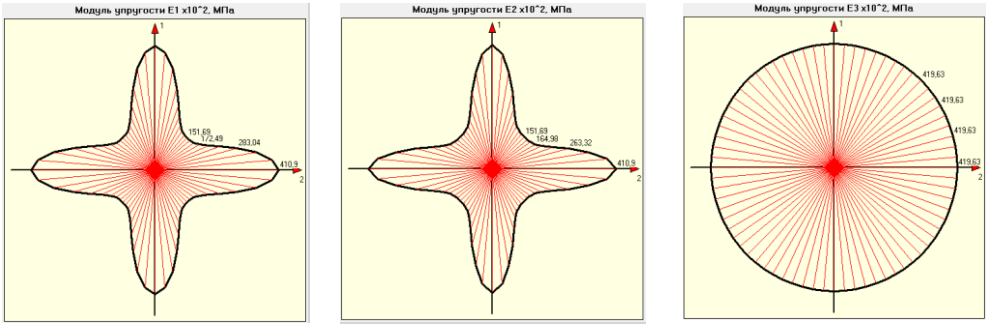


Рис. 2 – Кругові діаграми зміни модуля пружності за трьома напрямками для 3D структури

Аналогічна ситуація характерна і для модулів зсуву (рис. 3) та коефіцієнта Пуассона (рис. 4) 3D структури, і 4D структури (рис. 5-7).

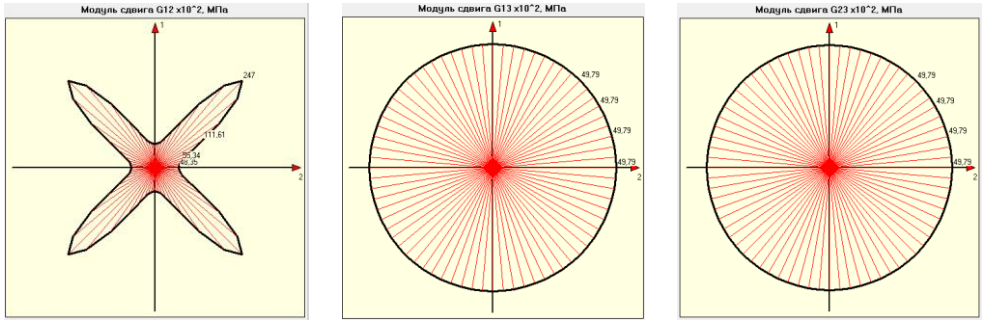


Рис. 3 – Кругові діаграми зміни модуля зсуву за трьома напрямками для 3D структури

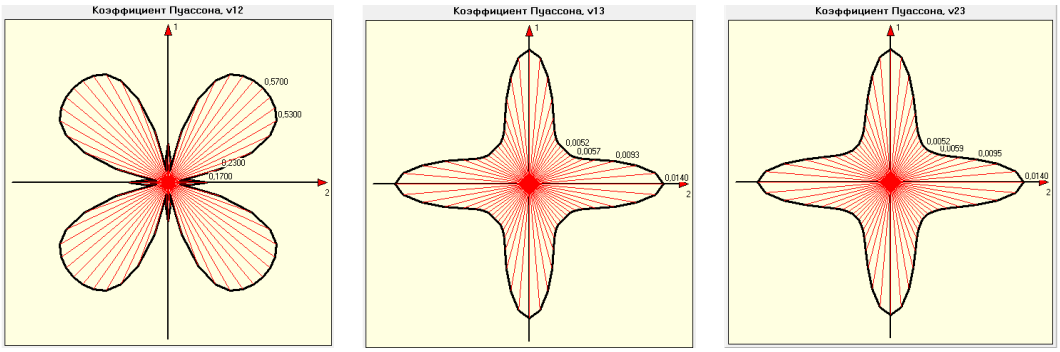


Рис. 4 – Кругові діаграми зміни коефіцієнта Пуассона за трьома напрямками для3D структури

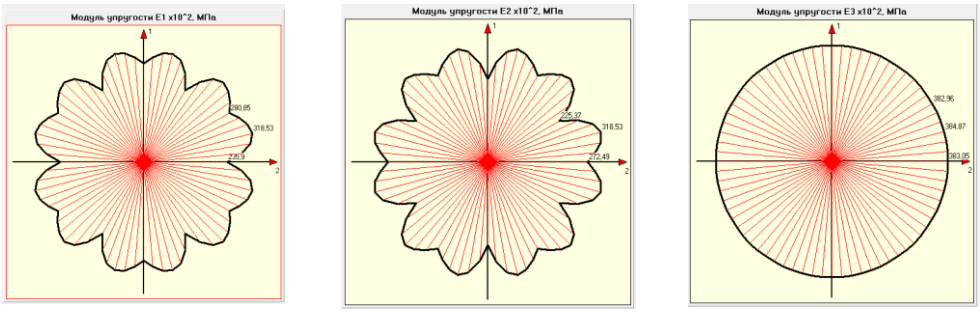


Рис. 5 – Кругові діаграми зміни модуля пружності за трьома напрямками для 4D структури

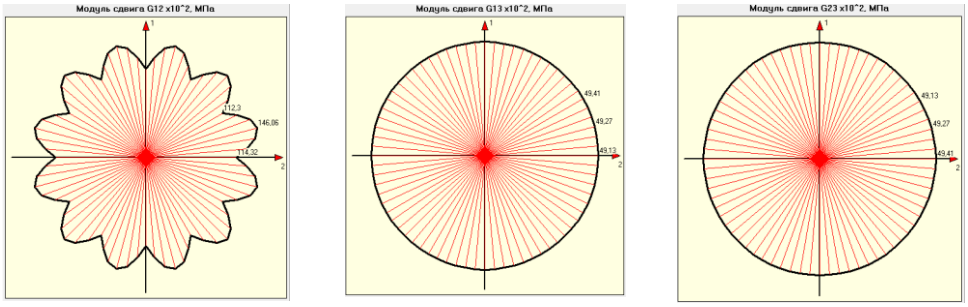


Рис. 6 – Кругові діаграми зміни модуля зсуву за трьома напрямками для 4D структури

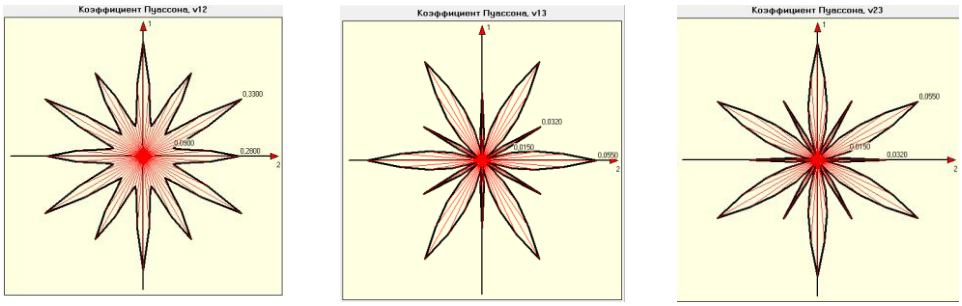


Рис. 7 – Кругові діаграми зміни коефіцієнта Пуассона за трьома напрямками для 4D структури

Висновки. Виконані дослідження показують, що для плоского шару В-ВКФМ з різною структурою армування, ступінь армування в площині шару залишається постійною, а в перпендикулярному напрямку шару відповідає ступеню армування, причому E, G, ν можуть бути визначені з похибкою трохи більше 5%.

schevschenko@ukr.net

iiscieneii@ukr.net

УДК 629.463.001.63

[1]Фомін О.В. д.т.н., проф.,

[2]Баранов І.О., к.т.н., доц., [3]Сорока С.І., к.т.н., доц.,

[3]Мірошникова М.В., к.т.н., доц.,

Національний транспортний університет, Україна

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», Україна

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВУЗЛІВ РУХОМОГО СКЛАДУ

Анотація. У роботі розглянуто питання підвищення ефективності технічної діагностики рухомого складу залізничного транспорту шляхом впровадження сучасних цифрових технологій та інтелектуальних систем моніторингу. Обґрунтовано необхідність переходу від традиційних регламентних методів технічного обслуговування до систем безперервного контролю технічного стану вузлів локомотивів і вагонів у режимі реального часу.

Проблематика дослідження. Розвиток залізничної галузі України в сучасних умовах супроводжується активним впровадженням цифрових технологій у сферу експлуатації та технічного обслуговування рухомого складу. Особливого значення набуває проблема своєчасного виявлення несправностей відповідальних вузлів локомотивів і вагонів, оскільки від їхнього технічного стану безпосередньо залежить безпека перевезень, стабільність роботи транспортної системи та економічна ефективність підприємств залізничного транспорту [1].

Основні матеріали дослідження. Традиційна система контролю технічного стану рухомого складу базується переважно на регламентних оглядах і проведенні планових ремонтів через визначені проміжки часу. Однак такий підхід не завжди забезпечує раннє виявлення прихованих дефектів, які можуть

розвиватися між ремонтними циклами. Це зумовлює необхідність переходу до сучасних методів моніторингу, орієнтованих на безперервне отримання та аналіз експлуатаційних параметрів у режимі реального часу [2].

У дослідженні виконано узагальнення існуючих методів технічної діагностики рухомого складу та проведено їх класифікацію за способом отримання й обробки інформації. Розглянуто такі різновиди діагностичних систем:

• ручна (неавтоматизована) діагностика;

• стаціонарні автоматизовані комплекси;

• мобільні засоби контролю;

• бортові системи безперервного моніторингу.

Порівняльний аналіз показав, що найбільш перспективними є саме системи постійного контролю, які дозволяють оперативно фіксувати зміну технічних параметрів та прогнозувати розвиток дефектів ще до появи критичних відмов [3].

Запропонований підхід до оцінювання технічного стану базується на математичній моделі, що враховує сукупність експлуатаційних характеристик: температуру вузлів, рівень вібраційних навантажень, швидкість руху та зміну навантаження під час експлуатації. Для обробки отриманих даних використано елементи нейромережевих технологій, здатних адаптуватися до зміни режимів роботи обладнання та накопичувати інформацію про його технічний стан.

Застосування інтелектуальних алгоритмів у системах діагностики створює можливість:

• підвищити достовірність оцінювання стану вузлів;

• зменшити ймовірність аварійних відмов;

• оптимізувати витрати на ремонтні роботи;

• покращити ефективність використання рухомого складу;

• забезпечити вищий рівень безпеки перевезень.

У роботі проаналізовано декілька методів навчання нейронних мереж, серед яких метод градієнтного спуску, алгоритм Левенберга–Марквардта та підходи, орієнтовані на мінімізацію функції похибки. За результатами аналізу встановлено, що алгоритм Левенберга–Марквардта характеризується високою

швидкістю збіжності та забезпечує достатню точність прогнозування технічного стану елементів рухомого складу.

Окрему увагу приділено контролю моторно-осьових підшипників локомотивів, які працюють в умовах значних динамічних і температурних навантажень. Виникнення дефектів у цих вузлах може стати причиною серйозних експлуатаційних порушень, тому їхній постійний моніторинг є важливим елементом забезпечення безпеки руху.

Висновок. Отже, використання математичних моделей разом із сучасними інтелектуальними системами аналізу даних дозволяє підвищити ефективність технічної діагностики на залізничному транспорті та сприяє подальшому розвитку цифрових технологій у транспортній галузі.

Список використаних джерел

1. Фомін О.В. Інтелектуальні системи діагностування рухомого складу залізниць // Залізничний транспорт України. – 2021. – №3. – С. 15–21.

2. Баранов І.О., Мірошникова М.В. Сучасні методи моніторингу технічного стану вузлів вагонів // Вісник транспортних технологій. – 2022. – №2. – С. 42–48.

3. Neural Networks and Learning Machines – New York: Pearson Education, 2009. – 936 p.

СЕКЦІЯ 3
ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА

УДК 352+625

Білошицька Н.І., к.т.н., доц., Татарченко Г.О., д.т.н., проф.,
Білошицький М.В., к.т.н., доц., Уваров П.Є., к.т.н., доц.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

МІСЬКА МОБІЛЬНІСТЬ ЯК ТЕНДЕНЦІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Анотація. У роботі розглянуто сучасні підходи до формування сталої міської мобільності як ключового чинника розвитку транспортних систем. Проаналізовано концепцію SUMP та її впровадження в європейських країнах і можливості адаптації в Україні. Визначено основні напрями підвищення ефективності транспортної інфраструктури з урахуванням екологічних, соціальних та економічних аспектів.

Проблематика дослідження.Сучасні міста стикаються з комплексом транспортних проблем: перевантаження вулично-дорожньої мережі, зростання кількості приватного транспорту, підвищення рівня шуму та забруднення атмосферного повітря. Традиційні підходи до транспортного планування, орієнтовані переважно на розвиток інфраструктури, не забезпечують довгострокової ефективності.

У зв’язку з цим актуальним є впровадження концепції сталої мобільності, яка передбачає інтеграцію транспортного та містобудівного планування, орієнтацію на потреби людини та зменшення екологічного навантаження. Особливо важливим є дослідження європейського досвіду та можливостей його застосування в умовах України.

Основні матеріали дослідження. Збалансований розподіл місць проживання, центрів соціальної та економічної активності є основою сталого розвитку міста. Транспортна система при цьому виконує не лише функцію переміщення, але й формує структуру міського середовища, забезпечуючи його зв’язність і доступність.

Одним із ключових підходів є транзитно-орієнтоване проєктування (TOD – Transport Oriented Development), що передбачає розвиток забудови навколо вузлів громадського транспорту. Це дозволяє: зменшити залежність від автомобілів, скоротити викиди парникових газів, підвищити якість міського середовища.

У якості головного принципу побудови системи сталої мобільності має бути визначена відмова від зайвого використання автомобіля у міському просторі та надання пріоритету розвитку громадського транспорту (трамвай, тролейбус, автобус, метро, швидкісний трамвай тощо), створення умов для велосипедного руху та пішої ходьби, впровадження спільної мобільності (каршеринг, велошеринг), цифровізацію транспортних процесів..

У європейських містах активно впроваджуються інтегровані транспортні системи, що поєднують різні види транспорту в єдину мережу.

Одним із найбільш ефективних інструментів є SUMP (Sustainable Urban Mobility Plan) – план сталої міської мобільності.

У країнах ЄС розробка SUMP є обов’язковою для міст із населенням понад 100 тис. осіб [1].

Концепція SUMP, що входить в цей пакет, є загальноєвропейською історією успіху та заснована на кількох важливих принципах:

– координація стратегій розвитку різних секторів, включаючи транспорт, землекористування, довкілля, економічний розвиток, соціальну політику, охорону здоров'я та безпека;

– узгодження дій державних органів різного рівня, а також інтересів сусідніх територій;

– залучення до процесу планування мешканців міста та представників інших зацікавлених сторін.

SUMP є не лише стратегічним документом, а й динамічним процесом, що передбачає поетапну реалізацію заходів.

Європейські міста демонструють ефективні практики, а саме стратегію обмеження та стимулювання:

– обмеження приватного транспорту та зони низьких викидів (LEZ) – це реалізація принципу «Avoid – Shift – Improve» (Уникай – Змінюй – Покращуй). У Лондоні (Велика Британія) запроваджено плату за в'їзд у центр (Congestion Charge) та зони наднизьких викидів (ULEZ), що дозволило знизити рівень діоксиду азоту на 20-50%. В Україні, у Львові реалізовано Проєкт пішохідізації центральної частини міста (площа Ринок та прилеглі вулиці). Хоча це і не повноцінна LEZ, але успішний приклад обмеження доступу приватних авто на користь пішоходів.

– розвиток велосипедної інфраструктури: у м. Утрехт (Нідерланди) збудовано найбільшу у світі велопарковку на 12500 місць, велосипедний рух інтегрований у залізничні вузли, що робить велотранзит швидшим за авто.Україна: Івано-Франківськ. Місто активно впроваджує велоінфраструктуру (контрсмуги, велопереїзди) у межах реконструкції магістральних вулиць, що вже відображено в їх стратегії мобільності.

– Інтеграція транспорту та міського планування (TOD – Transport Oriented Development)Закордонний досвід: Копенгаген (Данія). Знаменитий «План пальців» (Finger Plan), де забудова розвивається вздовж ліній приміських поїздів, забезпечуючи кожному мешканцю доступ до швидкого транспорту у кроковій доступності.Україна: Київ (проєктний рівень). Обговорення розвитку «Київської обхідної електрички» як каркаса для нових житлових масивів є кроком до TOD, хоча на практиці забудова часто випереджає інфраструктуру..

Наявність SUMP часто є умовою для отримання фінансування з боку ЄС [2].

В Україні процес впровадження сталої мобільності перебуває на стадії формування. Основні проблеми:

– недостатня інтеграція транспортного та містобудівного планування: в Україні Генплан (зонінг) та транспортна модель часто існують у паралельно один від одного, у Європі ж видача дозволу на будівництво ЖК неможлива без розрахунку навантаження на транспортну мережу;

– обмежене фінансування: SUMP дійсно є «перепусткою» до коштів ЄБРР та ЄІБ. Без нього містам складно отримати пільгові кредити на оновлення тролейбусних парків;

– слабка інституційна координація: часто департаменти транспорту, ЖКГ та архітектури не мають єдиного координаційного центру, що перетворює SUMP на декларативний документ.

Разом із тим, впровадження SUMP відкриває можливості для:

– залучення інвестицій;

– підвищення якості життя населення;

– зниження екологічного навантаження.

Для формування ефективної системи мобільності необхідно [3]:

– розвивати громадський транспорт та інтермодальність: У Берліні (Німеччина) запроваджено єдиний квиток на всі види транспорту (VBB) та мобільний застосунок «Jelbi», що об’єднує метро, каршеринг та самокати. У Києві так само є мобільний застосунок «Київ цифровий», що поєднує усі важливі для міста послуги. У Вінниці створено хаби на базі трамвайних зупинок та впроваджено електронний квиток, який дозволяє здійснювати безкоштовну пересадку протягом певного часу;

– удосконалювати паркувальну політику: в Осло (Норвегія) запроваджено повне вилучення паркомісць з центральних вулиць на користь літніх терас та велодоріжок, у Житомирі впроваджено систему платного паркування в центрі як інструменту регулювання попиту, а не просто збору коштів;

– створювати безпечну інфраструктуру для МГН: у Барселоні (Іспанія) запроєктована концепція «Суперкварталів» (Superilles), де пріоритет віддано людям на візках та батькам з візками через безбар'єрність у нульовому рівні, у Києві встановлено дублюючі наземні переходи (наприклад, біля ст. м. «Університет»), що є критично важливим для інклюзивності;

– впроваджувати цифрові технології управління транспортом (ITS – Integrated Transport Systems): у Сінгапурі запроваджено систему адаптивного управління світлофорами, яка в реальному часі змінює фази залежно від щільності потоку, у Києві впроваджено систему інтелектуального відеоспостереження та управління трафіком через КП «Інформатика», що дозволяє моніторити затори та ДТП.

SUMP – це перехід від парадигми «місто для автомобілів» до парадигми «місто для людей». Для України критично важливо перейти від етапу розробки документів до етапу жорсткого дотримання їхніх індикаторів у бюджетному плануванні.

Важливою складовою є моніторинг і оцінка ефективності заходів за допомогою індикаторів.

Висновки: Сталий розвиток транспортних систем є ключовою умовою ефективного функціонування сучасного міста. Концепція сталої міської мобільності, зокрема SUMP, дозволяє перейти від фрагментарного до комплексного планування.

Європейський досвід доводить ефективність інтегрованого підходу, що поєднує транспортну, екологічну та соціальну політику. Для України впровадження таких підходів є перспективним напрямом, який сприятиме підвищенню якості міського середовища, зменшенню транспортного навантаження та забезпеченню сталого розвитку територій.

Література

1. Sustainable Urban Mobility Plans: Guidelines for Developing and Implementing a SUMP. – Brussels: European Commission, 2013. – 168 p. https://urban-mobility-

observatory.transport.ec.europa.eu/system/files/2023-09/sump_guidelines_2019_second%20edition.pdf

2. European Commission. Urban Mobility Package. – Brussels, 2013. – 4 p. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/document/print/en/memo_13_1160/MEMO_13_1160_EN.pdf

3. Banister D. The sustainable mobility paradigm // Transport Policy. – 2008. – Vol. 15. – P. 73-80. https://www.researchgate.net/publication/223541451_The_sustainable_mobility_paradigm

УДК 656.022

Будник А.О., аспірант

Київський національний університет будівництва і архітектури, Україна

ОЦІНКА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МАГІСТРАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ КИЄВА

Анотація. *У роботі розглянуто коефіцієнт непрямолінійності маршрутів міського пасажирського як показник ефективності транспортної інфратрструктури. Проведено порівняльний аналіз коефіцієнтів непрямолінійності ліній метрополітену, швидкісного трамвая та наземного транспорту Києва і виявлено тенденції до зростання показнику в запланованих проєктах розвитку транспортної інфраструктури столиці України.*

Проблематика. Огляд літератури показав відсутність розрахунків прямолінійності існуючих і проєктованих маршрутів міського пасажирського транспорту Києва. Розрахунок цього показника дозволить якісніше проаналізувати існуючу мережу пасажирського транспорту міста і проєктовані маршрути для виявлення закономірностей і можливостей оптимізації.

Основні матеріали дослідження. Коефіцієнт непрямолінійності маршрутів міського транспорту є показником, що характеризує ступінь викривлення маршруту і визначається як відношення реальної довжини маршруту до прямолінійної довжини між кінцевими маршруту.

$$\text{Кнп_мар} = \frac{L\text{мар}}{L\text{прям_мар}} \quad (1)$$

де Lмар — фактична довжина маршруту;

Lпрям_мар — пряма відстань між кінцевими зупинками.

Фактично він показує, на скільки звивистим є маршрут і який перепробіг він створює. Чим ближче показник до 1, тим більш прямим є маршрут. Середньозваженим коефіцієнтом прямолінійності маршрутів вважається 1,2 – 1,3 [1].

Цей коефіцієнт є важливою складовою управління проєктами розвитку міського транспорту. Його значення виражає не лише геометричну характеристику маршруту поїздки, а прямо впливає на час у дорозі, експлуатаційні витрати і конкурентоспроможність транспорту, ефективність усього проєкту. Врахування цього показника дозволяє оцінювати ефективність маршрутної мережі і проводити якісну оцінку проєктів нових маршрутів або коригування існуючих.

В літературі приділяється увага цьому показнику і здійснено розрахунки прямолінійності маршрутів у м. Дубно [1, с. 2] і Рівне [2, с. 34], проте бракує дослідження для найбільшого міста і столиці України – Києва. У зв’язку з вищезазначеним, необхідно розрахувати цей показник для основних маршрутів Києва: ліній метрополітену, швидкісного трамваю, а також магістральних маршрутів (довжиною понад 20 кілометрів) автобусу, тролейбусу і трамваю.

Таблиця 1 – Коефіцієнти непрямолінійності ліній київського метрополітену

Назва лінії	Довжина	Пряма відстань між кінцевими	Коефіцієнт непрямолінійності
М1	22,8	20,6	1,107
М2	20,9	17,7	1,181
М3	23,9	20,15	1,186
М3 до Виноградаря	27,7	21,65	1,279
М4	26	20,7	1,256

Джерело: сформовано автором на основі [3]

Аналіз свідчить, що перша (червона) лінія київського метрополітену характеризується найменшим коефіцієнтом непрямолінійності, що корелює з її статусом найбільш завантаженої лінії міста [4]. Наразі всі діючі лінії метро мають показник непрямолінійності нижче 1,2, що відповідає світовим стандартам ефективності підземного рейкового транспорту.

Проте перспективний розвиток мережі демонструє тенденцію до зростання цього показника. Зокрема, третя (зелена) лінія після продовження на Виноградар та проєктована четверта лінія матимуть показник більше 1,25.

У випадку продовження третьої лінії зростання коефіцієнту обумовлене різким поворотом траси в бік Виноградаря після нинішньої кінцевої станції «Сирець». А у 4 лінії викривлення пов'язане з трасуванням Подільського мостового переходу (у конструкціях якого передбачається метро) – він перетинає долину Дніпра не під прямим кутом.

В межах управління цими проєктами, враховуючи неможливість зміни трасування, критично важливим стає управління якісними показниками експлуатації. Для компенсації часових втрат пасажирів через «викривлення» маршрутів, необхідно забезпечити максимально можливу швидкість сполучення за рахунок високої якості інфраструктури (тунелів, мостів, колій).

Таблиця 2 – Коефіцієнти непрямолінійності найдовших маршрутів київського наземного транспорту

Назва лінії	Довжина	Пряма відстань між кінцевими	Коефіцієнт непрямолінійності
22 автобус	20,19	13,5	1,50
57 автобус	24,4	19,6	1,24
56 автобус	20,56	14,97	1,37
114 автобус	20,79	12,9	1,61
110 автобус	21,09	11,75	1,79
30 тролейбус	24,28	16,7	1,45
31 тролейбус	21,99	11,28	1,95
27 трамвай	21,57	14,65	1,47

Джерело: сформовано автором на основі [3]

Найбільш прямим є маршрут 57 автобусу, який проходить по Великій Кільцевій дорозі. А найменш прямим – 31 тролейбус, який з'єднує Троєщину з Лук'янівкою, роблячи велике коло через Сирець. Всі зазначені маршрути наземного транспорту мають коефіцієнт непрямолінінойсті вище 1,2.

Окремо варто виділити показники маршрути швидкісного трамваю, розраховані у таблиці 3.

Таблиця 3 – Коефіцієнти непрямолінійності маршрутів київського швидкісного трамваю

Назва лінії	Довжина	Пряма відстань між кінцевими	Коефіцієнт непрямолінійності
ШТ 1	11,8	7,1	1,66
ШТ 3	9,14	8,4	1,09
ШТ 4	6,32	5,7	1,11
ШТ 5	10,69	4,4	2,43

Джерело: сформовано автором на основі [3]

Найбільш прямими є маршрути №3 і 4, які мають майже повністю відокремлені шляхи руху і слугують магістралями швидкісного руху. Крім цього, маршрут швидкісного трамваю №3 взагалі має найменший показник серед усіх ліній рейкового транспорту Києва – 1,09.

Висновки: коефіцієнт непрямолінійності є важливим показником маршруту міського пасажирського транспорту, адже він напряму впливає на перепробіг рухомого складу, швидкість пересування пасажирів і, відповідно, привабливість для них. У дослідженні було виявлено, що київські лінії метрополітену і повністю відокремленого швидкісного трамваю мають високий ступінь прямолінійності, в той час як основні магістральні маршрути наземного транспорту (автобус, тролейбус, трамвай звичайний і частково швидкісний) є відносно непрямими, що негативно впливає на швидкість пересування пасажирів на великих відстанях. Втім, це пояснюється роллю наземного транспорту Києва, яка зводиться скоріше до пересувань між сусідніми районами і підвезення до найближчих станцій метро, а не далеких поїздок між кінцевими цих маршрутів.

Розрахунок коефіцієнту непрямолінійності в управлінні проєктами розвитку міського транспорту дозволяє визначити оптимальне трасування маршруту для забезпечення меншої тривалості поїздки і перепробігу рухомого складу.

Список літератури

1. Хітров І. О., Кристопчук М. Є., Пашкевич С. М. Оціночні показники розвитку маршрутної системи громадського пасажирського транспорту міста Дубно. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2020. №2(15). С. 147-154. URL: https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal-mbf/article/view/402/392.

2. Максимів Ю. І. Оцінка ефективності функціонування маршрутів міського пасажирського транспорту : кваліфікаційна робота бакалавра за спеціальністю «275 – транспортні технології (на автомобільному транспорті)» /Ю. І. Максимів. – Тернопіль : ТНТУ, 2021. – 54 с.

3. Маршрути Києва на карті. URL: https://www.eway.in.ua/ua/cities/kyiv (дата звернення: 15.04.2026)

4. У 2023 році київське метро здійснило понад 232 мільйона перевезень пасажирів. URL: https://kyivcity.gov.ua/news/u_2023_rotsi_kivske_metro_zdiysnilo_ponad_232_milyona_perevezen_pasazhiriv/ (дата звернення: 15.04.2026)

a.budnyk3112@gmail.com

УДК 656.21:351.78

Михайлов Є.В., к.т.н., доц., Богданова О.В., студ.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПАСАЖИРІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ВОКЗАЛАХ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО ЧАСУ

Анотація. *У роботі розглядаються питання, пов'язані з підвищенням безпеки пасажирів на залізничних вокзалах в умовах військового часу. Запропоновано практичні заходи щодо створення на вокзалах «Пунктів незламності» та укриттів. Приділено увагу посиленню існуючих систем моніторингу.*

Проблематика дослідження. У структурі пасажирських перевезень особливе місце займають залізничні вокзали, які виконують функції обслуговування пасажирів, організації їх переміщення та взаємодії різних видів транспорту. В сучасних умовах значення залізничних вокзалів суттєво зростає у зв'язку з впливом факторів, що порушують стабільність функціонування транспортної системи (військові дії, техногенні аварії, природні катастрофи та ін.) У цих умовах вокзали виконують не лише традиційні функції, але й стають ключовими елементами забезпечення евакуації населення, оперативного переміщення людей та підтримання соціальної стабільності.

Особливої актуальності набуває проблема організації роботи вокзалів у періоди масових евакуацій, коли спостерігається значне перевищення розрахункових показників пасажиропотоків, зростає частка неорганізованих переміщень та ускладняється управління потоками. У таких умовах традиційні підходи до організації роботи вокзалу стосовно забезпечення безпеки пасажирів виявляються недостатньо ефективними та потребують суттєвого вдосконалення.

Аналіз наукових досліджень і практичного досвіду показує, що підвищення ефективності роботи вокзалів у кризових умовах можливе за рахунок впровадження адаптивних технологій управління пасажиропотоками, удосконалення планувальних рішень, застосування сучасних інформаційних систем та розробки сценаріїв функціонування в різних режимах роботи. Проте питання покращення безпеки та захисту пасажирів на залізничних вокзалах в умовах військових дій та надзвичайних ситуацій залишається недостатньо опрацьованим і потребує подальших досліджень.

Основні матеріали дослідження. Залізничні вокзали треба модернізувати для тривалого перебування людей під час тривог, забезпечуючи доступ до тепла, зв'язку та медичної допомоги. Для цього потрібно здійснювати певні заходи, найважливішими з яких є

1. Створення «Пунктів незламності» та укриттів.

При цьому вокзал може функціонувати в умовах повного блекауту та тривалих повітряних загроз. Основні аспекти цієї модернізації можуть бути

наступними.

- Енергетична автономія та тепло.

Вокзал має залишатися теплим і світлим навіть без міської мережі. Для цього потрібна генераторна мережа - встановлення дизельних генераторів потужністю від 100 кВт до 1 МВт (залежно від класу вокзалу). Це забезпечує роботу насосів опалення, вентиляції та мінімальне освітлення.

В якості альтернативного опалення потрібно оснащення вокзалів твердопаливними котлами або мобільними котельнями. Також доцільно створення «зарядних хабів» з великою кількістю розеток та USB-портів, підключених до безперебійників (UPS).

Головний захід - встановлення резервних джерел живлення (генераторів) для підтримки освітлення, систем зв'язку, роботи кас та пунктів обігріву.

Попередньо необхідно провести розподіл навантаження на критичне (сигналізація, аварійне світло) та допоміжне (розетки для пасажирів).

- Зв’язок та інформування.

Інформаційний вакуум під час НС породжує паніку, тому зв'язок є критичним. Обов’язковим є встановлення терміналів супутникового інтернету Starlink. Вони забезпечують безкоштовний Wi-Fi для пасажирів та стабільний канал зв’язку для адміністрації.

Необхідною є система гучного зв’язку, що працює від акумуляторів, для оголошення змін у графіку поїздів або команд безпеки.

Доцільним є використання енергоефективних екранів інфо-табло, що показують маршрути до найближчих аптек, сховищ та графік евакуаційних рейсів.

- Медична допомога та психологічна підтримка.

Тривале перебування людей у закритому просторі вимагає медичного нагляду. Потрібні стаціонарні медпункти - цілодобові пости з фельдшерами. Модернізація включає наявність кисневих концентраторів, дефібриляторів (AED) та запасів інсуліну.

Пропонується створення мобільних постів домедичної допомоги. За нормативами потрібен 1 медичний пост на кожні 500…700 пасажирів

одночасного перебування. Кожен пост має бути укомплектований дефібрилятором, засобами зупинки кровотечі (турнікетами) та термоковдрами.

Також необхідні дитячі зони (зони без бар'єрів). Організація «дитячих точок», де діти можуть гратися в безпеці, знижує рівень стресу як у малечі, так і у батьків.

Для роботи волонтерів-психологів із людьми, що мають ознаки панічної атаки або ПТСР потрібні спеціальні невеликі зони - кімнати психологічного розвантаження.

Для тривалого перебування (понад 6 годин) критичними стають вода та гігієна. Для забезпечення автономного водопостачання можливе буріння власних свердловин на території вокзалу та встановлення систем фільтрації води.

- Створення стратегічного резерву запасів їжі та напоїв (чай, кава, сухпайки, дитяче харчування).

Часто на базі вокзалів працюють «залізні кухні», здатні видавати тисячі гарячих обідів на добу.

- Облаштування спальних місць.

Необхідно передбачати наявність модульних ліжок, карематів та термоковдр у підземних укриттях.

2. Посилення систем моніторингу

Посилення існуючих систем моніторингу найбільш ефективним може бути шляхом впровадження Ситуаційних центрів (СЦ), що в реальному часі відстежують рух поїздів та повітряні загрози для оперативного ухвалення рішень про зупинку або евакуацію. Посилення систем моніторингу через створення Ситуаційних центрів - це перехід від пасивного спостереження до проактивного управління безпекою. У мовах війни та НС такий центр стає «мозком» вокзалу, який інтегрує дані з різних джерел для миттєвої реакції.

Функціональна структура Ситуаційного центру СЦ - це захищене приміщення на вокзалі, обладнане відеостіною, засобами захищеного зв'язку та доступом до спеціалізованих баз даних. За рахунок інтеграції з ППО та ДСНС СЦ отримує прямі сигнали про повітряну загрозу (тип цілі, вектор руху,

розрахунковий час прильоту). Це дозволяє оголосити внутрішню тривогу на вокзалі за лічені секунди, часто навіть раніше за загальноміську сирену. Диспетчеризація руху поїздів в реальному часі дає можливість візуалізації положення всіх поїздів на підходах до станції. Якщо зафіксовано пуск ракет у напрямку станції, диспетчер має повноваження дати команду машиністу зупинити поїзд на перегоні (поза межами вокзалу, мостів чи тунелів) для безпеки пасажирів. Сучасними технологічними складниками моніторингу є:

- Інтелектуальне відеоспостереження, яке має опції детекції обличь та номерів та пошуку осіб у розшуку або підозрілих суб'єктів і аналізу поведінки.
- Автоматичне сповіщення оператора про залишені речі, скупчення людей (тисняву) або перебування осіб у заборонених зонах (колії, технічні приміщення).
- Застосування тепловізорів - дозволяє здійснювати моніторинг задимлень або прихованих осередків пожежі на ранніх стадіях.
- Датчики раннього виявлення. Встановлення сейсмічних датчиків та газоаналізаторів, які фіксують ознаки вибуху або хімічної атаки в тунелях та залах.
- Моніторинг критичної інфраструктури - потрібен для відстеження стану генераторів, рівнів води в резервуарах та тиску в пожежному водопроводі.

Ситуаційний центр може напряму керувати потоком інформації в мобільних додатках пасажирів:

- Геофенсинг (Geofencing). Коли людина входить у зону вокзалу, її телефон автоматично отримує push-повідомлення з посиланням на інтерактивну карту укриттів саме цього вокзалу.
- Статус рейсів. СЦ оновлює інформацію про затримки кожні 60 секунд, базуючись на реальній безпековій ситуації, що дозволяє уникнути хаосу на перонах.

Важливим питанням є взаємодія СЦ з поїздами. У випадках виникнення НС центр негайно зупиняє посадку та висадку. Поїзди, що прямують до вокзалу, затримуються на безпечній відстані (не ближче 5…10 км) до з'ясування

масштабів зараження. Якщо поїзд уже на пероні - він стає тимчасовим «герметичним укриттям» (вікна зачиняються, вентиляція вимикається).

Доцільним можна вважати встановлення на вокзалах автоматичних метеостанцій, інтегрованих із СЦ. Це дозволяє системі автоматично будувати на цифровій карті вокзалу «модель розповсюдження хмари» залежно від напрямку вітру, що підказує диспетчеру, які саме виходи є безпечними для евакуації.

Висновки. При роботі залізничних вокзалів в умовах військових дій треба забезпечувати тривале перебування людей під час тривог, включаючи доступ до тепла, зв'язку та медичної допомоги. Важливими заходами для цього є створення на залізничних вокзалах «Пунктів незламності» та укриттів і посилення існуючих систем моніторингу.

mihajlov@snu.edu.ua

УДК 656.07:004.9

Павловська Л.А., к.е.н., проф., Єгорова Л. В., студ.

Одеський національний морський університет

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ

Анотація. *Розглянуті ключові аспекти цифрової трансформації транспортної інфраструктури через впровадження технологій Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту та цифрових двійників. Проаналізовані переваги переходу до проактивного управління. Особливу увагу приділено впливу цифровізації на підвищення безпеки, економічної ефективності та досягнення екологічних цілей відповідно до міжнародних стандартів.*

Проблематика дослідження. Сучасна транспортна інфраструктура переживає етап глибокої цифрової трансформації. Перехід від традиційних методів управління до концепції "розумної інфраструктури" (Smart Infrastructure) зумовлений експоненційним зростанням обсягів вантажоперевезень та

підвищенням вимог до безпеки. Основу цієї трансформації складає інтеграція фізичних об'єктів з інформаційними системами для забезпечення безперервного моніторингу та проактивного управління транспортною інфраструктурою.

Основні матеріали дослідження. Інтернет речей (IoT) та сенсорні мережі - це сучасний фундамент збору даних. Впровадження IoT-рішень дозволяє перетворити пасивні елементи інфраструктури на активні джерела даних. Це створює єдину екосистему, де кожен об'єкт генерує інформацію про свій стан. Сенсорні мережі забезпечують безперервний моніторинг рівня води, швидкості течії, стану шлюзів та метеорологічних умов. На портових терміналах IoT-датчики контролюють роботу перевантажувального обладнання, що дозволяє перейти до стратегії обслуговування за фактичним станом (Predictive Maintenance), мінімізуючи ризики раптових поломок. Predictive Maintenance – це стратегія ремонту обладнання чи інфраструктури, що базується на прогнозуванні поломок завдяки аналізу даних, а не на планових графіках.

Штучний інтелект (AI) та аналітика великих даних (Big Data). Управління сучасними транспортними вузлами неможливе без обробки величезних масивів даних. AI-алгоритми здатні аналізувати історичні дані та інформацію в режимі реального часу для прогнозування пікових навантажень. Використання машинного навчання дозволяє оптимізувати графіки руху транспорту, розраховувати точний час прибуття (ETA) та запобігати утворенню заторів на під'їзних шляхах до транспортно-логістичних хабів. Це критично важливо для забезпечення безперебійної роботи великих портів, де синхронізація морського, залізничного та автомобільного транспорту є ключовим фактором ефективності.

Впровадження автономних систем суттєво знижує вплив людського фактору на безпеку та швидкість операцій. Використання автоматизованих транспортних засобів (AGV) на закритих територіях, систем автоматичного швартування та роботизованих кранів підвищує пропускну здатність терміналів і знижує операційні витрати.

Цифрові двійники – це віртуальні копії реальних фізичних об’єктів, систем, процесів або людей, які функціонують в реальному часі. Вони об'єднують дані з IoT-датчиків, штучний інтелект та машинне навчання для моделювання, моніторингу та оптимізації поведінки оригіналу без ризику для реального обладнання.

Технологія цифрового двійника (Digital Twin, DT) виходить далеко за межі традиційного інформаційного моделювання будівель (BIM). Якщо BIM є переважно статичною базою даних, то DT - це динамічна віртуальна копія фізичного об'єкта, яка безперервно оновлюється завдяки двосторонньому обміну даними (через IoT-сенсори). Це створює ефект "живої моделі", що повністю відображає поточний стан інфраструктури в будь-який момент часу. Використання DT на етапі створення складних інженерних об'єктів (наприклад, нових причальних ліній або глибоководних каналів) дозволяє оптимізувати витрати матеріалів та моделювати вплив зовнішнього середовища ще до початку робіт.

Цифрові двійники дозволяють здійснювати неруйнівний контроль (Non-destructive testing) стану конструкцій, прогнозувати знос матеріалів (наприклад, корозію металевих елементів під впливом морської води) та автоматично генерувати графіки ремонтних робіт. Non-destructive testing – це методи оцінки стану конструкцій (наприклад, гідротехнічних споруд) без їх пошкодження або зупинки роботи.

Найбільша цінність DT полягає у можливості проводити "what-if" аналіз. У віртуальному середовищі можна моделювати екстремальні погодні умови (шторми, повені), різке зростання вантажопотоку або аварійні ситуації (наприклад, блокування каналу). Система дозволяє тестувати різні варіанти реагування диспетчерських служб без жодного ризику для реального об'єкта та людей, що кардинально підвищує загальну безпеку транспортної мережі.

Сучасні підходи до управління транспортною інфраструктурою мають відповідати глобальним викликам. Згідно з пріоритетами європейської програми

Horizon Europe, впровадження інновацій повинно мати чітко вимірювані результати (KPI). Очікується, що цифровізація забезпечить зниження середнього часу затримок транспорту на 30%, скорочення операційних витрат на 20% та зменшення ймовірності відмов інфраструктурних елементів на 30%. Такі метрики є орієнтиром для модернізації транспортних мереж.

Висновки. Управління інфраструктурою нерозривно пов'язане з екологічною відповідальністю. Цифрові технології є ключовим інструментом для досягнення цілей щодо зниження викидів парникових газів (щонайменше на 30% до 2030 року). Пріоритетним напрямком є інтелектуальний перерозподіл вантажопотоків (Modal Shift) з автомобільного транспорту на більш екологічні види, зокрема залізничний транспорт та внутрішні водні шляхи. Розумне управління судноплавними каналами та річковими портами стає критичним фактором декарбонізації європейської транспортної логістики. Створення спільного європейського простору даних щодо мобільності (European mobility data space) вимагає безшовного обміну інформацією між усіма учасниками транспортного процесу. Кінцевою метою цифровізації є не лише економічна ефективність, а й безпека: очікується зниження рівня аварійності за участю користувачів та працівників інфраструктури на 50%.

licy74@gmail.com

СЕКЦІЯ 4
ЕКОНОМІКА ТА ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТУ

УДК 368.2

Kichkin O.V.[1], Senior lecturer
Kichkina O.I.[2], PhD (Engineering), Associate Professor,
Micah Vodolazskyy[3]
[1]Volodymyr Dahl East Ukrainian National University
[2]Odesa National Maritime University
[3]AVA Carrier, LLC, USA

APPLICATION OF CAPTIVE INSURANCE FOR MOTOR TRANSPORT RISKS IN INTERNATIONAL TRANSPORTATION

Abstract. *The article examines strategic approaches to managing risk reduction costs in international road transportation through the application of captive insurance. Particular attention is paid to the concept of Total Cost of Risk as a tool for optimizing the financial flows of transport companies. The structure of costs within a captive insurance program is analyzed, including the formation of the Loss Fund, the use of specific and aggregate reinsurance, as well as the role of administrative expenses and preventive measures. The features of insurance coverage in the areas of Auto Liability and Physical Damage (Casco) and their impact on risk and capital allocation are explored. The significance of the deductible as a tool for reducing insurance costs and increasing the insured party's responsibility is substantiated. It is determined that the implementation of captive insurance structures contributes to greater cost transparency, financial stability, and efficiency of risk management in the activities of road carriers.*

Problem Statement. Modern international road transportation is characterized by a high level of risks associated with traffic accidents, vehicle damage, liability to third parties, and financial losses for carriers. Traditional insurance models often fail to ensure sufficient transparency in cost structures and do not allow effective management of the Total Cost of Risk, which reduces the financial stability of enterprises.

In this regard, a scientific and practical problem arises concerning the search for effective mechanisms to optimize insurance costs and improve risk management. Of particular relevance is the issue of implementing captive insurance structures, which allow road carriers to independently control the formation of insurance reserves, balance risk retention, and use reinsurance instruments to protect against catastrophic losses.

Thus, the problem addressed in the article lies in substantiating an effective model for managing motor transport risks in international transportation through the integration of captive insurance, which ensures a reduction in Total Cost of Risk, enhances cost transparency, and improves the financial resilience of carriers.

Main Research Materials. The strategic direction of expenditures aimed at risk reduction and the parameters of insurance coverage in international road transportation are focused on minimizing the Total Cost of Risk through the active use of a captive motor transport insurance structure. This structure provides the carrier with direct access to capital markets and transparency in the formation of captive insurance reserves. A strategic priority is balanced risk retention, which allows optimization of cash flows while ensuring maximum financial stability. When a company participates in a captive program, its insurance contribution ceases to be a “black box.” Instead of one unclear payment, a clear allocation of funds can be observed for safety, administration, and financial protection.

Insurance of international motor transport risks focuses on two main areas:

- Auto Liability: provides a model for insuring the risks of possible losses to third parties based on the total mileage of vehicles, which is logical considering the increase in the number of possible traffic accidents and the corresponding cost of compensation.
- Physical Damage (Casco): provides a model for insuring the risks of possible losses resulting from damage to the company’s own vehicles, based on the total valuation of the company’s fleet and the corresponding fixed tariff.

The company's cost structure when applying a captive motor transport insurance program can be presented as follows:

The financial basis of such an insurance program is the Loss Fund, which is divided between Auto Liability and Physical Damage:

- for Auto Liability, the share in the Loss Fund is approximately 90% of the operating costs of this insurance line, indicating a high concentration of risk in road incidents;
- for Physical Damage, the share in the Loss Fund is approximately 200% of the operating costs of this insurance line, indicating that the risk of physical damage to equipment requires greater capital reserves compared to administration.

The next instrument of the captive insurance program is Reinsurance, which protects the captive against catastrophic scenarios and creates two critically important levels of protection for the entire program:

- Specific Reinsurance – provides protection against a single large loss exceeding the Loss Fund limit;
- Aggregate Reinsurance – provides protection against an abnormal number of small losses during the year.

Another component of the captive insurance program is the Fronting Fee and administrative infrastructure, which includes:

- Brokerage & Consulting (C&B) – services of insurance brokers and consultants;
- Claims Management (CBCS) – verification of each claim after an accident to ensure that the company does not overpay;
- Loss Prevention (SMSC) – investment in accident prevention (driver training, etc.), constituting a preventive measures fund.

A separate point should be made regarding the role of the Deductible in captive motor transport insurance. The presence of a deductible implies the policyholder's responsibility for a predetermined amount and reduces the cost of insurance.

Conclusion. The application of captive insurance for motor transport risks is an effective tool for managing operational risks in international transportation within an individual road transport company. It should also be noted that there are possible organizational, financial, and legal forms for creating a captive insurance structure, including a separate legal entity, a monetary fund within the carrier company, or other forms permitted by law.

kichkin@ukr.net
ki4kinaoi@ukr.net
micah@avacarrier.com

УДК 341.24:656.073.436

Балобанов О.О., д.т.н., проф.,
Одеський національний морський університет

ДО ПИТАННЯ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ НОРМ З ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

Анотація. *У роботі розглянуто питання забезпечення безпеки морського транспорту під час перевезення небезпечних вантажів з урахуванням вимог міжнародних і національних нормативних документів. Проаналізовано основні положення міжнародних морських конвенцій та кодексів, зокрема СОЛАС-74, МАРПОЛ 73/78, Міжнародного кодексу морського перевезення небезпечних вантажів (IMDG Code), Міжнародного кодексу управління безпекою (МКУБ) та рекомендацій ISGOTT щодо безпечної експлуатації нафтових танкерів і терміналів.*

Проблематика дослідження. Як відомо, безпеку морського транспорту регламентують Міжнародні морські конвенції, основними з яких є: СОЛАС 74; МАРПОЛ 73/78; Кодекс безпечного перевезення твердих навантажувальних вантажів (BC Code), та інші.

Глава VII СОЛАС 74 містить загальні вимоги до перевезення небезпечних вантажів на морських суднах і містить 7 невеликих правил, в яких даються посилання на IMDG кодекс.

Міжнародний Кодекс з перевезення небезпечних вантажів (IMDG) - міжнародний договір та правила з перевезення небезпечних вантажів морем.

У кожному томі представлені найважливіші відомості щодо класифікації та стандартів пакування вантажів, тип та вимоги до пакування, вимоги щодо маркування вантажів, розміщення та сегрегації вантажів на борту судна.

Кожного вантажу окремо, що містять детальні інструкції щодо його обробки. Для кожного вантажу вказані «Властивості» (Properties) та «Зауваження» (Observations), які можуть містити ВАЖЛИВА ІНФОРМАЦІЯ щодо заходів безпеки або використання номера ООН.

Додаток до МКМПОГ містить: перелік аварійних процедур; кодекс з надання першої допомоги; кодекс перевезення навантажувальних вантажів; процедури оповіщення у випадках інцидентів із вантажем; відомості про пакування та маркування вантажів; кодекс щодо використання пестицидів на судах; кодекс із перевезення радіоактивних матеріалів.

Слід пам'ятати, що транспортування вантажів морем викликає набагато серйозніші проблеми, ніж їх транспортування іншими видами транспорту, оскільки вплив погодних умов, качка і вібрація судна, можуть призвести до руйнації упаковки, їх змішування, що, своєю чергою, може посилити небезпеку здоров'ю персоналу та довкілля. Тому будь-яка недбалість чи недотримання правил і кодексів під час перевезення таких вантажів неприпустима.

Основні матеріали дослідження. ІМО підтримує спільні зусилля у справі розвитку та схвалення міжнародної нормативної бази, в рамках якої здійснюється експлуатація судів, і, за потреби, залучає ці організації для подальшого перегляду та оновлення вже наявної нормативної бази. За роки, відколи ІМО прийняла Конвенції СОЛАС-74 і МАРПОЛ 73/78, у танкерній галузі значно покращився стан справ у галузі безпеки, обліку охорони об'єктів, а

також у сфері захисту навколишнього середовища. Однак таких досягнень неможливо досягти лише за допомогою правил; наявність досягнень свідчить про впровадження хорошої практики виконання робіт, яка прийнята та постійно вдосконалюється в танкерній галузі, та яка спрямована на забезпечення безпеки та екологічного захисту задіяного персоналу. Такий підхід веде до постійного вдосконалення, концепція якого закладена ІМО у Міжнародному кодексі управління безпекою (МКУБ) та демонструється зусиллями танкерної галузі у підтримці на сучасному рівні Міжнародного керівництва з безпеки для нафтових танкерів та терміналів або ISGOTT, як його скрізь називають фахівці.

Таким чином, ці положення вичерпним чином регламентують вимоги до суден та перевізників. Аналогічно мають бути регламентовані правила обробки небезпечних вантажів у портах, насамперед у зв'язку з технологічним контактом із судном та іншими транспортними засобами.

Щодо портової діяльності окремо слід виділити нормативний акт, розроблений не ІМВ, а міжнародними громадськими організаціями. Однією з головних функцій міжнародних асоціацій, які підготували видання International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT), є представлення інтересів танкерної галузі в регулюючих органах, таких як Міжнародна морська організація (ІМО). Міжнародна палата судноплавства (1CS), Міжнародний морський форум нафтових компаній (OCIMF) та Міжнародна асоціація портів і гаваней (1APH) роблять свій значний внесок у роботу ІМО шляхом активної участі в засіданнях ІМО.

Основою видання ISGOTT, як і раніше, є найвідоміша безпечна практика експлуатації нафтових танкерів та терміналів, але в це видання тепер також закладено філософію управління, що базується на оцінці ризику. Сприяючи розумінню ризику, ISGOTT дозволить більш повно враховувати конкретні обставини, виключити певні сумніви щодо деяких судових операцій не лише шляхом їх виконання відповідно до правил, але також шляхом заохочення моряків та їх роботодавців ідентифікувати ризики у своїй діяльності, а потім

вживати адекватних заходів щодо їх нейтрал. Такий підхід дозволяє концентрувати увагу персоналу і тому повністю сумісний з положеннями МКУБ і стратегією. ІМО щодо ролі людського фактора.

Філософія, закладена в ISGOTT, а також конкретні управлінські, технічні та технологічні вимоги можуть бути використані для розробки «нафтоперевалочного» блоку національних правил перевезення та перевалки небезпечних вантажів.

Законодавство з питань перевезення небезпечних вантажів складається із Закону України «Про перевезення небезпечних вантажів», інших законів України, міжнародних договорів, згоду на обов'язковість яких надано

Основними завданнями законодавства з питань перевезення небезпечних вантажів є: - визначення основних принципів та напрямів державної політики у сфері перевезення небезпечних вантажів; - визначення правових засад державного управління та державного регулювання безпеки у сфері перевезення небезпечних вантажів;- встановлення прав, обов'язків та відповідальності суб'єктів перевезення небезпечних вантажів.

Закон «Про перевезення небезпечних вантажів» містить такі норми: умови перевезення небезпечних вантажів; вимоги до транспортних засобів; документи на перевезення небезпечних вантажів;- фізичний захист та супровід небезпечних вантажів; страхування небезпечних вантажів; ліквідація наслідків аварій, що виникають в результаті транспортування небезпечних вантажів.

Слід зазначити, що питання транспортування небезпечних вантажів в інших документах практично не знайшли відображення. Так, Закон «Про морські порти України» взагалі не згадує цієї проблеми, хоча першочергове значення надає питанням безпеки в межах акваторії та території морського порту. Так, стаття 15 цього закону регламентує як одну з цілей створення Адміністрації морських портів України «організацію та забезпечення безпечної експлуатації об'єктів портової інфраструктури, у тому числі гідротехнічних споруд, систем

забезпечення безпеки мореплавання, розташованих у межах території та акваторії морського порту».

Відсутність необхідної нормативної бази не дозволяє приймати адміністративні рішення. Також це не дає можливості контролюючим та наглядовим органам виконувати свої функції, оскільки іноді немає документа, на основі якого можна перевірити те чи інше підприємство галузі.

Висновок. Як бачимо, проблем у розробці нормативної бази щодо безпечного транспортування небезпечних вантажів досить багато. Вони охоплюють широкий спектр, починаючи від виробника (класифікація вантажу/продукції, його упаковка, маркування та знаки небезпеки) та закінчуючи учасниками транспортного процесу, у тому числі суб'єктами портової діяльності. Повинні бути розроблені чіткі документи, на підставі яких той чи інший вантаж може потрапити до порту як з боку берега, так і з боку моря. У порту, на терміналах мають бути чіткі регламенти щодо приймання, зберігання, переробки тих чи інших вантажів з урахуванням можливостей порту, терміналу. І, природно, підготовлено всі необхідні технічні та організаційні засоби для ліквідації можливих аварійних ситуацій.

Список використаних джерел

1. Про охорону людського життя на морі 1974 року (СОЛАС-74) : Міжнар. конвенція від 01 листоп. 1974 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_010 (дата звернення: 04.05.2026).

2. Про запобігання забрудненню з суден 1973 року, змінена Протоколом 1978 року до неї (МАРПОЛ 73/78) : Міжнар. конвенція від 02 листоп. 1973 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_012 (дата звернення: 04.05.2026).

3. Міжнародний кодекс морського перевезення небезпечних вантажів (МКМПОГ / IMDG Code) : Міжнар. морська орг. URL: https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/DangerousGoods-default.aspx (дата звернення: 04.05.2026).

4. Міжнародний кодекс морського перевезення твердих навалочних вантажів (IMSBC Code) : Резолюція IMO MSC.268(85) від 04 груд. 2008 р. (зі змінами).

5. Про перевезення небезпечних вантажів : Закон України від 06 квіт. 2000 р. № 1644-III. *Відомості Верховної Ради України*. 2000. № 28. Ст. 222.

6. Про затвердження Порядку організації перевезення небезпечних вантажів морським та річковим транспортом : Постанова Кабінету Міністрів України від 23 черв. 2021 р. № 483. *Офіційний вісник України*. 2021. № 52. Ст. 3214.

7. International Safety Guide for Oil Tankers and Terminals (ISGOTT). 6th Edition. London : ICS, OCIMF, IAPH, 2020. 520 p.

8. Балобанов О. О., Допілка В. О. Міжнародне економічне право та регулювання морських перевезень : навч. посіб. Херсон : ФОП Грінь Д. С., 2017. 103 с.

9. Балобанов О. О., Допілка В. О. Міжнародне та національне морське право України та країн ЄС : навч. посіб. Херсон : ФОП Грінь Д. С., 2016. 213 с.

10. Балобанов О. О. Імплементація міжнародно-правових стандартів/норм запобігання забруднення морського середовища в портах України. *Морське право та менеджмент: еволюція та сучасні виклики* : матеріали XIV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Одеса, 2020 р.). Одеса, 2020.

11. Балобанов О. О. Науково-практична характеристика міжнародно-правових документів з транспортування небезпечних вантажів морським транспортом. *Правове забезпечення морської діяльності* : зб. наук. праць. 2022.

УДК 656.13:338.47:658.15

Бурко Я.В., к.е.н., доц., Бурко А.Я.,

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

СМАРТ-КОНТРАКТИ У МОДЕЛІ ПРЯМОЇ ВЗАЄМОДІЇ ЗАМОВНИКА І ПЕРЕВІЗНИКА

Анотація. У тезах обґрунтовано застосування смарт-контрактів для автоматизації договірних і платіжних процесів у вантажних автомобільних перевезеннях. Запропоновано скорочену модель прямої цифрової взаємодії замовника і перевізника, що поєднує юридичний договір, електронні документи, GPS-події та автоматизований платіжний тригер.

Проблематика. Смарт-контракти дедалі частіше розглядаються як інструмент підвищення довіри у ланцюгах постачання, оскільки дають змогу фіксувати умови угоди, контролювати цифрові події та автоматизувати виконання окремих зобов'язань [2-5]. Для транспортного підприємства їхня цінність полягає не у заміні правового договору програмним кодом, а у створенні прозорого механізму підтвердження рейсу та прискорення оплати.

У дослідженні смарт-контракт розглянуто як елемент цифрової платформи прямої взаємодії між замовником і перевізником. Така модель дає можливість зменшити залежність від посередників, скоротити кількість ручних погоджень і підвищити передбачуваність грошових потоків.

Ключова проблема традиційної організації перевезень полягає у розриві між фактом виконання рейсу та моментом отримання оплати. Перевізник може доставити вантаж належним чином, але очікувати на підтвердження документів, погодження актів, перевірку експедитором і фактичне перерахування коштів. Це створює дефіцит оборотного капіталу та збільшує ризик неплатежів.

Другою проблемою є недовіра до даних. GPS-трекінг, електронні документи, CMR-накладні, фотофіксація та повідомлення диспетчера часто зберігаються у різних системах. Через це сторони можуть по-різному трактувати момент завершення рейсу або наявність підстав для претензії. Смарт-контрактна модель потребує єдиного набору верифікованих подій, які визнаються всіма учасниками [1; 6].

Третя проблема має правовий характер. Автоматизований код не може замінити письмовий договір перевезення, але може бути його технічним додатком. Тому умови смарт-контракту мають відповідати юридичному договору, правилам обробки персональних даних, вимогам кібербезпеки та процедурі врегулювання спорів [8; 10].

Основні матеріали дослідження. Модель смарт-контракту для транспортного підприємства доцільно будувати як послідовність контрольних подій: створення заявки, підтвердження перевізника, резервування коштів,

завантаження, проходження маршруту, доставка, прикріплення документів, завершення перевірки та автоматичне ініціювання платежу. Узагальнено платіж перевізнику можна подати так:

$$P = f(S_i, D_e, Q, R) \quad (1)$$

де P - платіж перевізнику; S_i - набір підтверджених подій рейсу; D_e - електронні документи; Q - умови якості та строків; R - наявність або відсутність претензії. Якщо всі події підтверджені, документи прикріплені, а претензія не сформована у визначений строк, система ініціює оплату.

Таблиця 1 - Подієва логіка смарт-контракту в транспортному перевезенні

Етап	Цифрова подія	Джерело підтвердження	Наслідок
Заявка	Створення замовлення	Кабінет клієнта / CRM	Фіксація умов рейсу
Гарантія оплати	Резервування коштів	Банк або платіжний сервіс	Зменшення ризику неплатежу
Завантаження	Підтвердження старту	GPS, документи, фото	Активізація рейсу
Доставка	Підтвердження прибуття	GPS/IoT, електронна CMR	Підстава для оплати
Закриття рейсу	Відсутність претензії	Система претензій	Автоматичний платіж

Смарт-контракт має працювати не ізольовано, а в інтеграції з TMS/CRM, електронним документообігом, GPS-трекінгом і бухгалтерським контуром. Permissioned blockchain або інша контрольована розподілена інфраструктура є доцільнішою для корпоративного середовища, ніж повністю публічний блокчейн, оскільки дозволяє керувати доступом, зберігати комерційну конфіденційність і виконувати вимоги інформаційної безпеки [6; 7; 10].

Перевага моделі полягає у створенні спільного джерела істини щодо виконання перевезення. Учасники бачать однакові дані про статус рейсу, а зміна інформації потребує цифрового сліду. Це знижує ризик маніпуляцій, прискорює претензійну роботу та формує історію надійності перевізника і замовника [9; 10].

Впровадження доцільно починати з пілотного MVP для типових рейсів і постійних клієнтів. На цьому етапі не потрібно автоматизувати всі винятки;

достатньо описати стандартний сценарій і кілька ручних процедур для випадків пошкодження вантажу, зміни маршруту або затримки на кордоні. Після пілоту необхідно оцінити час погодження, строк оплати, кількість ручних втручань і рівень претензій.

Особливу увагу слід приділити юридичній архітектурі. У письмовому договорі мають бути визначені події, джерела даних, строки заперечення, порядок зупинення автоматичного платежу, відповідальні особи та процедура арбітражу. Смарт-контракт має лише виконувати заздалегідь узгоджені правила, а не самостійно вирішувати правовий спір.

Висновки. Смарт-контракти можуть бути ефективним інструментом оптимізації бізнес-процесів транспортного підприємства, якщо впроваджуються як частина цифрової платформи, а не як окремий технологічний модуль. Для підприємства їх основна цінність полягає у скороченні часу погодження, підвищенні прозорості виконання рейсу, зменшенні ризику неплатежів і формуванні цифрової довіри між замовником і перевізником.

Практична реалізація має бути поетапною: аудит процесів, юридична стандартизація договорів, розробка MVP, пілот із постійними клієнтами, оцінка KPI та масштабування. Критичними умовами успіху є достовірність даних, кібербезпека, відповідність юридичним вимогам і готовність персоналу працювати з цифровою логікою перевезень.

Список використаних джерел

1. Regulation (EU) 2020/1056 of the European Parliament and of the Council of 15 July 2020 on electronic freight transport information. Official Journal of the European Union. 2020. L 249. P. 33-48. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1056/oj (дата звернення: 17.05.2026).

2. Nakamoto S. Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. 2008. URL: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf (дата звернення: 17.05.2026).

3. Buterin V. Ethereum: A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform. 2013. URL: https://ethereum.org/en/whitepaper/ (дата звернення: 17.05.2026).

4. Szabo N. Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets. 1996. URL: https://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html (дата звернення: 17.05.2026).

5. Christidis K., Devetsikiotis M. Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. IEEE Access. 2016. Vol. 4. P. 2292-2303. DOI: 10.1109/ACCESS.2016.2566339.

6. Androulaki E., Barger A., Bortnikov V. et al. Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System for Permissioned Blockchains. Proceedings of the Thirteenth EuroSys Conference. 2018. Art. 30. DOI: 10.1145/3190508.3190538.

7. Wüst K., Gervais A. Do you need a Blockchain? 2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology. 2018. P. 45-54. DOI: 10.1109/CVCBT.2018.00011.

8. Werbach K., Cornell N. Contracts Ex Machina. Duke Law Journal. 2017. Vol. 67, No. 2. P. 313-382. URL: https://scholarship.law.duke.edu/dlj/vol67/iss2/2/ (дата звернення: 17.05.2026).

9. Kshetri N. Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. International Journal of Information Management. 2018. Vol. 39. P. 80-89. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005.

burko@snu.edu.ua
andriy.ya2025@gmail.com

УДК 656.13:338.47:658.15

Бурко Я.В., к.е.н., доц., Кривуля П.В., к.е.н., доц., Бурко А.Я.
Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

ТРАНЗАКЦІЙНІ ЗАТРАТИ ЯК ЧИННИК ЗНИЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Анотація. *У тезах розглянуто транзакційні затрати як чинник зниження ефективності транспортного підприємства. На прикладі ТОВ «Компанія Транспеле» обґрунтовано доцільність переходу від посередницької моделі до прямої цифрової взаємодії із застосуванням стандартизованих договорів, електронних документів і смарт-контрактів.*

Проблематика. Проблематика транзакційних затрат у транспортній логістиці має не тільки теоретичне, а й безпосереднє прикладне значення, оскільки саме на етапах пошуку контрагентів, узгодження умов рейсу, перевірки документів, контролю стану вантажу (до, під час та після транспортування), контролю доставки та забезпечення платежу формується істотна частина

прихованих затрат перевізника. У класичній логіці теорії фірми (як то у [4]) такі затрати пояснюють межі доцільності ринкової координації та появу організаційних структур, які беруть на себе функції погодження умов угод, про що йдеться у ряді авторитетних робіт [1; 4-7]. Для міжнародних автомобільних перевезень ця теза є особливо показовою: перевізник формально продає послугу переміщення вантажу, однак фактично змушений утримувати складну систему договірного, інформаційного та платіжного супроводу, що не створює додаткової транспортної роботи, але зменшує фінансовий результат. Ефективність транспортного підприємства формується не лише на етапі фізичного перевезення вантажу, а й у процесі організації економічної взаємодії між замовником, перевізником, експедитором, банківською установою та іншими учасниками логістичного ланцюга. Для автомобільних перевізників особливого значення набувають затрати на пошук замовлень, узгодження умов, перевірку контрагентів, контроль виконання рейсу, претензійну роботу та очікування платежів.

Актуальність проблеми посилюється трансформацією українського ринку міжнародних автоперевезень: лібералізація автомобільних перевезень між Україною та Європейським Союзом розширює ринкові можливості для перевізників, але водночас підвищує інтенсивність конкуренції та вимоги до прозорості, швидкості документообігу та надійності виконання договірних зобов'язань [1; 2]. Європейське регулювання електронної вантажної транспортної інформації формує нормативний напрям на цифровізацію обміну транспортними даними [3]. За таких умов конкурентну перевагу формує не лише парметри автопарку, а й здатність зменшувати непродуктивні витрати координації та скорочувати часові розриви між замовленням, виконанням і оплатою перевезення.

У межах проведеного дослідження транспортного підприємства ТОВ «Компанія Транспеле» транзакційні затрати розглянуто як приховану частину собівартості, що знижує маржинальність рейсів і погіршує оборотність коштів. Проблема посилюється тим, що експедиторська модель, забезпечуючи доступ до вантажів, водночас створює фінансову залежність перевізника від посередника

та обмежує прямий контакт із кінцевим замовником. Основна проблема полягає у тому, що значна частина доходу транспортного підприємства втрачається не через низьку операційну продуктивність, а через неефективну архітектуру угод. Комісійні платежі, дублювання інформації, ручне погодження документів і затримки оплати призводять до того, що навіть збільшення кількості рейсів не завжди забезпечує пропорційне зростання прибутку.

З погляду теорії транзакційних затрат така ситуація пов'язана з неповнотою контрактів, інформаційною асиметрією та ризиком опортуністичної поведінки контрагентів [4; 5]. У міжнародних автомобільних перевезеннях ці ризики посилюються митними процедурами, різними правовими режимами, валютними коливаннями та складністю підтвердження належного виконання рейсу [2; 3].

Для середнього транспортного підприємства критичним є не повне усунення посередників, а відокремлення функцій, які створюють додану цінність, від функцій, що можуть бути стандартизовані та автоматизовані. Саме тому актуальним є перехід до прямого цифрового каналу взаємодії, де експедитор або платформа не контролює весь фінансово-інформаційний потік, а виконує лише чітко визначені сервісні функції.

Основні матеріали дослідження. Для формалізації впливу транзакційних затрат запропоновано розглядати економічний результат перевізника як різницю між доходом від перевезень, прямими операційними затратами, транзакційними затратами та комісійними платежами:

$$ER = D - C_{опер} - C_{тр} - C_{ком}, \quad (1)$$

де ER - економічний результат перевізника; D - дохід від перевезень; C_опер - прямі операційні затрати; $C_{тр}$ - транзакційні затрати; $C_{ком}$ - комісійні платежі експедиторам або платформам. Якщо $C_{ком}$ та $C_{тр}$ зростають швидше, ніж дохід, підприємство втрачає рентабельність навіть за стабільного обсягу перевезень.

За матеріалами аналізу ТОВ «Компанія Транспеле», підприємство має операційну базу для цифрової оптимізації: середня чисельність працівників становить 126 осіб, діяльність зосереджена на вантажних автомобільних

перевезеннях, а ключові втрати пов'язані з посередницькою моделлю організації замовлень, ручним документообігом і затримками оплати.

Практичний механізм зниження затрат має включати три блоки. Перший - стандартизація договорів і заявок, що зменшує час погодження та кількість індивідуальних правок. Другий - електронний документообіг відповідно до тенденцій eFTI-регулювання ЄС [3]. Третій - подієва верифікація виконання рейсу, коли статус доставки підтверджується GPS-даними, електронними документами та погодженими цифровими подіями.

Таблиця 1 – Основні складові транзакційних затрат транспортного підприємства

Складова	Зміст	Наслідок для перевізника	Напрям оптимізації
Пошук замовлення	Моніторинг бірж, контакти з експедиторами	Затрати часу, залежність від посередника	CRM, прямі канали продажу
Узгодження умов	Ставка, маршрут, строки, документи	Затримка старту рейсу	Шаблони договорів
Контроль рейсу	Дзвінки, ручне підтвердження етапів	Помилки та спори	GPS/IoT-події
Платіжна дисципліна	Відстрочка та ризик неплатежу	Дефіцит обігових коштів	Ескроу, смарт-контракт
Комісія посередника	Утримання частини фрахту	Зниження маржі	Пряма цифрова взаємодія

Порівняння традиційної та цифрової моделей показує, що головний резерв економії полягає у скороченні дублювання інформації, зменшенні ручних переговорів і контролі комісій. Транспортне підприємство отримує можливість бачити реальну маржу рейсу до прийняття замовлення та відмовлятися від низькорентабельних перевезень.

Таблиця 2 – Порівняння традиційної та цифрової моделей взаємодії

Параметр	Традиційна модель	Пряма цифрова модель	Очікуваний ефект
Комісійні затрати	15-25 %	1-5 %	Скорочення 10-20 п.п.
Час погодження рейсу	2-5 днів	До 1 години	Прискорення обороту
Контроль виконання	Суб'єктивний	Подієвий	Менше спорів
Платежі	Відстрочка, ручний контроль	Цифровий тригер	Менше ризику неплатежу
Роль експедитора	Центр угоди	Сервісна функція	Зменшення залежності

Впровадження такої моделі не означає миттєвої відмови від усіх посередників. Раціональним є поетапний підхід: аудит поточних каналів замовлень, визначення мінімальної прийнятної маржі, запуск пілотного прямого каналу для типових маршрутів, підключення постійних клієнтів і подальше масштабування. Додатково доцільно включити показники транзакційних затрат до щомісячної управлінської звітності.

У стратегічному вимірі скорочення транзакційних затрат підвищує переговорну позицію перевізника, формує власну клієнтську базу і зменшує залежність від алгоритмів цифрових бірж [2; 3]. Це важливо для українських перевізників, які працюють в умовах інтеграції з європейським транспортним простором і зростання вимог до прозорості логістичних операцій.

Висновки. Транзакційні затрати є самостійним чинником зниження ефективності транспортного підприємства, оскільки виникають у процесі організації взаємодії, а не безпосередньо під час перевезення. Для ТОВ «Компанія Транспеле» ключовими резервами є скорочення посередницьких комісій, стандартизація договорів, цифрова фіксація подій рейсу та прискорення платежів.

Оптимальна модель полягає не у повній ліквідації експедиторів, а у перерозподілі їхньої ролі: посередник має залишатися там, де створює реальну додану цінність. Пряма цифрова взаємодія, підтримана електронним документообігом і смарт-контрактами, може підвищити маржинальність рейсів, зменшити ризики та посилити конкурентоспроможність транспортного підприємства.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про автомобільний транспорт» : Закон України від 05.04.2001 № 2344-III. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14 (дата звернення: 17.05.2026).

2. Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road (CMR). Geneva, 19 May 1956. URL: https://unece.org/transport/standards/transport/dangerous-goods/cmr-convention (дата звернення: 17.05.2026).

3. Regulation (EU) 2020/1056 of the European Parliament and of the Council of 15 July 2020 on electronic freight transport information. Official Journal of the European Union. 2020. L 249. P. 33-48. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1056/oj (дата звернення: 17.05.2026).

4. Coase R. H. The Nature of the Firm. Economica. 1937. Vol. 4, No. 16. P. 386-405. DOI: 10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x.

5. Williamson O. E. Transaction-Cost Economics: The Governance of Contractual Relations. Journal of Law and Economics. 1979. Vol. 22, No. 2. P. 233-261. DOI: 10.1086/466942.

6. Dumas M., La Rosa M., Mendling J., Reijers H. A. Fundamentals of Business Process Management. 2nd ed. Berlin : Springer, 2018. 527 p. DOI: 10.1007/978-3-662-56509-4.

7. Christopher M. Logistics & Supply Chain Management. 5th ed. Harlow : Pearson Education, 2016. 328 p.

8. Kshetri N. Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. International Journal of Information Management. 2018. Vol. 39. P. 80-89. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005.

9. Treiblmaier H. The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. Supply Chain Management. 2018. Vol. 23, No. 6. P. 545-559. DOI: 10.1108/SCM-03-2018-0143.

10. Saberi S., Kouhizadeh M., Sarkis J., Shen L. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. International Journal of Production Research. 2019. Vol. 57, No. 7. P. 2117-2135. DOI: 10.1080/00207543.2018.1533261.

burko@snu.edu.ua

krivulia@ snu.edu.ua

УДК 656.13:338.47:658.15

Бурко Я. В., к.е.н., доц., Кушнір Ю.Л.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЦИФРОВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Анотація. *У тезах подано підхід до оцінювання економічної доцільності впровадження цифрової платформи зі смарт-контрактами на транспортному підприємстві. На прикладі автотранспортного підприємства визначено джерела економічного ефекту, ризики проекту та послідовність впровадження.*

Проблематика. Економічне обґрунтування цифрової оптимізації має спиратися не лише на загальну ідею цифровізації, а на зіставлення інвестицій, операційних витрат і вимірюваного економічного ефекту. Для транспортного підприємства таким ефектом можуть бути скорочення комісій посередників, зменшення адміністративного часу, прискорення оплати, підвищення завантаження автопарку та формування стабільного прямого каналу замовлень [3; 4].

Об'єктом прикладного аналізу є автотранспортне підприємство, що працює у сфері вантажних автомобільних перевезень. За результатами дослідження підприємство має потенціал для переходу від частково посередницької моделі до цифрової платформи, у якій ключові етапи рейсу фіксуються електронно, а платіжні умови прив'язуються до підтверджених подій.

Основна управлінська проблема полягає в тому, що цифрові проекти часто оцінюються лише через вартість програмного забезпечення. Натомість економічний результат формується ширше: через зміну бізнес-моделі, скорочення втрат у посередницькому каналі, зниження ризику неплатежів і підвищення якості управлінських даних.

Другою проблемою є ризик завищення очікуваного ефекту. Якщо не стандартизувати договори, не описати процеси, не визначити відповідальних осіб і не підготувати клієнтів, цифрова платформа може лише відтворити наявні неефективні процедури в електронній формі. Тому фінансовий розрахунок має поєднуватися з організаційним планом впровадження [4; 5].

Третім обмеженням є невизначеність зовнішнього середовища: зміни попиту, тарифів, вартості палива, валютних курсів і регуляторних умов. Отже, проект потребує сценарного підходу, післяпроектного контролю та чітких порогових показників для продовження або коригування інвестицій.

Основні матеріали дослідження. Запропонований проект для автотранспортного підприємства передбачає впровадження інтегрованої

платформи, яка поєднує TMS/CRM-функціонал, електронний документообіг, кабінети клієнтів, GPS-подієву верифікацію та модуль смарт-контрактів. Ефективність проекту доцільно оцінювати за показником чистого приведеного доходу:

$$NPV = \Sigma\ CF_t / (1 + r)^t - I_0 \quad (1)$$

де NPV - чистий приведений дохід проекту; CF_t - чистий грошовий потік у періоді t; r - ставка дисконту; I_0 - початкові інвестиції. В умовах ринкової та воєнної невизначеності доцільним є обережний підхід до ставки дисконтування та прогнозів масштабування.

За попередніми розрахунками, одноразові витрати на запуск цифрової платформи можуть становити близько 1,565 млн грн, а щорічні операційні витрати підтримки - близько 0,7 млн грн. Потенційний ефект формується за рахунок економії комісій, додаткового доходу від прямих замовлень, скорочення часу обробки документів і зменшення прострочених платежів.

Отримані значення не слід трактувати як гарантований результат. Вони мають використовуватися як базова фінансова гіпотеза, яку потрібно перевіряти під час пілоту. Особливо важливо відокремити прямий ефект, що вимірюється економією комісій і скороченням часу, від непрямого ефекту у вигляді швидшої оборотності коштів, кращого планування та підвищення довіри клієнтів [7-9].

Таблиця 1 - Структура інвестицій у цифрову оптимізацію автотранспортного підприємства

Компонент	Орієнтовні витрати	Призначення	Очікуваний ефект
TMS/CRM-платформа	1 200 тис. грн	Планування, клієнтський контур	Зростання продуктивності
Смарт-контрактний модуль	800 тис. грн	Автоматизація угод	Скорочення транзакційних витрат
Інтеграція GPS/документів	500 тис. грн	Подієва верифікація	Менше спорів
Навчання та регламенти	150 тис. грн	Організаційна готовність	Менше помилок користувачів
Підтримка на рік	700 тис. грн	Супровід і безпека	Стабільність роботи

Таблиця 2 - Прогноз ключових показників після впровадження цифрової моделі

Показник	База 2024 р.	2027 р. базовий сценарій	2029 р. базовий сценарій	Інтерпретація
Чистий дохід	222,4 млн грн	321,9 млн грн	412,4 млн грн	Розширення продажів
Собівартість до доходу	96,1 %	81,1 %	72,5 %	Підвищення маржі
Частка прямих замовлень	Низька	Середня	Висока	Менша залежність від посередників
Строк оплати	30-60 днів	15-30 днів	10-20 днів	Кращий оборотний капітал
Кількість спорів	Висока	Помірна	Низька	Цифрова доказова база

Етапна модель впровадження має передбачати п’ять кроків: аудит поточних бізнес-процесів; розробку MVP для типових маршрутів; пілот із постійними клієнтами; оцінку KPI; масштабування на ширший портфель замовлень. Така послідовність зменшує ризик одноразових великих витрат і дає змогу коригувати проект до повного запуску.

До ключових ризиків належать технологічні помилки інтеграції, кіберзагрози, низька якість даних, опір персоналу, небажання клієнтів переходити на цифрову модель і правова невизначеність окремих автоматизованих дій. Для кожного ризику потрібні заходи контролю: аудит коду, резервний ручний сценарій, навчання, юридична експертиза договорів, політика інформаційної безпеки та регулярний моніторинг показників [5; 6; 10].

Після запуску необхідно запровадити контролінг цифрової трансформації. Щомісячно слід аналізувати частку рейсів у цифровій моделі, середній час погодження заявки, строк оплати, частку документів без виправлень, кількість претензій, економію комісій на один рейс і рівень ручних втручань. Це перетворює фінансову модель на інструмент управління, а не лише на розрахунок для обґрунтування інвестицій.

Висновки. Цифрова оптимізація бізнес-процесів автотранспортного підприємства може бути економічно доцільною за умови поетапного

впровадження та постійного контролю фактичних результатів. Найважливішими джерелами ефекту є скорочення посередницьких витрат, прискорення оплати, зменшення ручних операцій і підвищення прозорості виконання рейсів.

Проект потрібно оцінювати не тільки за NPV, ROI або строком окупності, а як інструмент підвищення фінансової стійкості та конкурентоспроможності підприємства. Успіх залежить від якості даних, юридичної підготовки, готовності персоналу та здатності підприємства перевести частину клієнтів у прямий цифровий канал.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про автомобільний транспорт» : Закон України від 05.04.2001 № 2344-III. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14 (дата звернення: 17.05.2026).

2. Regulation (EU) 2020/1056 of the European Parliament and of the Council of 15 July 2020 on electronic freight transport information. Official Journal of the European Union. 2020. L 249. P. 33-48. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1056/oj (дата звернення: 17.05.2026).

3. Brealey R. A., Myers S. C., Allen F. Principles of Corporate Finance. 13th ed. New York : McGraw-Hill Education, 2020. 896 p.

4. Dumas M., La Rosa M., Mendling J., Reijers H. A. Fundamentals of Business Process Management. 2nd ed. Berlin : Springer, 2018. 527 p. DOI: 10.1007/978-3-662-56509-4.

5. ISO 31000:2018. Risk management - Guidelines. Geneva : ISO, 2018. URL: https://www.iso.org/standard/65694.html (дата звернення: 17.05.2026).

6. ISO/IEC 27001:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection - Information security management systems - Requirements. Geneva : ISO, 2022. URL: https://www.iso.org/standard/27001 (дата звернення: 17.05.2026).

7. Kshetri N. Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. International Journal of Information Management. 2018. Vol. 39. P. 80-89. DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005.

8. Saberi S., Kouhizadeh M., Sarkis J., Shen L. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. International Journal of Production Research. 2019. Vol. 57, No. 7. P. 2117-2135. DOI: 10.1080/00207543.2018.1533261.

9. Pournader M., Shi Y., Seuring S., Koh S. C. L. Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature. International Journal of Production Research. 2020. Vol. 58, No. 7. P. 2063-2081. DOI: 10.1080/00207543.2019.1650976.

10. World Bank. Logistics Performance Index 2023: Methodology. Washington, DC : World Bank, 2023. URL: https://lpi.worldbank.org/sites/default/files/2023-04/Methodology_LPI_survey.pdf (дата звернення: 17.05.2026).

burko@snu.edu.ua
yulia0076@icloud.com

УДК 656.025.4:341.171

Допілка В.О., к.ю.н. доц., Власенко Д.Д., магістр
Одеський національний морський університет, Україна

МУЛЬТИМОДАЛЬНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ: ШЛЯХ ДО ГАРМОНІЗАЦІЇ З ПРАВОМ ЄС.

Анотація. *У роботі розглянуто актуальні питання розвитку правового регулювання мультимодальних перевезень в Україні в умовах інтеграції до європейського транспортного та економічного простору. Обґрунтовано необхідність удосконалення нормативно-правової бази для забезпечення ефективної взаємодії різних видів транспорту в межах єдиного логістичного ланцюга та формування конкурентоспроможної транспортної системи.*

Проблематика дослідження. Динамічний розвиток глобальних логістичних систем та інтеграція України до європейського економічного простору зумовлюють необхідність трансформації традиційних підходів до правового регулювання перевізних процесів. У сучасних умовах ефективність транспортної системи визначається не лише технічними характеристиками окремих видів транспорту, а й здатністю забезпечити їх безперебійну взаємодію в межах єдиного логістичного ланцюга. Мультимодальні перевезення, виступаючи найбільш технологічно складною формою транспортування, потребують особливого правового інструментарію, який здатний нівелювати розбіжності між галузевими нормами морського, залізничного та автомобільного права.

Основні матеріали дослідження. Незважаючи на прогресивний характер Закону України «Про мультимодальні перевезення», його практична імплементація стикається з низкою суттєвих проблем, які створюють бар'єри для повноцінної гармонізації з правом ЄС: декларативність державної підтримки та економічних стимулів; колізія систем відповідальності (Network vs. Uniform); проблема «прихованих» пошкоджень вантажу; незавершеність цифровізації документообігу; нерозвиненість статусу мультимодального термінала; проблема митного оформлення в межах одного договору.

Аналіз практичного впровадження Закону України «Про мультимодальні перевезення» крізь призму відповідності стандартам Європейського Союзу дозволяє виявити низку критичних бар'єрів, що стримують розвиток галузі. Першочерговою проблемою є декларативний характер норм щодо державної підтримки мультимодальності. На відміну від Директиви Ради 92/106/ЕЕС, яка зобов'язує держави-члени впроваджувати конкретні фіскальні стимули та субсидії для операторів, які обирають екологічно чисті види транспорту, українське законодавство наразі позбавлене дієвих економічних важелів. Це створює ситуацію, за якої складні мультимодальні схеми програють у конкурентній боротьбі прямим автомобільним перевезенням, що суперечить стратегії «Європейського зеленого курсу» щодо декарбонізації транспортного сектору.

Фундаментальним викликом для правозастосовної практики залишається неузгодженість систем відповідальності. Хоча Закон закріплює прогресивну «мережеву» систему відповідальності (network liability system), її реалізація стикається з глибокими колізіями галузевого законодавства. Статут залізниць України, Кодекс торговельного мореплавства та автомобільне право мають діаметрально різні підходи до граничних меж відшкодування збитків та строків пред'явлення претензій. Виникає ситуація, за якої оператор мультимодального перевезення, виплативши компенсацію замовнику, фактично втрачає право на регресне стягнення з фактичного перевізника через пропущений строк позовної давності або обмеження відповідальності, встановлені застарілими галузевими

актами. Це породжує правову непевність та підвищує фінансові ризики логістичного бізнесу.

Окремої уваги потребує проблема «прихованих» або нелокалізованих пошкоджень вантажу. Брак чіткого законодавчого алгоритму визначення лімітів відповідальності у випадках, коли неможливо встановити конкретний етап перевезення, на якому стався інцидент, змушує сторони звертатися до загальних норм цивільного права. Це нівелює ідею спеціального регулювання мультимодальності та призводить до затяжних судових спорів. Для повної відповідності acquis ЄС українське законодавство потребує запровадження уніфікованих правил щодо розподілу відповідальності за приховані збитки, що базувалися б на принципах пропорційності або встановленні середнього ліміту відповідальності для всього маршруту.

Процес цифровізації транспортних документів також перебуває у стані незавершеності, що гальмує імплементацію Регламенту ЄС 2020/1056 (eFTI). Незважаючи на законодавче визнання електронних транспортних документів, митні та податкові органи України часто виявляють неготовність до роботи з e-CMR або цифровими коносаментами. Відсутність єдиної національної екосистеми обміну транспортними даними не дозволяє реалізувати принцип «єдиного вікна», що є базовим для європейської логістики. Більше того, статус мультимодального термінала як ключового вузла транспортної мережі залишається юридично вразливим: брак специфічних норм у земельному та містобудівному праві щодо відведення ділянок під такі об’єкти стримує розбудову опорної інфраструктури, необхідної для функціонування транспортних коридорів TEN-T.

Нарешті, суттєвою перешкодою є невідповідність митних процедур логіці мультимодального контракту. Митний кодекс України часто вимагає оформлення нових пакетів документів при зміні виду транспорту, що фактично зупиняє перевізний процес та збільшує простої на терміналах. Для подолання цих бар’єрів необхідна не лише точкова корекція Закону «Про мультимодальні перевезення», а й комплексна реформа транспортного законодавства України. Вона має включати оновлення галузевих статутів, цифровізацію контролюючих

процедур та створення реальних фінансових стимулів, що дозволить перетворити Україну на високотехнологічний логістичний хаб, повністю інтегрований у правовий простір Європейського Союзу.

Для подолання суперечностей та повної адаптації законодавства України до стандартів ЄС необхідно реалізувати комплекс заходів. По-перше, потребує уніфікації галузеве законодавство (КТМ, Статут залізниць), щоб вирівняти ліміти відповідальності та строки позовної давності для забезпечення реального регресного захисту оператора. По-друге, відповідно до Директиви 92/106/ЕЕС, слід впровадити фіскальні стимули (знижені тарифи, податкові пільги) для пріоритетного розвитку екологічних комбінованих перевезень.

Цифрова трансформація має базуватися на стандарті eFTI, що зобов'язує державні органи приймати e-CMR та е-коносаменти без паперового дублювання в межах системи «єдиного вікна». На рівні закону важливо врегулювати питання «нелокалізованих» збитків шляхом встановлення уніфікованого ліміту відповідальності за приховані пошкодження. Крім того, надання мультимодальним терміналам статусу об'єктів критичної інфраструктури спростить виділення земель та стимулює розбудову мережі TEN-T.

Висновок. Закон «Про мультимодальні перевезення» є лише рамковим фундаментом. Успіх реформи залежить від комплексної модернізації суміжних галузей права та створення цифрової інфраструктури. Лише системний підхід забезпечить прозоре інвестиційне середовище, перетворить Україну на ключовий логістичний вузол між Європою та Азією та гарантуватиме сталий розвиток транспортної системи в межах «Європейського зеленого курсу».

Список використаних джерел

1. Про мультимодальні перевезення : Закон України від 17 листоп. 2021 р. № 1887-IX. Відомості Верховної Ради України. 2022. № 13. Ст. 85.

2. Про транспортно-експедиторську діяльність : Закон України від 01 лип. 2004 р. № 1955-IV. Відомості Верховної Ради України. 2004. № 52. Ст. 562.

3. Кодекс торговельного мореплавства України : Закон України від 23 трав. 1995 р. № 176/95-ВР. Відомості Верховної Ради України. 1995. № 47–52. Ст. 349.

4. Council Directive 92/106/EEC of 7 December 1992 on the establishment of common rules for certain types of combined transport of goods between Member States. Official Journal of the European Communities. 1992. L 368. P. 38–42.

5. Regulation (EU) 2020/1056 of the European Parliament and of the Council of 15 July 2020 on electronic freight transport information (eFTI). Official Journal of the European Union. 2020. L 249. P. 33–48.

6. Давиденко В. О. Правова природа договору мультимодального перевезення вантажів у контексті євроінтеграції. Юридичний науковий електронний журнал. 2022. № 5. С. 112–115.

7. Пащенко Ю. Є. Розвиток мультимодальних перевезень в Україні: проблеми та перспективи впровадження стандартів ЄС. Економіка та управління транспортом. 2022. № 1 (14). С. 12–21.

8. Цифрова трансформація транспорту та логістики: європейський досвід для України : аналіт. доповідь. Київ : НІСД, 2023. 42 с.

Крамський С.О., к.т.н., доц.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова

ТРАНСФОРМАЦІЯ ЛОГІСТИКИ ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ ТУРБУЛЕНТНОСТІ В УКРАЇНІ

Анотація. *У роботі розглянуто особливості функціонування транспортної системи України в умовах воєнного стану та вплив пошкодження транспортної інфраструктури на організацію вантажних перевезень. Проаналізовано зміни у структурі вантажних перевезень України, спричинені обмеженням роботи морського транспорту, пошкодженням дорожньої інфраструктури та трансформацією зовнішньоекономічних логістичних зв'язків.*

Проблематика дослідження. На сьогодні під час військового стану систематичні ракетні та дронові удари по транспортній інфраструктурі стали проблемою. До початку воєнного конфлікту Україна мала збалансовану систему вантажних перевезень: морський транспорт забезпечував більшу частину зовнішньоторговельного вантажообігу, залізниця тримала на собі левову частку внутрішніх потоків, а автомобільний транспорт органічно доповнював обидва. Кожен зруйнований міст – це не лише втрата для інфраструктури, а й додаткові витрати на кожну тонну перевезеного вантажу. Ця рівновага зникла за кілька

тижнів війни: порти заблокувано, небо закрите, частина доріг і мостів зруйнована або перебуває в зоні бойових дій [1].

Основні матеріали дослідження. В умовах, що склалися, автомобільний транспорт перетворився на головний канал, через який Україна зберігає зв'язок із зовнішнім світом в умовах турбулентності. Ця проблема, ймовірно, є найменш усвідомленою у галузі. Мобілізація, вимушена міграція та втрата частини кваліфікованих спеціалістів призвели до значного скорочення кількості водіїв вантажівок та механіків. На тепер ключові показники вантажоперевезень: за даними держслужби статистики України, у першому півріччі 2025 року загальний обсяг перевезень вантажів усіма видами транспорту України склав 155,3 млн. тонн. Це на 13,4% менше, ніж за аналогічний період 2024 року, і майже вдвічі менше від рівня першого півріччя 2021 року (287,9 млн. тонн). За вісім місяців 2025 року загальний обсяг перевезень досяг 208,9 млн. тонн, що на 11,3% нижче показника 2024 року. Структура вантажопотоків у першому півріччі 2025 року: 1) Залізничний транспорт: залишається лідером, займаючи 51,3% загального обсягу (79,6 млн тонн). 2) Автомобільний транспорт: посідає друге місце з 36,6% (56,9 млн. тонн) [2]. Це свідчить про те, що система зазнала значного стресу, але не зламалася. Причини прискорення падіння вантажообігу у 2025 році: незважаючи на певне відновлення у 2024 році (+7,8% по загальному обсягу), у 2025 році спостерігається прискорення падіння вантажообігу. це зумовлено двома основними факторами: а) посилення ударів по транспортній інфраструктурі: це спостерігалося у другій половині 2024 року та на початку 2025 року. б) скорочення промислового виробництва: це стосується території, підконтрольної Україні. Перебудова зовнішньої логістики: нові маршрути замість моря. Незважаючи на критично стислі терміни, перевізники, вантажовласники та логістичні оператори продемонстрували надзвичайно швидку реакцію [3].

Висновки. Таким чином, формування нових логістичних коридорів: протягом лічених місяців було сформовано нову географію вантажопотоків. З

одного боку, логістика для українського бізнесу спростилася, а малі та середні перевізники отримали більше можливостей для конкуренції. З іншого боку, угода відкрила внутрішній ринок ЄС для європейських перевізників, що посилило конкуренцію. Питання про те, чи українські компанії витримують цю конкуренцію, залишається дискусійним. Ключовим питанням є збереження цього режиму після березня 2027 року, коли закінчується поточний мандат. Це залежатиме від успіху України у виконанні євроінтеграційних зобов'язань у сфері транспорту. Наслідки лібералізації: лібералізація мала як позитивні, так і негативні наслідки.

Список джерел:

1. Darushin O.V. Theoretical basis of maritime transport markets management in modern conditions of uncertainty. *Grail of science.* № 48. 2025. P.158-165.

2. Захарченко О.В. Еволюція електронного урядування сталого розвитку послуг у вимірі турбулентності. *Київський економічний науковий журнал*. № 9. 2025. С.143-148.

3. Євдокімова О.М. Метод опціону управління проєктами в бізнес-середовищі на морському транспорті у повоєнний період. *Управління розвитком складних систем.* 2024. (3)59. С.53-61.

УДК 346.24:656(477)

Пальченко А.А., доц.

Одеський національний морський університет (Україна)

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ В ПРАВОВОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ

Анотація. *У статті досліджено сучасні проблеми правового забезпечення транспорту в Україні. Проаналізовано основні недоліки нормативно-правового регулювання транспортної галузі, зокрема фрагментарність законодавства, інституційні обмеження державного управління та недостатній рівень інвестиційного забезпечення. Визначено вплив воєнних*

факторів та євроінтеграційних процесів на розвиток транспортної системи. Обґрунтовано основні напрями вдосконалення правового регулювання з урахуванням міжнародного досвіду.

Проблематика. Правове забезпечення транспорту є важливою складовою функціонування національної економіки та одним із ключових факторів розвитку інфраструктури держави. В умовах глобалізації, євроінтеграції та воєнного стану транспортна система України зазнає значних трансформацій, що потребують адекватного нормативно-правового регулювання.

Водночас сучасний стан правового забезпечення транспорту характеризується наявністю системних проблем, що знижують ефективність функціонування галузі та стримують її розвиток.

Проблеми правового регулювання транспортної галузі досліджувалися у працях вітчизняних науковців, зокрема у сфері транспортного та адміністративного права. Значна увага приділяється питанням реформування транспортної системи, розвитку інфраструктури та гармонізації законодавства з міжнародними стандартами.

Водночас ряд аспектів, пов’язаних із впливом сучасних викликів, зокрема воєнного стану, потребують подальшого дослідження. Метою дослідження є аналіз сучасних проблем правового забезпечення транспорту в Україні та визначення основних напрямів його вдосконалення.

Основні матеріали дослідження. Правове забезпечення транспорту в Україні базується на сукупності нормативно-правових актів, що регулюють діяльність різних видів транспорту. Водночас ця система характеризується фрагментарністю та наявністю нормативних колізій, що ускладнює ефективне регулювання галузі.

Правове забезпечення транспортної галузі в Україні сьогодні функціонує в умовах значних викликів, зумовлених як воєнним станом, так і необхідністю євроінтеграції. Основні проблеми правового регулювання включають наступні аспекти:

- законодавство не встигає адаптуватися до швидкого регулювання відновлення зруйнованих об'єктів;
- потреба у швидкому переформатуванні транспортних коридорів, що потребує зміни дозвільної системи;
- актуалізація норм щодо безпеки перевезень у зонах підвищеного ризику.

Застарілість нормативно-правової бази в транспортній сфері. Багато нормативів застаріли і не відповідають сучасним технічним вимогам до рухомого складу.

Проблеми виникають в правовому регулюванні системи міського транспорту та конфлікт інтересів між різними учасниками транспортного процесу.

Виникає проблема адаптації до законодавства ЄС (Євроінтеграції).

В першу чергу, невідповідність стандартам. Необхідність приведення українських норм (сертифікація, технічний огляд) у відповідність до європейських вимог.

По друге, потреба в спрощенні правових процедур для перетину кордону (лібералізація вантажних перевезень).

По трете, екологізація та безпека транспорту. Правове регулювання викидів парникових газів, оскільки транспорт є джерелом близько 12% таких викидів в Україні.

Потреба посилення правової відповідальності за порушення правил безпеки, зокрема, на залізничному транспорті та автомобільному.

Сучасний стан функціонування транспортної системи України, зокрема у сфері морських перевезень, характеризується наявністю комплексу системних проблем, що стримують її ефективний розвиток та знижують рівень безпеки. До ключових викликів належать недостатній рівень інвестиційного забезпечення, інституційна слабкість державного управління, а також недосконаліть механізмів державного контролю.

Однією з визначальних проблем є нестача інвестицій та інституційні обмеження**.** Чинна нормативно-правова база не створює достатніх стимулів для

залучення приватного капіталу в оновлення та модернізацію транспортної інфраструктури. Недостатній розвиток механізмів державно-приватного партнерства, високий рівень регуляторного навантаження та нестабільність інвестиційного середовища знижують привабливість галузі для потенційних інвесторів. Як наслідок, спостерігається фізичне та технологічне старіння інфраструктури, що негативно впливає на ефективність функціонування транспортної системи та її конкурентоспроможність.

Важливим аспектом є також проблеми ефективності діяльності державних органів контролю, зокрема Укртрансбезпека. Ефективність реалізації контрольних функцій обмежується низкою інституційних і організаційно-правових факторів, серед яких — недостатня кадрова спроможність, обмежене фінансування, наявність нормативних колізій та дублювання повноважень між різними органами. Додатковими негативними чинниками є надмірна бюрократизація процедур, низький рівень цифровізації та обмежене застосування ризик-орієнтованих підходів до державного нагляду. У сукупності це призводить до зниження ефективності контролю, зростання рівня правопорушень у сфері транспортної безпеки та зниження довіри до державних інституцій.

У стратегічному вимірі зазначені проблеми мають комплексний характер і взаємно підсилюють одна одну, формуючи системні бар'єри для розвитку транспортної галузі. Недостатній рівень інвестицій обмежує можливості модернізації інфраструктури, тоді як неефективність державного контролю ускладнює забезпечення належного рівня безпеки та дотримання стандартів.

Перспективи розвитку галузі пов'язані з реалізацією комплексних реформ, спрямованих на підвищення інституційної спроможності державних органів, удосконалення нормативно-правової бази та активізацію інвестиційної діяльності. Особливого значення набуває розвиток механізмів державно-приватного партнерства, спрощення регуляторних процедур, а також

впровадження сучасних цифрових технологій у сфері управління та контролю транспортних процесів.

Крім того, важливим напрямом є гармонізація національного законодавства з міжнародними та європейськими стандартами, що сприятиме підвищенню рівня безпеки судноплавства та інтеграції України до глобальної транспортної системи. Реалізація зазначених заходів дозволить підвищити ефективність функціонування транспортної інфраструктури, забезпечити її модернізацію та створити передумови для сталого розвитку галузі в умовах сучасних викликів.

Ці проблеми вимагають комплексної реформи, спрямованої на модернізацію законодавства, гармонізацію з правом ЄС та забезпечення прозорих умов для інвесторів.

Висновки. Сучасні проблеми правового забезпечення транспорту в Україні мають комплексний характер і потребують системного вирішення. Вдосконалення законодавства, підвищення ефективності державного управління та активізація інвестиційної діяльності є ключовими умовами розвитку транспортної галузі та її інтеграції до європейського транспортного простору.

Література

1. Конституція України : Закон України від 28.06.1996. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96%D0%B2%D1%80#Text (дата звернення: 29.04.2026).

2. Про транспорт : Закон України від 10.11.1994 № 232/94-ВР. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/232/94-%D0%B2%D1%80#Text (дата звернення: 29.04.2026).

3. Про автомобільний транспорт : Закон України від 05.04.2001 № 2344-III. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text (дата звернення: 29.04.2026).

4. Про морські порти України : Закон України від 17.05.2012 № 4709-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4709-17#Text (дата звернення: 29.04.2026).

5. Кодекс торговельного мореплавства України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/176/95-%D0%B2%D1%80#Text (дата звернення: 29.04.2026).

6. Ківалов С. В. Транспортне право України : підручник. Одеса : Фенікс, 2019.

7. Герасименко В. В. Правове регулювання транспортної діяльності. Київ : Юрінком Інтер, 2020.

nai-ce@ukr.net

УДК 656.13:658.5

Плекан В.І., студент

Західноукраїнський національний університет, Україна

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

Анотація. *У роботі досліджено роль інформаційного забезпечення у формуванні системи економічної безпеки автотранспортних підприємств. Проаналізовано джерела інформації, визначено ключові ризики та обґрунтовано напрями вдосконалення інформаційно-аналітичної підтримки управління з урахуванням сучасних цифрових технологій та нормативно-правового середовища.*

Проблематика. У сучасних умовах функціонування транспортної галузі питання забезпечення економічної безпеки підприємств набуває особливої актуальності. Автотранспортні підприємства працюють у середовищі підвищеної невизначеності, що зумовлено коливанням попиту на транспортні послуги, змінами вартості ресурсів, посиленням конкуренції, а також впливом зовнішніх факторів, зокрема воєнного стану та економічної нестабільності.

Одним із ключових інструментів забезпечення економічної безпеки є ефективне інформаційне забезпечення управлінських процесів. Саме якість, своєчасність і повнота інформації визначають можливість підприємства адекватно реагувати на загрози, прогнозувати ризики та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

Незважаючи на це, на практиці багато автотранспортних підприємств стикаються з проблемами фрагментарності інформаційних потоків, відсутності

інтегрованих систем обліку та аналізу, а також недостатнього використання сучасних інформаційних технологій, що суттєво знижує ефективність управління та підвищує рівень економічних ризиків.

Основні матеріали дослідження. Економічна безпека автотранспортного підприємства є складною багатокомпонентною системою, що включає фінансову, виробничу, кадрову, інформаційну та правову складові. Інформаційне забезпечення виступає інтегруючим елементом цієї системи, оскільки забезпечує взаємозв'язок між усіма її складовими.

Основу інформаційного забезпечення становлять різноманітні інформаційні потоки, які формуються як у внутрішньому середовищі підприємства, так і за його межами. До внутрішніх джерел належать дані бухгалтерського обліку, фінансової звітності, управлінської звітності, оперативної інформації про перевезення, витрати пального, технічний стан транспортних засобів. Зовнішні джерела включають нормативно-правову інформацію, дані ринку транспортних послуг, інформацію про конкурентів, макроекономічні показники.

Важливу роль у забезпеченні економічної безпеки відіграє система бухгалтерського обліку, яка формує інформаційну базу для аналізу фінансового стану підприємства. Зокрема, аналіз дебіторської та кредиторської заборгованості дозволяє оцінити рівень фінансової стійкості, ліквідності та платоспроможності підприємства. Зростання простроченої дебіторської заборгованості є одним із ключових індикаторів зниження економічної безпеки.

У сучасних умовах особливого значення набуває використання інформаційних систем управління (ERP-систем), які забезпечують інтеграцію різних функціональних підсистем підприємства та формування єдиного інформаційного простору. Такі системи дозволяють автоматизувати облік, аналіз та контроль діяльності, підвищити прозорість управлінських процесів та оперативність прийняття рішень.

Окрему увагу слід приділити правовому забезпеченню інформаційної безпеки. Діяльність автотранспортних підприємств регулюється значною

кількістю нормативно-правових актів, що визначають вимоги до ліцензування, безпеки перевезень, ведення обліку та звітності. Недотримання цих вимог може призвести до фінансових санкцій, втрати ліцензії або інших негативних наслідків.

У контексті цифровізації економіки важливим напрямом є впровадження сучасних технологій обробки та захисту інформації. Використання електронного документообігу, систем моніторингу транспортних засобів (GPS), аналітичних платформ та засобів кібербезпеки дозволяє підвищити рівень контролю за діяльністю підприємства та мінімізувати ризики втрати або викривлення інформації.

Разом з тим, існує низка проблем, що стримують розвиток інформаційного забезпечення економічної безпеки автотранспортних підприємств:

– недостатній рівень автоматизації облікових та аналітичних процесів;

– відсутність інтегрованих інформаційних систем;

– низький рівень захисту інформації;

– обмежене використання аналітичних інструментів;

– недостатня кваліфікація персоналу у сфері інформаційних технологій.

Для вирішення зазначених проблем доцільно впроваджувати комплексний підхід, що передбачає інтеграцію інформаційних систем, підвищення кваліфікації персоналу, удосконалення нормативно-правового забезпечення та активне використання сучасних цифрових технологій.

Висновки. Інформаційне забезпечення є ключовим елементом системи економічної безпеки автотранспортних підприємств. Його ефективність визначає здатність підприємства своєчасно виявляти загрози, оцінювати ризики та приймати обґрунтовані управлінські рішення.

В умовах цифровізації економіки особливого значення набуває впровадження сучасних інформаційних технологій, які забезпечують інтеграцію облікових, аналітичних та управлінських процесів. Водночас необхідним є

удосконалення правового забезпечення та підвищення рівня інформаційної культури персоналу.

Реалізація зазначених напрямів дозволить підвищити рівень економічної безпеки автотранспортних підприємств, забезпечити їх стабільний розвиток та конкурентоспроможність у сучасному економічному середовищі.

uliana_plekan@ukr.net

УДК 656.02:336.748.3

Скапровська О.О., магістр, Петренко О.І., к.е.н., доцент

Національний транспортний університет, Україна

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ЗМІН ВАЛЮТНОГО КУРСУ

Анотація. *У статті розглянуто питання економічної ефективності транспортних перевезень крізь призму валютних змін та виявлено головні чинники, що її обумовлюють. Досліджено, як коливання курсу іноземних валют відбиваються на роботі транспортних компаній, та запропоновано шляхи зміцнення їхніх позицій за умов економічної нестабільності.*

Проблематика дослідження. Транспортний сектор завжди перебуває під значним впливом зовнішніх факторів, одним з яких є валютний курс. Нестабільність валютного курсу є однією з найбільших проблем, яка впливає на роботу транспортної галузі підприємств, а саме на їхні витрати і прибуток. Часті коливання курсу іноземної валюти ускладнюють планування діяльності компанії, збільшують витрати на транспортування і зменшують ефективність роботи. Тому дослідження впливу валютної нестабільності на ефективність транспортних перевезень є дуже важливим для діяльності підприємства [1].

Основні матеріали дослідження. Основним показником роботи підприємств галузі є економічна ефективність транспортних перевезень, що

визначає успішність і якість виконання замовлень на виконання перевезень вантажів і пасажирів при мінімальних витратах. Щоб отримати високий рівень ефективності, підприємство повинно оптимально розподіляти ресурси, підвищувати продуктивність транспортної потужності, регулярно удосконалювати логістичні схеми. Також економічна ефективність є різносторонньою, тому що охоплює не лише фінансові показники, а й показники якості, такі як своєчасність доставки, дотримання відповідних вимог до перевезення та коефіцієнт завантаженості рухомого складу [2].

На сьогоднішній день валютний курс є одним із найвагоміших макроекономічних чинників, який впливає на економічну ефективність підприємства. Це можна пояснити тим, що більшість витрат у транспортній галузі здійснюється в іноземній валюті, а тому коливання курсу напряму визначають вартість перевезення і ускладнюють фінансове планування.

Водночас зміна валютного курсу впливає не лише на витрати, а й на прибуток підприємства, оскільки він також у міжнародних перевезеннях найчастіше формується в іноземній валюті. Залежно від вектора зміни курсу, валютні надходження можуть трансформуватися або на додаткову вигоду, або на фінансові ризики для компанії [3]. Узагальнений вплив основних факторів на економічну ефективність транспортних перевезень наведено в таблиці 1.

Аналізуючи таблицю, помітно, що серед розглянутих факторів, один з найбільших впливів на економічну ефективність має валютний курс, оскільки є найменш стабільним та складним для моделювання. Саме тому виникає потреба у детальному дослідженні механізмів впливу курсових коливань на транспортну логістику.

Таблиця 1 - Вплив факторів на економічну ефективність транспортних перевезень

Група факторів	**Приклади**	**Вплив на ефективність**
Внутрішні	Технічний стан транспорту, персонал	Зниження/зростання витрат
Організаційні	Логістика, маршрути	Оптимізація процесів

Зовнішні	Інфраструктура, конкуренція	Вплив на попит
Макроекономічні	Валютний курс, інфляція	Зростання собівартості перевезень

Джерело: сформовано автором на основі [3]

Найкраще вплив валютного курсу проявляється у структурі витрат підприємств, де імпортна складова, а саме паливо, є одним з основних факторів, який впливає на формування собівартості. Оскільки ціна на паливо залежить від стану світового ринку та динаміки валютного курсу, її підвищення призводить до зростання транспортних витрат і погіршення фінансових показників діяльності підприємств [3].

На рисунку 1 представлено динаміку змін цін на паливо, що напряму показує зв'язок між валютним курсом і витратами транспортних компаній.

Дані на рис. 1, демонструють безперервне зростання цін на бензин А-95 та дизельне паливо в Україні у 2021–2026 рр., при цьому найпомітніше підвищення зафіксовано в першому кварталі 2026 року. З рисунку видно, що найбільше подорожчало дизельне паливо, оскільки має сильну залежність від імпортних поставок і змін курсу валюти. Загалом зміна цін на паливо показує, що коливання валютного курсу та зовнішні фактори сильно впливають на витрати транспортних підприємств і ефективність їхньої роботи.

Оцінка економічної ефективності транспортних перевезень в умовах валютних ризиків повинна здійснюватися відповідно до системного підходу, в якому використовується комплекс показників – витрати, рентабельність, продуктивність – з обов'язковим урахуванням валютного курсу [6]. Важливою частиною цієї стратегії є застосування методів прогнозування, проведення операцій у різних валютах та накопичення коштів на випадок можливих збитків [7].

Важливою складовою є використання сучасних логістичних рішень і цифрових технологій. Системи управління перевезеннями, оптимізація маршрутів та автоматизація процесів допомагають зменшити витрати і зробити

роботу підприємств більш ефективною. У сучасних умовах цифровізацію все частіше вважають одним із головних чинників конкурентоспроможності транспортного сектору [6].

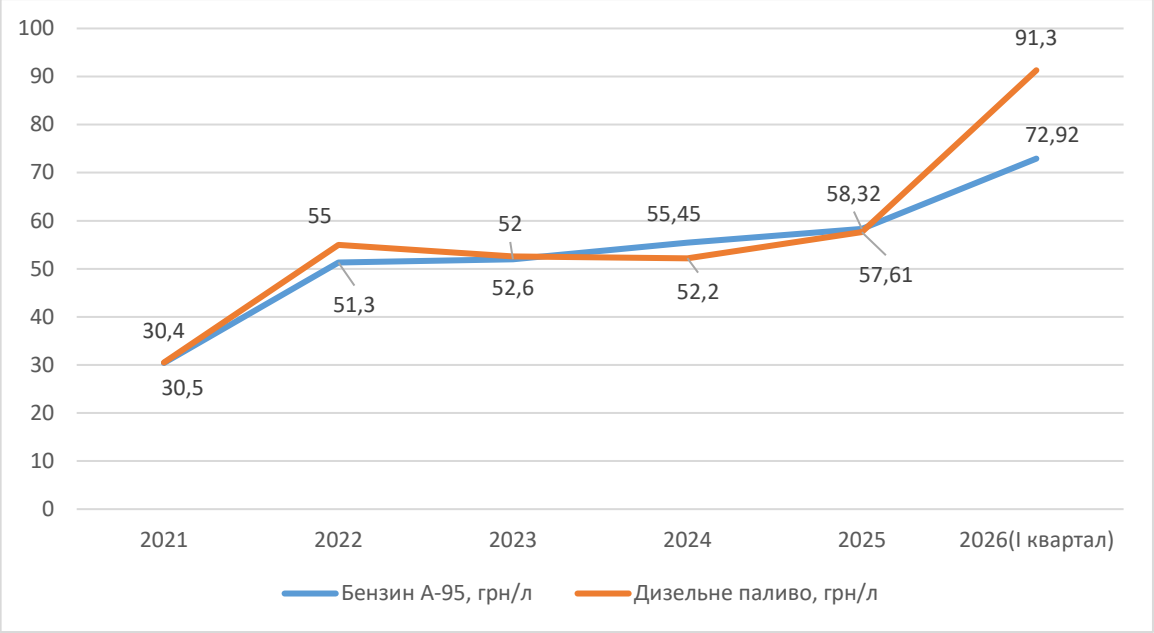


Рисунок 1 - Динаміка цін на бензин А-95 та дизельне паливо в Україні у 2021–2026 (1 квартал) рр.

Джерело: сформовано автором на основі [4; 5]

Висновки. Проведене дослідження дозволило підтвердити, що на економічну ефективність транспортних перевезень одночасно впливає сукупність чинників, серед яких валютний курс має визначальне значення. Його коливання відбиваються на витратах, доходах та інвестиційній діяльності підприємств, роблячи їхню роботу менш передбачуваною. Зміцнити позиції галузі можна шляхом цілеспрямованого зниження витрат, запровадження нових технологій та ефективного управління ризиками у валютній сфері.

Список літератури

1. Максимов С. В., Максимова О. С., Нікульнікова Г. В. Дослідження ефективності міжнародних вантажних перевезень України в умовах воєнного стану // Електронне наукове фахове видання з економічних наук «Modern Economics». 2025. №52. С. 103-112. DOI: https://doi.org/10.31521/modecon.V52(2025)-15.

2. Македон В. В., Дзяд О. В. Ринок автомобільних вантажних перевезень країн ЄС: порівняльна макроекономічна оцінка і ключові напрями розвитку // Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. 2022. Випуск 41. С. 65-74. DOI: https://doi.org/10.32782/2413-9971/2022-41-12.

3. Бабко Р. О. Вплив валютного регулювання на розвиток логістичного сектору України: структурний аналіз і перспективи цифровізації // Економічний вісник Національного технічного університету України «КПІ». 2025. № 35. С. 9–14. DOI: https://doi.org/10.20535/2307-5651.35.2025.352373.

4. Як змінилися ціни на бензин і дизель. URL: https://agroreview.com/content/yak-zminylysya-cziny-benzyn-dyzel/.

5. Ціни на паливо в Україні. URL: https://index.minfin.com.ua/ua/markets/fuel/reg/vinnickaya/.

6. Белінська Я. В., Коваленко Ю. М. Регулювання валютного ринку України в умовах фінансової нестабільності воєнного часу // Науковий вісник Полісся. 2023. № 1 (26). С. 121–140. DOI: https://doi.org/10.25140/2410-9576-2023-1(26)-121-140.

7. Іванова М., Варяниченко О., Архипенко Т. Мінімізація ризиків при забезпеченні ефективності імпорту в умовах зміни валютних курсів. Підприємництво та управління розвитком соціально-економічних систем. 2023. № 2. С. 84–96. URL: https://purses.zp.edu.ua/article/view/302227/294258

sahella43@gmail.com

СЕКЦІЯ 5
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ЛОГІСТИЧНИХ ТА ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ

УДК 004.8:656.07

Кічкін О.В.[1], ст. викл., Кічкіна О.І.[2], к.т.н., доц.

[1]Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

[2]Одеський національний морський університет

ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСАХ АНАЛІЗУ, ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ТА ОБРОБКИ ТРАНСПОРТНИХ ДОКУМЕНТІВ.

Анотація. *Розглянуто особливості застосування технологій штучного інтелекту у процесах аналізу, інтерпретації та обробки транспортних документів у сфері автомобільних перевезень. Обґрунтовано доцільність використання систем автоматизованого розпізнавання документів на основі штучного інтелекту, здатних ідентифікувати тип документа, автоматично вилучати ключові реквізити, аналізувати структуру документа та контролювати коректність заповнення інформації. У роботі розглянуто практичну реалізацію процесу «навчання» інформаційної системи на основі технологій штучного інтелекту.*

Проблематика. Однією з ключових проблем інформаційного забезпечення автоперевезень в Україні є висока частка ручної обробки перевізних документів, що призводить до помилок, затримок оплати, непорозумінь між суб'єктами перевізного процесу тощо. Тому рішення щодо автоматизованого розпізнавання, передачі перевізних документів та врахування досвіду використання штучного інтелекту та алгоритмів самонавчання в процесі диспетчеризації є необхідною умовою підвищення ефективності українських транспортних підприємств.

Однією з ключових проблем інформаційного забезпечення автоперевезень в Україні залишається значна частка ручної обробки перевізних та митно-супровідних документів, що спричиняє помилки при введенні даних, затримки

платежів, втрату часу на перевірку документації та виникнення непорозумінь між перевізниками, експедиторами, брокерами та замовниками перевезень. У таких умовах особливу актуальність набуває впровадження систем автоматизованого розпізнавання документів на основі технологій штучного інтелекту, здатних ідентифікувати тип документа, автоматично вилучати ключові реквізити та контролювати правильність їх заповнення.

Основні матеріали дослідження. Важливим напрямом цифрової трансформації є автоматизація передачі документів митним брокерам, замовникам та іншим учасникам логістичного процесу із можливістю відстеження статусу їх відправлення, отримання та обробки в режимі реального часу. Це дозволяє скоротити тривалість документообігу, підвищити прозорість взаємодії між учасниками перевезень та мінімізувати ризики затримок під час митного оформлення вантажів.

Крім того, врахування досвіду використання технологій штучного інтелекту та алгоритмів самонавчання в процесах диспетчеризації створює передумови для підвищення ефективності керування транспортними операціями. Такі системи можуть аналізувати великі маси даних щодо маршрутів, затримок, завантаженості транспортних засобів та роботи персоналу, формуючи оптимальні рішення щодо планування перевезень та оперативного реагування на зміни транспортної ситуації. У сукупності це є необхідною умовою підвищення конкурентоспроможності та ефективності діяльності українських транспортних підприємств в умовах цифровізації логістичних процесів.

Практична реалізація процесу «навчання» інформаційної системи на основі технологій штучного інтелекту передбачала поетапне формування механізмів аналізу, інтерпретації та обробки транспортних документів. Основними складовими цього процесу стали:

– формалізація лінгвістичного алфавіту мови «навчання» існуючої моделі;

– формалізація перетворення елементів алфавіту у мовні конструкції та логічні висловлювання;

– формалізація граматичних правил використання сформованих мовних висловлювань у процесі обробки інформації.

Перший етап формалізації лінгвістичного алфавіту передбачав визначення та систематизацію графічних елементів, які утворюють основу для функціонування моделі штучного інтелекту. Йдеться про створення набору символів, знаків, скорочень, реквізитів та типових структур документів, характерних для міжнародних вантажних перевезень. Формування такого алфавіту дозволило адаптувати програмне забезпечення для роботи з великою кількістю різнорідних перевізних документів, зокрема інвойсів, CMR-накладних, коносаментів, митних декларацій та інших супровідних документів.

Особливе значення цього етапу полягає у забезпеченні здатності системи розпізнавати необхідні елементи ідентифікації навіть в умовах високої невизначеності. На практиці це означає можливість роботи з неякісними сканованими копіями паперових документів, які можуть мати дефекти друку, пошкодження, нечіткі символи, рукописні позначки або різні формати оформлення. На відміну від традиційних OCR-систем, модель штучного інтелекту здатна адаптуватися до змін структури документів та враховувати контекст розташування інформації.

Інший етап передбачав розроблення алгоритмів трансформації результатів ідентифікації окремих елементів алфавіту у логічні мовні конструкції. Фактично йдеться про формування «семантичного рівня» обробки документів, коли система не лише розпізнає символи, а й інтерпретує їх зміст відповідно до поставленої задачі. Завдяки цьому стає можливим автоматичне формування структурованих логічних висловлювань, що відображають зміст документа та дозволяють перетворювати неякісні копії у цифрові документи з високим рівнем достовірності даних.

Третій етап був у створенні граматичних правил взаємодії між сформованими мовними конструкціями. Такі правила забезпечують побудову послідовностей логічних висловлювань, необхідних для коректної інтерпретації інформації системою штучного інтелекту. Саме цей механізм створює основу для функціонування сучасних моделей ШІ, які використовують принципи контекстного аналізу та самонавчання під час роботи з великими масивами даних.

Водночас постає питання щодо доцільності використання штучного інтелекту для завдань, які раніше виконувалися стандартними OCR-програмами. Необхідність застосування ШІ пояснюється насамперед значною різноманітністю форм перевізних документів, відсутністю їх єдиної стандартизації та постійною зміною форматів оформлення в міжнародних транспортних системах. Особливо це характерно для ринку вантажних перевезень країн, де демонополізація транспортного ринку призвела до використання великої кількості індивідуальних форм документів різними перевізниками та логістичними операторами. Крім того, чинні юридичні вимоги все ще передбачають необхідність використання паперових перевізних документів у багатьох операціях.

На відміну від традиційних OCR-систем, які функціонують на основі попередньо визначених шаблонів та обмеженого набору символів, системи штучного інтелекту мають здатність до адаптивного «навчання» на нових типах документів, розширення власного алфавіту та формування нових граматичних правил без необхідності повного перепрограмування системи. Це суттєво підвищує гнучкість інформаційних сервісів та ефективність їх інтеграції у діяльність транспортних компаній.

Висновки. Таким чином, на сучасному етапі перспективним напрямом є впровадження агентів штучного інтелекту в удосконалення технології розпізнавання сканованих документів у реальному часі.

Список використаних джерел

1. Кічкіна О.І., Кічкін О.В. Цифрова трансформація інформаційного забезпечення перевізників малого та середнього бізнесу США та України з використанням технологій штучного інтелекту. Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. Серія: Технічні науки. Дніпро: ДВНЗ «Приазов. держ. техн. ун-т», 2026. Вип.53, том 2. С. 233-243 DOI: https://doi.org/10.31498/2225-6733.53.2.2026

ki4kinaoi@ukr.net

kichkin@ukr.net

УДК 656.615:519.8

Прохоров В.М., к.т.н., доц.

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

СИНХРОНІЗАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ МОРСЬКОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКАХ ПОРТОВИХ ВУЗЛІВ НА ОСНОВІ VCG-ГРАФІВ

Анотація. *У роботі представлено метод оптимізації роботи мультимодального вузла шляхом побудови цифрового двійника, що базується на поєднанні генетичних алгоритмів та топологічного аналізу конфліктів. Використання графів вразливості-конфлікту (VCG) дозволяє моделювати динамічне «розтікання» суден вздовж причального фронту з урахуванням обмежень залізничної інфраструктури. Запропонований підхід мінімізує часові розриви в ланцюзі «судно-вагон».*

Проблематика. В умовах глобалізації логістичних процесів ефективність морського порту визначається не лише його технічним оснащенням, а й здатністю до швидкої адаптації технологічних процесів. Ключовим вузьким місцем залишається координація підходу великотоннажних суден із графіками роботи залізничних операторів. Традиційні лінійні моделі планування не

враховують стохастичну природу транспортних потоків та складні топологічні залежності між ресурсами. Створення цифрових двійників на базі інтелектуальних алгоритмів є необхідним кроком для вирішення задачі синхронізації море-залізниця в режимі реального часу.

Основні матеріали дослідження. Основою запропонованого цифрового двійника є концепція деформівного графічного представлення суден. Кожне судно в системі координат «дискретна ділянка причалу – час» розглядається як об'єкт із фіксованою площею (заданим обсягом робіт у крано-годинах) та варіативною геометрією. Принцип «розтікання» судна вздовж причального фронту дозволяє інтенсифікувати обробку шляхом залучення додаткових кранових ресурсів, що автоматично зменшує часову висоту об'єкта на графіку.

Для формалізації просторово-часових обмежень у моделі використано апарат графів вразливості-конфлікту (англ. Vulnerability-Conflict-Graph, VCG). У даному графі вершини V відповідають окремим суднам, а ребра E відображають потенційні конфлікти за ресурси (причальну довжину або залізничну пропускну спроможність). VCG-структура дозволяє виявити критичні точки в плані-графіку, де «розтікання» одного судна може призвести до блокування обслуговування інших об'єктів або до перевантаження залізничної станції.

Математичне ядро моделі розраховує час перебування судна в порту $T_{end,i}$ як динамічну величину, що залежить від поточної топології VCG-графа:

$$T_{end,i} = ETA_i + \Delta t_{wait} + \frac{Q_i}{w_i \cdot P_k}, \quad (1)$$

де w_i – ширина судна (кількість 25-метрових модулів причалу), Q_i – обсяг перевалки, P_k – продуктивність технологічної лінії, ETA_i – орієнтовний час прибуття і-го судна (англ. Estimated Time of Arrival) це нижня межа по осі часу, нижче якої «кубик» судна впасти не може.

Взаємодія з залізничним сегментом описується через обмеження сумарного вихідного потоку. Цифровий двійник залізничної станції генерує умови, за яких темп вивантаження суден повинен корелювати з наявністю порожнього рухомого складу та вільних ниток графіка руху поїздів. Стан системи описується нерівністю:

$$\sum_{i=1}^{n} \delta_i(t) \cdot \frac{Q_i \cdot k_{direct}}{T_{work,i}} \le \Phi_{rail}(t), \tag{2}$$

де $\delta(t)=1$, якщо судно і обробляється в момент t, та $\Phi_{rail}(t)$ — миттєва переробна спроможність залізничного вузла.

Для розв'язання задачі використано генетичний алгоритм (ГА), який оперує хромосомами змішаного типу. Через механізм ранжування пріоритетів формується оптимальна черга падіння об'єктів у «гравітаційну модель». ГА оцінює кожну ітерацію плану через VCG-граф на предмет стійкості до затримок. Кожна перестановка в черзі суден призводить до перебудови топології графа конфліктів, що дозволяє алгоритму знаходити глобальний мінімум цільової функції:

$$Z = \alpha \cdot \sum_{i=1}^{n} \left(t_{start,i} - ETA_i \right) + \beta \cdot \max\left(t_{end,i} \right), \tag{3}$$

де α, β — вагові коефіцієнти значущості простою суден та загального часу завершення робіт у вузлі.

Застосування цифрового двійника дозволяє реалізувати стратегію «активного розтікання». Якщо VCG-граф показує відсутність конфліктів на певному часовому інтервалі, система автоматично збільшує значення wi, прискорюючи обробку судна та вивільнення рухомого складу. Це забезпечує максимальну щільність пакування суден у просторово-часовій області причального фронту.

Висновки. Інтеграція VCG-графів у структуру цифрових двійників портових вузлів створює математичне підґрунтя для глибокої синхронізації суміжних видів транспорту. Моделювання в середовищі MATLAB підтвердило, що врахування топологічних конфліктів дозволяє підвищити пропускну спроможність стику море-залізниця на 18-22%. Запропонована модель є універсальною та може бути адаптована для будь-яких мультимодальних комплексів з обмеженими фронтами обробки.

vicmmx@gmail.com

УДК 656.61:004:658.7

Шкурко Є. Л., ст. викладач

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

РОЗВИТОК ЦИФРОВИХ ЕКОСИСТЕМ У СФЕРІ МОРСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ УКРАЇНИ

Анотація. *У роботі досліджено особливості розвитку цифрових екосистем у сфері морської логістики України в умовах цифрової трансформації транспортної галузі. Визначено роль цифрових платформ, інформаційних технологій та інтегрованих логістичних рішень у підвищенні ефективності морських перевезень і функціонування транспортно-логістичних систем. Проаналізовано сучасні тенденції впровадження Smart Logistics, автоматизації логістичних процесів та цифрової взаємодії учасників морського логістичного ланцюга. Обґрунтовано необхідність розвитку цифрових екосистем як чинника підвищення конкурентоспроможності морської логістики України, оптимізації вантажопотоків і забезпечення стійкості транспортної інфраструктури в сучасних умовах.*

Проблематика дослідження. У сучасних умовах цифрової трансформації та розвитку глобальних транспортно-логістичних мереж особливої актуальності набуває формування цифрових екосистем у сфері морської логістики. Зростання вимог до ефективності перевезень, прозорості логістичних процесів і швидкості

обробки вантажів зумовлює необхідність впровадження цифрових технологій у систему морських перевезень. Для України розвиток цифрових екосистем є стратегічно важливим у контексті євроінтеграції, трансформації транспортних коридорів та забезпечення стійкості морської інфраструктури в умовах сучасних викликів.

Питання розвитку логістичних систем, цифровізації транспортних процесів і функціонування морської логістики досліджували українські та зарубіжні науковці, зокрема Н.Т. Гринів, К.В. Скопцов, О.І. Петренко [1], О.М. Кібік, Є.В. Рединa, К.В. Белоус [2], Zhongxiu Peng, Yuzhe Zhao, Theo Notteboom, Jingmiao Zhou [3].

Попри значну кількість наукових праць, питання розвитку цифрових екосистем у сфері морської логістики України залишаються недостатньо дослідженими, особливо в аспекті інтеграції цифрових платформ, Smart Logistics-рішень та забезпечення стійкості морської транспортної інфраструктури.

Основні матеріали дослідження. У сучасних умовах цифровізації світової економіки морська логістика зазнає суттєвих трансформацій, пов’язаних із впровадженням цифрових технологій та інтегрованих інформаційних рішень. Розвиток цифрових екосистем у сфері морської логістики є одним із ключових напрямів підвищення ефективності транспортно-логістичних процесів, забезпечення прозорості перевезень та оптимізації управління вантажопотоками [1]. Особливого значення це набуває для України в умовах трансформації міжнародних транспортних коридорів, розвитку мультимодальних перевезень та необхідності забезпечення стійкості транспортної інфраструктури.

Цифрові екосистеми у сфері морської логістики являють собою інтегроване інформаційне середовище, яке об’єднує морські порти, перевізників, логістичних операторів, митні служби та інших учасників транспортно-логістичного ланцюга [2]. Використання цифрових платформ, автоматизованих систем управління та Smart Logistics-рішень забезпечує оперативний обмін

інформацією, координацію логістичних процесів і підвищення ефективності морських перевезень.

Важливим напрямом розвитку цифрових екосистем є впровадження технологій Big Data, Internet of Things (IoT), blockchain та штучного інтелекту. Використання таких технологій дозволяє здійснювати моніторинг вантажопотоків у режимі реального часу, прогнозувати логістичні ризики, оптимізувати транспортні маршрути та скорочувати час обробки вантажів у морських портах. Крім того, цифровізація логістичних процесів сприяє підвищенню рівня прозорості транспортних операцій та ефективності управління ланцюгами постачання [3].

Архітектуру цифрової екосистеми морської логістики України представлено на рис. 1.

Рис. 1 – Архітектура цифрової екосистеми морської логістики України

Практичний аспект розвитку цифрових екосистем у сфері морської логістики України підтверджується сучасними процесами цифрової модернізації портової галузі.

Основні цифрові рішення та їх практичне значення для розвитку морської логістики України наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Цифрові рішення у сфері морської логістики України та їх практичне значення

Цифрове рішення	Сфера застосування	Практичний ефект	Значення для морської логістики
DocPort	Автоматизація портового документообігу	Скорочення часу обробки документів	Підвищення швидкості портових операцій
Maritime Single Window	Електронна взаємодія суден, портів і державних органів	Спрощення митних і портових процедур	Зниження бюрократичного навантаження
Smart Port-технології	Управління портовою інфраструктурою	Оптимізація вантажопотоків	Підвищення ефективності роботи портів
IoT-моніторинг вантажів	Контроль переміщення вантажів у реальному часі	Підвищення прозорості перевезень	Мінімізація логістичних ризиків
AI та Big Data	Прогнозування логістичних процесів	Оптимізація маршрутів і ресурсів	Підвищення адаптивності логістичних систем
Digital Supply Chain	Інтеграція учасників логістичного ланцюга	Синхронізація транспортних операцій	Формування цифрової логістичної екосистеми

У 2025 році Адміністрація морських портів України представила результати впровадження електронної системи управління портом DocPort, яка забезпечує автоматизацію документообігу та цифрову взаємодію учасників морських перевезень [4]. Крім того, Україна розпочала впровадження системи Maritime Single Window («Єдине морське вікно») для електронного обміну даними між суднами, портами та державними органами, що сприятиме скороченню часу обробки суден і підвищенню прозорості портових процедур [5].

Станом на 2026 рік морські порти України демонструють високий рівень адаптивності до сучасних викликів. За офіційними даними Міністерства розвитку громад та територій України, у 2025 році українські морські порти забезпечили перевалку 82,2 млн тонн вантажів, що становить понад 95 % від запланованого обсягу, а контейнерні перевезення зросли на 66 % порівняно з попереднім роком [6]. Це свідчить про поступове відновлення морської логістики та необхідність подальшої цифрової інтеграції транспортно-логістичних процесів.

У країнах Європейського Союзу активно впроваджуються концепції Smart Port та Digital Supply Chain, орієнтовані на створення інтелектуальної портової інфраструктури та інтегрованих цифрових платформ. Дослідження сучасних Smart Port Clusters демонструють, що інтеграція AI, IoT, цифрових двійників (Digital Twin) та автоматизованих систем управління дозволяє знижувати операційні витрати, оптимізувати вантажопотоки та підвищувати стійкість портової інфраструктури [7].

Висновки. Таким чином, розвиток цифрових екосистем у сфері морської логістики України є важливим чинником підвищення ефективності транспортно-логістичних процесів, забезпечення стійкості морської інфраструктури та інтеграції України до глобального транспортного простору. Використання цифрових платформ, Smart Logistics-рішень та інтегрованих інформаційних систем сприятиме підвищенню конкурентоспроможності морської логістики України в сучасних умовах.

Список використаних джерел

1. Гринів Н.Т., Скопцов К.В., Петренко О.І. Розвиток морських портів: світові практики та основні уроки. Економіка та суспільство. Випуск 40. 2022. с. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-53

2. Кібік О. М., Редіна Є.В., Белоус К.В. Передумови розвитку інноваційного потенціалу структур морського бізнесу Причорноморського регіону. Причорноморські економічні студії. 2020. № 54. https://doi.org/10.32843/bses.54-27

3. Zhongxiu Peng, Yuzhe Zhao, Theo Notteboom, Jingmiao Zhou. Pathways to zero-carbon shipping: life cycle assessment of energy transition system configurations for container ships. Ocean engineering: an international journal of research and development. Oxford: 2026. p. 1-24. https: //doi.org/10.1016/J.OCEANENG.2026.124506

4. Цифровізація, інвестиції, модернізація: ключові домовленості щодо українських портів на URC2025. URL: https://www.uspa.gov.ua/news/urc2025.

5. Міжнародна морська організація допоможе Україні модернізувати порти: що зміниться. URL: https://delo.ua/news/miznarodna-morska-organizaciya-dopomoze-ukrayini-modernizuvati-porti-shho-zminitsya-464127.

6. Морські порти України у 2025 році виконали план перевалки більш ніж на 95% попри інтенсивні атаки на інфраструктуру. URL: https://mindev.gov.ua/news/morski-porty-ukrainy-u-2025-rotsi-vykonaly-plan-perevalky-bilsh-nizh-na-95-popry-intensyvni-ataky-na-infrastrukturu

7. Review of maritime transport 2025. URL: https://unctad.org/publication/review-maritime-transport-2025

ЗМІСТ

Moisa A., Kichkina O.I. TRANSPORT SUPPORT OF ROLLING EQUIPMENT IMPORTS TO UKRAINE 3
Tykhonina I. SPECIFIC FEATURES OF STOWING TIMBER CARGO ON THE VESSEL'S DECK 6
Tykhonina I. SEA CARRIAGE OF DANGEROUS CARGOES – GENERAL AND SPECIFIC TERMS 9
Yeriutin D.O., Klymenko V.V. TRANSFORMATION OF THE AIRLINE OPERATING MODEL IN THE CONTEXT OF THE ENERGY CRISIS AND ENVIRONMENTAL LIMITATIONS 12
Бандрівський П.П., Возняк О.М. МОДЕЛЮВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ У ПРИМІСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ 17
Бондаренко А.А., Кічкіна О.І. ВПЛИВ КОЛИВАНЬ ЦІН НА ПАЛИВО НА ЕФЕКТИВНІСТЬ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ 20
Боровик С.С. Кравченко О.А. СВІТОВИЙ КОНТЕЙНЕРНИЙ ФЛОТ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ 24
Гільдєєв Д.О., Онищенко С.П. КОНЦЕПЦІЯ ВРАХУВАННЯ ВИКИДІВ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ 29
Добровольський О.В. ФОРМУВАННЯ ПІДХОДІВ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ У ПРИМІСЬКОМУ ЗАЛІЗНИЧНОМУ СПОЛУЧЕННІ 34
Дрожжин О. Л. МЕТОДИЧНІ ЗАСАДИ РОЗРАХУНКУ НАДБАВКИ ДО ФРАХТУ EMERGENCY FUEL SURCHARGE 36
Заверкін А.В., Кузьменко С.В., Климаш А.О., Марченко Д.М. АНАЛІЗ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ 39
Загорянський В. Г. СПЕЦИФІКА ЇСТІВНОЇ УПАКОВКИ В КОНТЕКСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ 43
Киман А.М. АНАЛІЗ ТЕОРЕТИЧНИХ І ПРАКТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ МЕРЕЖІ 46

Кириллова О.В., Кириллова В.Ю. ТРІАДНА МОДЕЛЬ РОЗВИТКУ ПОРТОВИХ СИСТЕМ: ВІД КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПІДХОДУ ДО АНАЛІТИЧНОЇ ІНТЕРПРЕТАЦІЇ 52
Кириллова О.В., Кириллова В.Ю.Бєлєй Є.А. СИТУАТИВНА ТРАНСФОРМАЦІЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ РОЛІ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ ТА ЇХ БІЗНЕС-МОДЕЛЕЙ У СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ..... 57
Кириллова О.В., Магамадов О.Р., Павлова Н.Л., Кириллова В.Ю. СУЧАСНА ПАРАДИГМА ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ, ЗДАТНИХ ДО ЕФЕКТИВНОГО КЕРІВНИЦТВА ПОРТОВОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ В УМОВАХ ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ 64
Кириллова О.В., Ромах В.Л. КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ПОДОЛАННЯ РОЗБІЖНОСТЕЙ У ВИЗНАЧЕННІ РОЛІ «DRY PORT» У СИСТЕМІ ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ МОРСЬКИХ ПОРТІВ..... 71
Клюєв С.О., Гордієнко С.О. ВПЛИВ ВОЄННИХ ДІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАНСПОРТ УКРАЇНИ..... 76
Коваль Ю.П. , Дорощук В.О., ОРГАНІЗАЦІЙНО-УПРАВЛІНСЬКІ ЗАСАДИ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ ЛОГІСТИЧНИХ МАРШРУТІВ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА 81
Ковальчук В.В., Лесів Ю.З. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ТА ЗМІНИ ПІШОХІДНИХ ПОТОКІВ ПРИ ПЕРЕТИНІ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІЙ ЗАЛЕЖНО ВІД ТИПУ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПІШОХІДНИХ ПЕРЕХОДІВ 84
Корнієць Т.Є., Мошнянський О.А. ЩОДО ОЦІНКИ ВПЛИВУ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ НА ЯКІСТЬ КАРБАМІДУ 88
Коробкова З.С. ВПЛИВ МИТНИХ ПРОЦЕДУР НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ 92
Кудряшов Д.В. ЛОГІСТИЧНІ БАР'ЄРИ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ В УМОВАХ НЕРІВНОМІРНОГО ПОПИТУ ТА ШЛЯХИ ЇХ ПОДОЛАННЯ 94

Кулешов В.В. ДО ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНОЇ СТАНЦІЇ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМ ПАРКОМ РІЗНИХ ВЛАСНИКІВ..... 98
Ларіна І.М., Решетков Д.М. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ І ПЕРСПЕКТИВ ЦИФРОВОГО ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ В МОРСЬКИХ ПОРТАХ УКРАЇНИ 102
Літачевський В.В., Шпак Н.Г. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВПРОВАДЖЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО КЛІЄНТООРІЄНТОВАНОГО МЕТОДУ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖОПОТОКІВ 105
Лебідь І.Г., Лебідь Є.М., Лужанська Н.О., Михайленко І.В. ЗАСТОСУВАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ 109
Мироненко В. К., Іродовська Н. Ю. ТРАНСФОРМАЦІЯ ПРАВОВОГО СТАТУСУ МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО ОПЕРАТОРА В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ДОКУМЕНТООБІГУ 114
Магамадов О. Р. ЗАСТОСУВАННЯ МОДЕЛЕЙ ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ДЛЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНУВАННЯ ОБРОБКИ СУДЕН 117
Магамадов О.Р. ОБГРУНТУВАННЯ ПІДХОДУ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В УПРАВЛІННЯ ПОРТАМИ УКРАЇНИ 123
Макарець В.В., Марченко М.П. ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ІТ-РІШЕНЬ……123
Мацюк В.І., Циганій С.В., Каламбет А.І. ПРОБЛЕМАТИКА ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ АВІАЦІЙНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ..... 131
Михайлов Є.В. ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛІВ..... 135
Нєженцев О.Б. ДИНАМІЧНИХ ЗУСИЛЛЯ, ЩО ДІЮТЬ НА ВАНТАЖ ПРИ РОЗГОНІ МОСТОВОГО КРАНА З ЧАСТОТНИМ КЕРУВАННЯМ 140

Новальська Н.І., Білоус Т. М., Дунаєва А. В. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ РИНКУ ПАСАЖИРСЬКИХ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ 144
Павлова Н.Л. ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ЯК ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МОРСЬКИХ ПОРТІВ ТА МЕХАНІЗМИ ЇЇ РЕАЛІЗАЦІЇ..... 148
Павлова Н.Л., Овсяник В.О. ТРАНСФОРМАЦІЯ ЕКСПЕДИТОРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ В КОНТЕЙНЕРНІЙ ЛОГІСТИЦІ: СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ..... 153
Павлова Н.Л., Уваров М.С. ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МОРСЬКИМИ ВАНТАЖНИМИ ТЕРМІНАЛАМИ НА ЗАСАДАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ТА LEAN MANAGEMENT 157
Перепічко М.Є., Самойловська В.П. АНАЛІЗ ЗАВДАНЬ ТРНАСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ ІНТЕГРАЦІЇ СИСТЕМИ «ПОРТ-ІНДУСТРІАЛЬНИЙ ПАРК» 162
Пилипенко О.В., Кореніцин О.С. СТРАТЕГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ІНТЕГРАЦІЇ КЛІЄНТООРІЄНТОВАНИХ МЕХАНІЗМІВ У МУЛЬТИМОДАЛЬНІ ЛОГІСТИЧНІ СИСТЕМИ 166
Писарчук В.Р. , Дорощук В.О. ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ У РОЗДРІБНУ МЕРЕЖУ 171
Пітерська В.М. МЕХАНІЗМИ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ У СИСТЕМІ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ..... 174
Плакида Д.Ю. Кічкіна О.І. АДАПТУВАННЯ МАРШРУТІВ ПОСТАЧАННЯ ІМПОРТНО-ЕКСПОРТНИХ ВАНТАЖІВ В УМОВАХ ВІЙНИ..... 179
Решетков Д.М., Павлова Н.Л. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗАТОРІВ У МОРСЬКОМУ ПОРТУ НА ЙОГО ПРОПУСКНУ СПРОМОЖНІСТЬ 182
Рибальченко Л.І. МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВИТРАТ І ЧАСУ ДОСТАВКИ..... 187

Сільванська Г.М., Деордєєва А.Є. СТОХАСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА УПРАВЛІННЯ РЕНТАБЕЛЬНІСТЮ RO-PAX ПЕРЕВЕЗЕНЬ: КЕЙС СУДНА «SANTOÑA» 189
Сотник В.О., Щебликіна О.В. ВИКОРИСТАННЯ NLP (NATURAL LANGUAGE PROCESSING) ДЛЯ АНАЛІЗУ ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ТА ЖУРНАЛІВ ВІДМОВ..... 195
Сумець О.М. ІДЕНТИФІКАЦІЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ЛОГІСТИЧНІ ПРОЦЕСИ ТОРГОВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ 202
Супринович В.П., Кічкіна О.І. АДАПТИВНИЙ ПІДХІД ДО ПЛАНУВАННЯ ПРОЦЕСУ ПОСТАЧАННЯ МЕТАЛОВИРОБІВ НА ЕКСПОРТ ЧЕРЕЗ ПОРТ..... 205
Тарасенко Д.В. ОПТИМІЗАЦІЯ МІЖПОЇЗДНИХ ІНТЕРВАЛІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ДІЛЬНИЦЯХ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ БЛОК-ДІЛЬНИЦЬ..... 209
Тихонін В. І., Тихоніна І.І. ЗАСТОСУВАННЯ ДЕРАТИЗАЦІЇ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ВАНТАЖІВ МОРЕМ 216
Ушаков А.М., Баркалова Н.О., Вернигора Р. В. ПРОБЛЕМИ ПЕРЕРОБКИ КОНТЕЙНЕРІВ В МОРСЬКИХ ПОРТАХ УКРАЇНИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ 221
Харченко Д.Р., Прохорченко А.В. РОЗРОБКА ФУНКЦІЇ КОРИСНОСТІ ПЕРЕВІЗНИКА ПРИ РОЗПОДІЛІ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЗАЛІЗНИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В МОДЕЛІ ШТАКЕЛЬБЕРГА 225
Хітров І.О. ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ЗА РАХУНОК ОПТИМІЗАЦІЇ СИСТЕМ КРІПЛЕННЯ ТА РОЗМІЩЕННЯ 230
Худяков І.В., Грицук І.В., Погорлецький Д.С. МОНІТОРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК СУДЕН ЗМІШАНОГО РАЙОНУ ПЛАВАННЯ «РІКА-МОРЕ»..... 233
Шандер О.Е. НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ВІЙНИ І ПІСЛЯВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ .. 242

Kyrychenko K. STRESS REACTIONS AND SHIPPING SAFETY: FEATURES OF DECISION-MAKING BY CADET SAILORS 248
Fomin O.V., Burlutskyi O.V., Klymash A.O. ANALYSIS OF TRENDS IN THE EVOLUTION OF GOODS VEHICLES BASED ON TIME-SERIES FORECASTING OF PATENT DATA. 251
Бондаренко В.В., Черняєв Р.І., Цидибрага Г.К., Водоп'ян О.В. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА 255
Візняк Р.І. РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ПІВВАГОНА НОВОГО ПОКОЛІННЯ З ГЛУХИМ КУЗОВОМ, ПРИ РОЗВАНТАЖЕННІ НА СТАЦІОНАРНОМУ РОТОРНОМУ ВАГОНОПЕРЕКИДАЧІ 260
Віценюк Ю.В., Лабуда М.Р., Фалендиш А.П. ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВОЗА М62 ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДИЗЕЛЯМИ CAT АБО EMD 263
Воробйов О.В., Ігнатов Д.В. РАЦІОНАЛЬНІ СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС ПРИ НАДНОРМАТИВНОМУ ЗНОСІ ГРЕБЕНЯ 267
Дьомін Р.Ю., Дьомін Ю.В. ВАРІАНТ УНІФІКОВАНОГО ПРОФІЛЮ ПОВЕРХОНЬ КОЧЕННЯ КОЛІС РОЗСУВНИХ КОЛІСНИХ ПАР РІЗНИХ СИСТЕМ 272
Каграманян А.О., Аракелян Т.А. КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ СУЧАСНОГО СТАНУ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ СПИРАННЯ КОТЛІВ ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН 276
Кічкіна О.І., Філіпова В.Ю. РОЗВИТОК МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В ОДЕСІ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ 281
Ковальчук Р.М., Климаш А.О., Ворох А.О., Зарайська Я.М. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В ЯКОСТІ ПАЛИВА ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ 286
Ковтанець М.В., Могила В.І., Бурейка Г., Плотніков В.Д. ПОЛІПШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ РУХОМОГО СКЛАДУ 291

Ковтанець М.В., Могила В.І., Сладковський О.В., Кравченко К.О. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФРИКЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ КОЛІС З РЕЙКАМИ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ 297

Левашова Д.Д., Михайлова Ю.В. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НА ВОДНОМУ ТРАНСПОРТІ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ КЛІМАТИЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ 304

Могила В.І., Ковтанець М.В., Сергієнко О.В., Плотніков В.Д., Тарасов Д.В. ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕПЛОВОЗНИХ ДИЗЕЛІВ У СУЧАСНИХ УМОВАХ 308

Могила В.І., Ковтанець М.В., Плотніков В.Д., Богданова К.С. ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОЛІСНИХ ПАР РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ 318

Кривуля П.В., Бурко Я.В., Кривуля В.П. ТРАНСПОРТНА СІНДИНІКА – АКТУАЛЬНІСТЬ ВІД РІВНЯ СУБ'ЄКТІВ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ДО РІВНЯ МІЖНАРОДНИХ ВІДНОСИН..... 325

Кузьменко С.В., Мілов С.О., Ніконець А.О. ДОСЛІДЖЕННЯ КОНВЕКТИВНОГО ТЕПЛООБМІНУ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА В ЗАМКНЕНІЙ СФЕРИЧНІЙ ОБЛАСТІ ПРИ НИЖНЬОМУ РОЗТАШУВАННІ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ 330

Кухарський В. В., Нестьогін Є. О., Сінчура С. В. СУЧАСНІ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ВУЗЛІВ ЛОКОМОТИВІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ..... 337

Ловська А. О., Равлюк В. Г., Скуріхін Д. І., Рибін А. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЗДОВЖНЬОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ МОДЕРНІЗОВАНОЇ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ НАПІВВАГОНА ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДОВГОМІРНИХ ВАНТАЖІВ..... 340

Ловська А. О., Рибін А. В., Мурадян А.О., Волошин І.О. АНАЛІЗ МІЦНОСТІ КУЗОВА НАПІВВАГОНА ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ ЗАЛІЗНИЧНИМ ПОРОМОМ 343

Ловська А.О. ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ХВИЛЬОПОДІБНИХ ЛИСТІВ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБШИВКИ СТІН НАПІВВАГОНІВ 348
Плекан У.М. РОЛЬ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ В ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИМІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ 352
Сакно О.П., Клещевников Д.В., Переверзєв Є.М., Медведєв Є.П. ДОСВІД СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ДІАГНОСТИКИ АВТОМОБІЛІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ 355
Семененко Ю.О., Середа О.Г., Семененко О.Д. ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ ПОШКОДЖЕННЯ ЗОВНІШНІХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ЗАЛІЗНИЦЬ 359
Скуріхін Д.І., Ловська А.О., Равлюк В.Г., Рибін А.В., Бондаренко В.В. ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ АНАЛІЗУ СПЕКТРОГРАМ АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ ВЗАЄМОДІЇ КОЛЕСА І РЕЙКИ 363
Фомін О.В., Прокопенко П.М. ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПЕРЕД ДОПУСКОМ ЇХ ДО ЕКСПЛУАТАЦІЇ 368
Фомін О.В., Козинка О.С., Безлуцький В.О. ВПЛИВ МУЛЬТИФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ПОЛІКАРБОНАТУ НА ПАРАМЕТРИ ДЕМПФУВАННЯ ТА ЖОРСТКОСТІ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ 373
Фомін О.В., Терещук М.П. РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОСТОРОВОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ РАМИ ДРЕЗИНИ ВАНТАЖНОЇ КРАНОВОЇ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РІЗНИХ РЕЖИМІВ НАВАНТАЖЕНЬ 377
Хара М.В., Макогон І.О., Коваленко М.С. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРКУ ВАГОНІВ-ХОПЕРІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА 380
Чуйко С.П. АНАЛІЗ РИЗИКІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ У ВОЄННИЙ СТАН 382

Шамов О.В., Шамов В.В. СУДНОВІ ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ ВНУТРІШНЬОГО ВОДНОГО ТРАНСПОРТУ: СТАН, ПЕРЕСПЕКТИВИ ТА ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ 387
Шевченко С.І., Полупан Є.В. АНАЛІЗ ДЕФОРМАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВУГЛЕЦЬ-ВУГЛЕЦЕВИХ ФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ 390
Фомін О.В., Баранов І.О., Сорока С.І., Мірошникова М.В. НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВУЗЛІВ РУХОМОГО СКЛАДУ 396
Білошицька Н.І., Татарченко Г.О., Білошицький М.В., Уваров П.Є. МІСЬКА МОБІЛЬНІСТЬ ЯК ТЕНДЕНЦІЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ 399
Будник А.О. ОЦІНКА ГЕОМЕТРИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МАГІСТРАЛЬНИХ МАРШРУТІВ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ КИЄВА 404
Михайлов Є.В., Богданова О.В. ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПАСАЖИРІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ВОКЗАЛАХ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО ЧАСУ..... 408
Павловська Л.А., Єгорова Л. В. ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНОЮ ІНФРАСТРУКТУРОЮ..... 413
Kichkin O.V., Kichkina O.I., Micah Vodolazskyy APPLICATION OF CAPTIVE INSURANCE FOR MOTOR TRANSPORT RISKS IN INTERNATIONAL TRANSPORTATION..... 417
Балобанов О.О. ДО ПИТАННЯ ІМПЛЕМЕНТАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ НОРМ З ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ..... 420
Бурко Я.В., Бурко А.Я. СМАРТ-КОНТРАКТИ У МОДЕЛІ ПРЯМОЇ ВЗАЄМОДІЇ ЗАМОВНИКА І ПЕРЕВІЗНИКА..... 425
Бурко Я.В., Кривуля П.В., Бурко А.Я. ТРАНЗАКЦІЙНІ ЗАТРАТИ ЯК ЧИННИК ЗНИЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ 429

Бурко Я. В., Кушнір Ю.Л. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ЦИФРОВОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА 434
Допілка В.О., Власенко Д.Д. МУЛЬТИМОДАЛЬНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ: ШЛЯХ ДО ГАРМОНІЗАЦІЇ З ПРАВОМ ЄС. 439
Крамський С.О. ТРАНСФОРМАЦІЯ ЛОГІСТИКИ ВАНТАЖНІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ В УМОВАХ ЕКОНОМІЧНОЇ ТУРБУЛЕНТНОСТІ В УКРАЇНІ 443
Пальченко А.А. СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ В ПРАВОВОМУ ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ 445
Плекан В.І. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ 450
Скапровська О.О., Петренко О.І. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УМОВАХ ЗМІН ВАЛЮТНОГО КУРСУ 453
Кічкін О.В., Кічкіна О.І. ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПРОЦЕСАХ АНАЛІЗУ, ІНТЕРПРЕТАЦІЇ ТА ОБРОБКИ ТРАНСПОРТНИХ ДОКУМЕНТІВ. 458
Прохоров В.М. СИНХРОНІЗАЦІЯ ВЗАЄМОДІЇ МОРСЬКОГО ТА ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ В ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКАХ ПОРТОВИХ ВУЗЛІВ НА ОСНОВІ VCG-ГРАФІВ 462
Шкурко Є.Л. РОЗВИТОК ЦИФРОВИХ ЕКОСИСТЕМ У СФЕРІ МОРСЬКОЇ ЛОГІСТИКИ УКРАЇНИ 465