



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ



ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

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

22 травня 2025 р.



Україна, Київ – Одеса

Транспорт: наука та практика: Збірник наукових праць IV-ї міжнародної науково-практичної конференції, Київ – Одеса, 22 травня 2025 р. – м. Київ: СКУ ім. В. Даля, 2025. – 411 с.

Співголови оргкомітету конференції:

Поркуян О.В.	д.т.н., проф., ректор, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Київ, 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
Кириллова О.В.	д.т.н., проф., завідувач кафедри експлуатації портів і технологія вантажних робіт, Одеський національний морський університет, Одеса, Україна

У збірнику представлені наукові праці IV 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 (СКУ ім. В. Даля), м. Київ та кафедри експлуатації портів і технології вантажних робіт Навчально-наукового інституту морського бізнесу Одеського національного морського університету за участю таких вітчизняних та зарубіжних установ та навчальних закладів: Міністерство освіти і науки України, ДНУ «Інститут модернізації змісту освіти», Київський інститут залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, Україна, Український державний університет залізничного транспорту, Україна; Brno University of Technology, Чеська Республіка; Vilnius Gediminas Technical University, Литва; University of Žilina, Словаччина; Silesian University of Technology, Польща; Transport company AVA Carrier LLC, Lincoln, NE, USA

Електронне збірник містить результати досліджень здобувачів вищої освіти, аспірантів, викладачів та науковців за напрямками: 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 656.13

М.В. Бабій¹, к.т.н., доц.,

В.А. Бабій², здоб. освіти,

У.М. Плекан¹, к.е.н., доц.

¹Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

²Національний університет «Львівська політехніка», Україна

**СПОСОБИ ДОСЯГНЕННЯ РАЦІОНАЛІЗАЦІЇ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРИ
ЕФЕКТИВНОМУ УПРАВЛІННІ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ**

***Анотація.** Раціоналізація перевезень є ключовим завданням сучасної логістики, оскільки ефективно управління транспортними потоками забезпечує зниження витрат, скорочення часу доставки та зменшення негативного впливу на довкілля. Аналіз існуючих підходів показує, що досягнення раціональності можливе через оптимізацію маршрутів, ефективне використання транспортних засобів, автоматизацію процесів і впровадження цифрових технологій. Сучасні практики застосовують системи управління перевезеннями (TMS), що дозволяють значно підвищити продуктивність, знижуючи кількість холостих рейсів та забезпечують прозорість процесів. Водночас швидкий розвиток транспортних технологій вимагає адаптації до змінних умов ринку.*

Однією з головних проблем при здійсненні перевезень є нерівномірний розподіл транспортних потоків, що призводить до заторів, перевантаження інфраструктури та додаткових витрат. Відсутність достатньої координації між різними видами транспорту знижує ефективність мультимодальних перевезень. Крім того, не всі перевізники мають доступ до сучасного програмного забезпечення або інноваційного обладнання, що ускладнює інтеграцію новітніх рішень у робочі процеси. Екологічний аспект також залишається актуальною проблемою, оскільки традиційні види транспорту значною мірою впливають на клімат через високі викиди вуглецю.

Рационалізація перевезень у сучасній транспортній галузі передбачає комплексне впровадження новітніх технологій, що змінюють традиційні підходи до організації логістичних процесів. У центрі таких трансформацій – застосування геоінформаційних систем та алгоритмів машинного навчання, які забезпечують побудову динамічних, адаптивних маршрутів. Вони дають змогу враховувати в реальному часі численні чинники – стан дорожнього покриття, погодні умови, рівень завантаження дорожньої мережі і тим самим оптимізувати використання транспортних ресурсів. Значну роль відіграє також інтеграція систем моніторингу транспорту, що забезпечує контроль за виконанням рейсів і дозволяє оперативно реагувати на непередбачувані ситуації, такі як затори, аварії чи відхилення від маршруту. Впровадження інтелектуальних платформ для управління транспортними потоками створює єдиний інформаційний простір, де всі учасники перевізного процесу – перевізники, вантажовідправники та вантажоодержувачі діють скоординовано. Такий підхід сприяє підвищенню точності та надійності перевезень, зниженню витрат, а також формуванню гнучкої та стійкої транспортної інфраструктури, здатної адаптуватися до викликів сучасної логістики.

Подолання викликів, пов'язаних із раціоналізацією перевезень, вимагає системного підходу, в основі якого злагодженість інфраструктурних, технологічних та екологічних рішень. Одним із ключових напрямів виступає розвиток мультимодальних транспортних коридорів, які відкривають можливість максимально ефективного використання потенціалу кожного виду транспорту залежно від специфіки маршруту, обсягів перевезень і логістичних вимог. Це не лише сприяє рівномірному розподілу навантаження між транспортними системами, а й дозволяє скорочувати витрати часу та ресурсів на доставку. Водночас дедалі більшої актуальності набуває поступова відмова від традиційних джерел енергії на користь електрифікованих і альтернативних транспортних засобів, що позитивно впливає на зменшення рівня викидів і забезпечує відповідність екологічним стандартам. Важливим кроком у цьому процесі є створення єдиного цифрового середовища, яке дозволяє інтегрувати дані про всі етапи перевезень від формування маршрутів і моніторингу

транспортних засобів до управління вантажопотоками. Такий підхід підвищує прозорість і передбачуваність логістичних процесів. Паралельно з цим, стратегічні інвестиції в оновлення інфраструктури, включно з модернізацією наявних транспортних артерій та розвитком логістичних центрів нового покоління, створюють підґрунтя для стійкого зростання ефективності перевезень, підвищуючи адаптивність транспортної системи до змін зовнішнього середовища та потреб ринку.

Досягнення раціоналізації перевезень потребує цілісного бачення, що охоплює всі рівні функціонування транспортної системи від стратегічного планування до операційної реалізації. Комплексний підхід, який поєднує інноваційні технології з оптимізацією організаційних механізмів, створює основу для побудови ефективного, стабільного та екологічно відповідального транспортного середовища. У цьому контексті важливо не лише автоматизувати процеси чи впроваджувати цифрові рішення, а й забезпечити їх взаємодію в єдиній логістиці, де кожен елемент, починаючи від транспортного засобу до диспетчерського управління функціонує в узгодженій системі. Такий підхід сприяє раціональному використанню ресурсів, дозволяє зменшити експлуатаційні витрати та знизити ризики збоїв у перевізному процесі. В результаті підвищується не лише якість транспортних послуг, а й загальна конкурентоспроможність галузі в умовах динамічних змін і нових викликів, пов'язаних із урбанізацією, кліматичними змінами та зростанням обсягів перевезень.

Література

1. Розумний транспорт і логістика для міст : навчальний посібник / [авт. колектив: О.О. Лобашов, М.В. Ольхова, А.С. Галкін та ін.] – Житомир. 2021. – 612 с.
2. Лігум Ю.С. Інформаційні системи на транспорті: Навч.посібник. К.: УТУ, 2000.196 с.
3. Бабій М.В., Бісовський Н.М., Балацький С.С. Аналіз проблематики при взаємодії видів транспорту. Матеріали ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. Тернопіль : ТНТУ, 2020. Том 1. С. 153.

mvbabiy@ukr.net

vababii@ukr.net

uliana_plekan@ukr.net

УДК: 656.1

Бережняк І.А., студ.,

Блошкін М.І., студ.,

Сліпенький Є.Б., ст. викл.,

Дорощук В.О., ст. викл.

Національний університет водного господарства та природокористування

ВПЛИВ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ (ITS) НА ПРОЯВИ ПАРАДОКСУ БРЕСА

***Анотація.** В умовах відновлення та розвитку транспортної інфраструктури України з використанням ITS, дослідження парадоксу Бреса є особливо актуальним для запобігання неефективності. Проблематика дослідження полягає у встановленні характеру впливу інтелектуальних транспортних систем на феномен парадоксу Бреса в сучасних транспортних мережах.*

У сучасному світі питання ефективного функціонування транспортних систем набуває дедалі більшої актуальності, особливо в умовах стрімкої урбанізації та зростання навантаження на транспортну інфраструктуру. Важливим інструментом підвищення ефективності дорожнього руху стають інтелектуальні транспортні системи (ITS), які передбачають інтеграцію сучасних інформаційних технологій у процеси управління транспортом. Проте, поряд із позитивними ефектами, використання ITS може мати й парадоксальні наслідки, що проявляються, зокрема, у феномені, відомому як парадокс Бреса.

Сутність парадоксу Бреса полягає в тому, що покращення транспортної мережі, наприклад, шляхом додавання нової дороги, може призвести до збільшення загального часу в дорозі для всіх користувачів. Це контрінтуїтивне явище виникає через те, що кожен водій індивідуально намагається обрати

найшвидший маршрут, не враховуючи наслідки свого вибору для загального потоку транспорту (рис 1).



Рисунок 1 – Конфігурація теорії Бреса (A і B – широкі неперевантажені дороги, a і b – вузькі дороги, X – , дорога, яка забезпечує переміщення на інший маршрут)

Інтелектуальні транспортні системи, які включають системи навігації в реальному часі, управління потоками, адаптивне регулювання світлофорів, автоматичне виявлення заторів, можуть як зменшувати, так і посилювати прояви парадоксу Бреса. Впровадження ITS змінює інформаційне середовище, в якому діють водії, дозволяючи їм швидше реагувати на зміни ситуації на дорогах, проте це може призводити до одномоментної зміни напрямків великої кількості транспортних засобів у бік "найкоротшого" шляху, що посилює навантаження на ті ж самі шляхи.

З одного боку, ITS дозволяють оптимізувати розподіл транспортних потоків, забезпечуючи централізоване управління дорожнім рухом. Наприклад, адаптивні системи керування світлофорами враховують поточну інтенсивність руху, що дозволяє зменшити затори. Інформаційні табло, мобільні додатки, навігаційні системи спрямовують водіїв по менш завантажених маршрутах, знижуючи ймовірність виникнення критичних навантажень на певних ділянках.

З іншого боку, за відсутності координації між індивідуальними маршрутами, ITS можуть призводити до надмірної концентрації трафіку на тих дорогах, які система вважає найоптимальнішими, що і створює умови для

виникнення парадоксу Бреса. Таким чином, ефективність ITS у запобіганні цьому явищу залежить від рівня інтеграції систем управління рухом, а також від стратегій планування міської інфраструктури.

Особливу роль у мінімізації негативних ефектів парадоксу відіграють макроскопічні моделі трафіку, які використовуються ITS для прогнозування завантаження мереж. Вони дозволяють моделювати вплив змін у структурі дорожньої мережі на загальний час руху. У деяких випадках, завдяки таким прогнозам, можливо уникнути введення нових доріг, які погіршать ситуацію, або заздалегідь оптимізувати розміщення регуляторів руху.

Іншим інструментом боротьби з парадоксом Бреса є використання елементів керованого попиту, зокрема, диференційованих тарифів на проїзд, обмежень на в'їзд у певні зони, створення платних смуг для громадського транспорту. ITS дозволяють ефективно впроваджувати такі заходи, забезпечуючи автоматичне збирання даних і контроль за дотриманням правил.

Дослідження парадоксу Бреса також підтверджують важливість врахування соціально-поведінкових факторів у плануванні транспортної інфраструктури. ITS повинні враховувати не лише технічні аспекти, а й особливості поведінки користувачів, включаючи схильність до вибору певних маршрутів, рівень довіри до навігаційних систем, швидкість адаптації до змін.

Таким чином, для зменшення впливу парадоксу Бреса необхідно не лише впроваджувати ITS, а й застосовувати комплексний підхід до планування і управління транспортною мережею. Це включає інтеграцію інформаційних технологій, моделювання транспортних потоків, врахування поведінкових особливостей користувачів і економічних стимулів.

Отже, вплив інтелектуальних транспортних систем на прояви парадоксу Бреса є неоднозначним і залежить від рівня інтеграції технологій, ступеня централізованого управління рухом, а також від стратегії розвитку транспортної інфраструктури в цілому. В умовах зростаючої складності міських транспортних систем ITS можуть стати як ефективним інструментом покращення дорожньої

ситуації, так і чинником, що підсилює проблеми, якщо не враховувати системний підхід.

berezhniak_m21@nuwm.edu.ua

bloshkin_m24@nuwm.edu.ua

e.b.slipenkyi@nuwm.edu.ua

v.o.doroshchuk@nuwm.edu.ua

УДК 658.7:519.866

Загурський О.М. д.е.н., проф.

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНОГО СЕРВІСУ ЛАНЦЮГА ПОСТАЧАНЬ

***Анотація.** Процедура пошуку оптимального рішення, щодо необхідного рівня логістичного обслуговування в ланцюзі постачань, передбачає вибір (з безлічі можливих) значень показників логістичного сервісу та розробку моделей, що забезпечують формування максимального прибутку за дотримання встановлених обмежень.*

Проблематика. Взаємозалежність маркетингу та логістики проявляється при встановленні рівня логістичного сервісу, що надається в ланцюзі постачань в момент укладання угоди, а також після її завершення. Маркетинг встановлює значення низки показників логістичного сервісу, що характеризують його рівень. Заданий рівень сервісу реалізується логістичною системою підприємства, підрозділи якої відповідальні за досягнення цільових значень показників. І чим вище заданий рівень логістичного сервісу, тим вище спричинені ним загальні логістичні витрати. В ідеальному випадку в результаті взаємодії маркетингу та логістики мають встановлювати оптимальний рівень логістичного сервісу, моделюванню якого і присвячене наше дослідження.

Основні матеріали дослідження. Користуючись концептуальною постановкою задачі та структурною моделлю, нами сформульовано лінійну математичну модель оптимізації логістичного сервісу. Нижче представлені формули для розрахунку значень основних її компонентів. Так, формула для розрахунку прибутку торговельного підприємства:

$$TP = TR - TC \quad (1)$$

де TP – значення прибутку ланцюга постачань;

TR – значення виручки ланцюга постачань;

TC – значення загальних логістичних витрат ланцюга постачань.

Значення виручки з урахуванням її приросту від рівня логістичного сервісу обчислюється за формулою:

$$TR = Rb + \Delta R, \quad (2)$$

де Rb – значення виручки при реалізації логістичного сервісу на базовому рівні;

ΔR – сумарний приріст виручки, викликаний реалізацією логістичного сервісу відмінного від базового рівня.

Приріст виручки, забезпечений будь-яким значенням будь-якого з аналізованих показників логістичного сервісу, може бути розрахований наступним чином:

$$\Delta R_{ij}(S_{ij}) = Rb \times (K_{rij}(S_{ij}) - 1), K_{rij} > 0, \forall i \in \{1, \dots, n\}, \forall j \in \{1, \dots, m\} \quad (3)$$

де i – номер показника логістичного сервісу;

j – номер можливого значення показника логістичного сервісу;

ΔR_{ij} – приріст виручки, забезпечений j -им значенням i -ого показника логістичного сервісу;

S_{ij} – j -е значення i -ого показника логістичного сервісу;

K_{rij} – коефіцієнт, що відображає вплив j -ого значення i -ого показника логістичного сервісу на виручку;

n – кількість показників логістичного сервісу;

m – кількість можливих значень показників логістичного сервісу.

Сумарний приріст виручки залежить від вибору значення для кожного з показників логістичного сервісу:

$$\Delta R(x_{ij}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta R_{ij}(S_{ij}) \times x_{ij}, x_{ij} \in \{0,1\} \quad (4)$$

де x_{ij} – булева змінна, що відображає рішення про прийняття чи відмову від j -ого значення i -ого показника логістичного сервісу.

Значення загальних логістичних витрат розраховується як:

$$TC = TCb + \Delta TC, \quad (5)$$

де TCb – значення загальних логістичних витрат за реалізації логістичного сервісу на базовому рівні;

ΔTC – сумарний приріст загальних витрат, викликаний реалізацією фактичного логістичного сервісу від базового рівня.

Виходячи з цього приріст загальних витрат викликаний будь-яким значенням будь-якого з аналізованих показників логістичного сервісу, може бути розрахований наступним чином:

$$\Delta TC_{ij}(S_{ij}) = TCb \times (Kc_{ij}(S_{ij}) - 1), Kc_{ij} > 0, \forall i \in \{1, \dots, n\}, \forall j \in \{1, \dots, m\} \quad (6)$$

де ΔTC_{ij} – приріст загальних витрат, викликаний j -им значенням i -ого показника логістичного сервісу;

Kc_{ij} – коефіцієнт, що відображає вплив j -ого значення i -ого показника логістичного сервісу на загальні витрати.

При чому коефіцієнти Kr_{ij} і Kc_{ij} , які використовуються при розробці моделі оптимізації логістичного сервісу, набувають значення більше 1, якщо значення показника логістичного сервісу забезпечує зростання значення фінансового показника (виручки або загальних витрат), і знаходиться в межах від 0 до 1 у

іншому випадку. Базовим значенням показників логістичного сервісу відповідають коефіцієнти рівні 1.

Сумарний приріст загальних витрат залежить від вибору значення для кожного з показників логістичного сервісу:

$$\Delta TC(x_{ij}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta TC_{ij}(S_{ij}) \times x_{ij}, x_{ij} \in \{0,1\} \quad (7)$$

Вираз для розрахунку значення максимально допустимого приросту загальних витрат має такий вигляд:

$$\Delta TC_{max} = TC_{max} - TCb, 0 < TCb < TC_{max} \quad (8)$$

де ΔTC_{max} – максимально допустимий приріст загальних логістичних витрат;

TC_{max} – значення максимально допустимих загальних логістичних витрат.

Інтеграція розглянутих вище компонентів дозволяє розробити математичну модель оптимізації значень показників логістичного сервісу. Цільова функція якого у розгорнутому вигляді наступна:

$$\begin{aligned} TP(x_{ij}) = & Rb + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Rb \times (Kr_{ij}(S_{ij}) - 1) \times x_{ij} - \\ & - (TCb + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m TCb \times (Kc_{ij}(S_{ij}) - 1) \times x_{ij}) \rightarrow \max \end{aligned} \quad (9)$$

або в скороченому та приведенному до приросту прибутку вигляді:

$$\Delta TP(x_{ij}) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (\Delta R_{ij}(S_{ij}) - \Delta TC_{ij}(S_{ij})) \times 1 \times x_{ij} \rightarrow \max \quad (10)$$

де ΔTP – приріст прибутку ланцюга постачань за обмежень:

1) обмеження значень змінних

$$x_{ij} \in \{0,1\}, i \in \{1, \dots, n\}, j \in \{1, \dots, m\};$$

2) обмеження вибору єдиного із можливих значень для кожного

показника логістичного сервісу

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \quad \forall i \in \{1, \dots, n\}$$

3) обмеження приросту загальних витрат

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Delta TC_{ij}(S_{ij}) \times x_{ij} \leq \Delta TC_{\max}, \Delta TC_{\max} \geq 0$$

Висновки. Представлена модель є детермінованою лінійною статичною моделлю з булевими змінними. Вона допускає врахування значень низки показників логістичного сервісу, що виділяє їх серед розроблених раніше. Проте для отримання достовірного рішення потрібні точні вхідні дані, особливо що стосуються фактичних логістичних витрат. За необхідності почергового (поетапного) врахування показників логістичного сервісу оптимізаційна задача може бути представлена у вигляді моделі динамічного програмування, а рішення знайдено за допомогою рекурентних рівнянь.

Література

1. Zagurskiy O., Pokusa T., Duczmal M., Ohienko M., Zagurska S., Titova L., Rogovskii I. Ohienko A. Supply chain logistics service system: methods and models of its optimization. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole, 2022, 192.

2. Zagurskiy O., Savchenko L., Ohienko A., Zagurska S., Domin O. Methodology for the formation of the company's logistics service system. Proceedings of 23st International Scientific Conference Engineering for Rural Development 22-24.05.2024 Jelgava, LATVIA. 105-112. URL. <https://www.tf.lbtu.lv/conference/proceedings2024//>

zagurskiy_oleg@ukr.net

УДК 656.2

Киман А.М., докт., Краченко М.А., докт.,

Товстопят В.В., маг., Прохорченко А.В., д.т.н., проф.

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

АНАЛІЗ МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ ЗАЛІЗНИЧНОЇ МЕРЕЖІ В УМОВАХ ВИЯВЛЕННЯ ОБМЕЖЕНЬ ЇЇ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ

***Анотація.** Розглянуто європейський досвід правового регулювання доступу до перевантаженої залізничної інфраструктури та визначено його значення для формування ефективної політики розвитку залізничної мережі в Україні. Запропоновано адаптацію механізмів ЄС для запровадження прозорих та недискримінаційних підходів до управління пропускнуою спроможністю в національному законодавстві.*

Проблематика. Залізниця України відноситься до вертикально інтегрований систем, де управління рухом поїздів та інфраструктурою здійснюється в межах єдиного процесу. Така організація управління створює низку складнощів, зокрема відсутність прозорості при визначенні пріоритетності руху через ділянки з обмеженнями пропускнуої спроможності. Практика АТ “Укрзалізниця” показує, що для вирішення проблеми перевантаження інфраструктури часто застосовується перерозподіл вагонопотоків між паралельними напрямками згідно з Планом Формування Поїздів. Однак цей підхід спричиняє збільшення відстані перевезення для кружних маршрутів, що, в свою чергу, веде до здорожчання послуг для деяких вантажовідправників, порушуючи принципи конкуренції на ринку перевезень і створюючи дискримінаційні умови доступу до залізничної інфраструктури. Крім того, на сьогодні АТ “Укрзалізниця” не має чітких нормативно-правових зобов'язань щодо вирішення проблеми перевантаження інфраструктури чи інвестування у модернізацію ділянок з низькою пропускнуою спроможністю, що гальмує

ефективний розвиток мережі. Такий підхід є неприпустимим, оскільки не відповідає вимогам діючих залізничних Директив Європейського Союзу, яких Україна зобов'язана імплементувати у рамках асоціації з ЄС. Тому питання розробки та впровадження ефективних методів управління розвитком залізничної мережі в умовах виявлення обмежень пропускної спроможності є надзвичайно актуальним для забезпечення сталого та конкурентоспроможного розвитку залізничного транспорту в Україні.

Основні матеріали дослідження. Одним із сучасних і загальновизнаних підходів до управління розвитком залізничної мережі є впровадження нормативно-правових механізмів, закріплених у Директивах Європейського Союзу. Зокрема, важливе значення мають положення Директиви 2001/14/ЄС [2] першого залізничного пакета, а також Директиви 2012/34/ЄС [3], яка є оновленням попередніх норм. Україна взяла на себе зобов'язання імплементувати ці Директиви в рамках Плану імплементативних заходів Угоди про асоціацію з ЄС. Ключовим інструментом регулювання в умовах обмеженої інфраструктурної пропускної спроможності є процедура офіційного визнання певної ділянки мережі як перевантаженої інфраструктури. Відповідно до статті 47 Директиви 2012/34/ЄС: “1. Якщо після узгодження запитів на нитку графіка та консультацій з заявниками неможливо адекватно задовольнити запити на інфраструктурну пропускну спроможність, оператор інфраструктури має негайно заявити, що ділянка інфраструктури, на якій це сталося, є перевантаженою. Це також має бути зроблено для інфраструктури, на якій, можливо, очікується дефіцит пропускної спроможності найближчим часом.” У термінах Директиви [3], перевантажена інфраструктура – це така частина залізничної мережі, для якої попит на інфраструктурну пропускну спроможність стабільно перевищує її доступну пропозицію, навіть після оптимізації та погодження графіків.

В європейській практиці зразковим прикладом є діяльність оператора інфраструктури DB Netz AG у Німеччині. Відповідно до Розділу 58 закону

ERegG [4], після офіційного визнання перевантаженої інфраструктури, DB Netz AG протягом шести місяців проводить детальний аналіз пропускної спроможності. Далі, упродовж трьох місяців, розробляється план збільшення пропускної спроможності, який подається на розгляд Федеральному залізничному управлінню (EBA) та Федеральному мережевому агентству (BNetzA) [5]. Проєкт плану публікується на офіційному сайті, і користувачі мають змогу надати свої зауваження протягом одного місяця. Усі поточні плани з підвищення пропускної спроможності (Pläne zur Erhöhung der Schienenwegkapazität, PEK) знаходяться у відкритому доступі на вебсайті DB Netz AG.

Згідно зі статтею 51 Директиви 2012/34/ЄС, до змісту плану мають входити: - аналіз причин перевантаження; - прогноз розвитку руху поїздів; - технічні та організаційні обмеження розвитку; - варіанти підвищення пропускної спроможності та їхня вартість; - зміни у структурі зборів за інфраструктурний доступ (за потреби); - календарний план реалізації заходів. Чітке визначення та встановлення змісту плану формує для оператора інфраструктури довгострокові зобов'язання щодо розвитку залізничної мережі.

Висновки. Вище проведений аналіз нормативно-правових механізмів управління розвитком залізничної мережі в умовах обмеженої пропускної спроможності, зокрема на основі вимог Директив 2001/14/ЄС та 2012/34/ЄС доводить важливість для формування механізму розвитку залізничної мережі у довгостроковій перспективі. На основі вивчення європейської практики визнання частини інфраструктури перевантаженою на прикладі діяльності оператора DB Netz AG у Німеччині встановлено, що чинна система управління інфраструктурою в Україні є непрозорою, не містить інструментів обов'язкової модернізації вузьких місць мережі та створює ризики дискримінаційного доступу до інфраструктури. Важливим є існування нормативно закріпленої процедури визнання інфраструктури перевантаженою з подальшою розробкою обов'язкового плану підвищення пропускної спроможності. Це дозволяє

спрямовувати ресурси на розвиток критичних ділень та обґрунтовувати застосування спеціальних тарифів. Наявна практика АТ “Укрзалізниця”, що полягає у перерозподілі вагонопотоків, хоч і дозволяє знизити навантаження на окремі ділянки, водночас веде до підвищення витрат на перевезення та порушення конкуренції. Відсутність обов’язкових інвестиційних зобов’язань щодо усунення "вузьких місць" вимагає термінового перегляду існуючої моделі управління. Імплементація вимог Директив ЄС 2001/14/ЄС та 2012/34/ЄС, зокрема положень статей 47 та 51, є обов’язковою для України в рамках Угоди про асоціацію з ЄС. Впровадження цих положень в національне законодавство дозволить створити правові засади для застосування ефективних механізмів управління в умовах перевантаження інфраструктури.

kyman.am@kart.edu.ua

kravchenko.ma@kart.edu.ua

prokhorchenko@kart.edu.ua

УДК 656.025.4

Кириллова О.В., д.т.н., проф.,

Кириллова В.Ю., к.т.н.

Одеський національний морський університет, Україна

ЕВОЛЮЦІЯ РОЛІ ПОРТІВ У ГЛОБАЛЬНИХ ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАННЯ: КОНЦЕПТУАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ PORT-CENTRIC SUPPLY CHAINS

***Анотація.** У статті розкрито концептуальні засади формування порт-центричних ланцюгів постачання (Port-Centric Supply Chains) як прогресивної моделі розвитку глобальної та національної транспортної інфраструктури. Здійснено порівняльний аналіз ролі порту в транспортній науці та в сучасних підходах до управління ланцюгами постачання. Визначено нормативно-правові передумови впровадження цієї моделі в Україні, а також підкреслено роль приватних портів та індустріальних зон як ключових факторів трансформації портової*

системи. Обґрунтовано переваги *Port-Centric Supply Chains* у контексті підвищення ефективності вантажообробки, зниження витрат і забезпечення сталого розвитку морських портів.

Проблематика дослідження. Сучасна глобальна транспортна інфраструктура перебуває на етапі трансформації, зумовленої не лише впровадженням новітніх технологій, а й необхідністю перегляду традиційних моделей портового функціонування, зосереджених переважно на транзитно-складських та перевалочних операціях. Така класична модель портової діяльності, орієнтована виключно на перевалку та зберігання вантажів, поступово втрачає свою актуальність.

Одним із прогресивних підходів, що відповідає сучасним тенденціям, є порт-центровані ланцюги постачання (*Port-Centric Supply Chains*) - концепція, яка розглядає порт не лише як пункт перевалки, а як ключовий елемент організації товароруку та виробничо-розподільчих процесів підприємств. У межах цього підходу порт функціонує як стратегічний вузол транспортно-виробничої системи, до складу якої входять не лише інфраструктурні об'єкти для вантажообробки, а й індустріальні зони, виробничі підприємства та майданчики, складські комплекси і дистрибуційні центри [1].

Основні матеріали дослідження. У роботі [1] проаналізовано відмінності у розумінні сучасного порту з позицій транспортної науки та логістики. Підкреслено, що сприйняття ролі порту значною мірою залежить від наукового підходу, який визначає пріоритетність інфраструктурних, функціональних або технологічних аспектів його діяльності.

Так, у межах транспортної науки порт трактується як інфраструктурний елемент транспортної системи, що виконує функції перевалки та зберігання вантажів, обслуговування суден і забезпечення взаємодії різних видів транспорту. Крім того, порт може здійснювати інші види господарської діяльності, орієнтовані на задоволення потреб ринку транспортних послуг і учасників транспортного процесу.

Натомість концепція наскрізного управління матеріальними потоками, характерна для логістичного підходу, передбачає безперервний контроль переміщення товару одним суб'єктом - від постачальника до кінцевого споживача. Проте на практиці такий контроль часто переривається в момент, коли товар потрапляє на територію порту або портового терміналу, де управління ним переходить до портового оператора. У деяких випадках втрата контролю відбувається ще раніше - коли товар трансформується у вантаж, а відповідальність за нього переходить до перевізника, який є самостійним учасником ринку транспортних послуг. Це спричиняє фрагментацію відповідальності в ланцюгу постачання і позбавляє виробника можливості здійснювати повноцінне наскрізне управління матеріальним потоком, оскільки подальше його переміщення залежить від іншого учасника транспортного процесу.

Портовий оператор, як автономний суб'єкт ринку портових послуг, здійснює управління матеріальними потоками (у формі вантажів і вантажопотоків) у межах своєї компетенції. Його функції охоплюють планування, облік, контроль, аналіз та регулювання технологічних операцій, пов'язаних з обробкою вантажів, обслуговуванням суден, а також технічних засобів суміжних видів транспорту.

Проте, таке управління не є тотожним наскрізному управлінню, яке передбачає повний контроль на всіх етапах руху матеріального потоку - від відправника до кінцевого споживача.

Наскрізне управління можливе лише у разі, якщо портовий термінал є власністю виробничого підприємства або експлуатується на законних підставах як його структурний підрозділ. Таким чином, у логістичному контексті порт може виступати як інтегрований елемент логістичної системи підприємства, за умови його безпосереднього включення до виробничого процесу.

Попри наявність сучасних ІТ-рішень, більшість виробничих і торговельних підприємств не мають змоги впровадити та реалізувати повноцінне наскрізне

управління матеріальними потоками, оскільки контрактні обмеження, правова регламентація та розподіл відповідальності між учасниками транспортного процесу часто унеможливають таку інтеграцію.

Отже, роль порту або портового терміналу як інфраструктурного об'єкта, а також портового оператора, що ним управляє, насамперед визначається їхньою організаційною належністю [1]:

- œ якщо порт або портовий термінал перебуває у власності виробничого підприємства, він інтегрується до його логістичної системи як внутрішній структурний елемент;

- œ якщо ж порт або портовий термінал функціонує як незалежний суб'єкт господарювання, він виступає елементом транспортної системи, що забезпечує перевалку вантажів, але не належить до виробничо-логістичної структури підприємства.

Таке розмежування дозволяє формувати ефективні управлінські рішення щодо розвитку як транспортних, так і логістичних систем на глобальному рівні, з урахуванням специфіки їх функціональних ролей.

1. Теоретичні засади Port-Centric Supply Chains. Концепція Port-Centric Supply Chains представляє собою еволюційний розвиток класичних ланцюгів постачання, орієнтованих на максимальне наближення виробничих та логістичних потужностей підприємства до портової інфраструктури. Такий підхід дозволяє зменшити транспортні витрати, скоротити час перевалки вантажів і знизити адміністративні витрати. У межах цієї моделі порт перетворюється з класичного інфраструктурного вузла на багатофункціональний центр виробництва та розподілу. Модель Port-Centric Supply Chains має декілька ключових ознак:

- œ інтеграція портової інфраструктури з операційною діяльністю виробничих і торговельних компаній;

- œ створення індустріальних зон із розміщенням виробництва безпосередньо на територіях портів;

❧ оптимізація вантажопотоків за рахунок використання портових ресурсів, що дозволяє знизити витрати і зменшити час доставки.

Таким чином, порт перестає бути лише «воротами» зовнішньої торгівлі, перетворюючись на стратегічний виробничо-розподільчий кластер у структурі глобального ланцюга створення доданої вартості.

2. Нормативно-правові основи розвитку Port-Centric Supply Chains в Україні. Закон України «Про морські порти» формує правову основу для впровадження порт-центрованих ланцюгів постачання (Port-Centric Supply Chains). Зокрема, відповідно до статті 18, пункту 2, на територіях морських портів дозволяється розміщення підприємств, діяльність яких пов'язана з транспортуванням продукції або сировини [2]. Це положення створює нормативне підґрунтя для: розміщення виробничих підприємств у межах портових територій; формування індустріальних зон нового покоління; інтеграції транспортних, виробничих та дистрибуційних функцій у єдиний ланцюг створення доданої вартості. У цьому контексті порти набувають нової функціональної ролі - стратегічних вузлів у глобальній мережі постачання, що поєднують транспортну інфраструктуру з виробничими та дистрибуційними елементами підприємств. Відповідне законодавче положення відкриває для українських портів можливість активно формувати інноваційні моделі організації товароруку, що сприяє підвищенню їх конкурентоспроможності у глобальному середовищі.

3. Приватні порти та індустріальні зони як драйвери розвитку Port-Centric Supply Chains. В Україні, як і в низці інших країн, одним із ключових чинників розвитку порт-центрованих ланцюгів постачання є функціонування приватних портів і портових терміналів, що належать транснаціональним корпораціям, аграрним холдингам, металургійним підприємствам та іншим потужним бізнес-структурам. Такі суб'єкти господарювання мають змогу самостійно організовувати транспортно-технологічні процеси, розміщуючи на

території портів виробничі й дистрибуційні потужності. Це забезпечує контроль над вантажопотоками, підвищує оперативність і сприяє скороченню витрат.

Приватні порти та портові термінали, орієнтовані на обслуговування спеціалізованих товарних потоків і тісно інтегровані з виробничими об'єктами в тилу, фактично вже реалізують принципи Port-Centric Supply Chains. Вони поступово трансформуються з традиційних інфраструктурних «воріт» зовнішньої торгівлі на багатофункціональні виробничо-розподільчі хаби, де поряд із перевалкою вантажів виконуються виробничі й дистрибуційні операції. Така трансформація підтверджує не лише життєздатність концепції Port-Centric Supply Chains, а й її стратегічний потенціал для розвитку транспортної системи України.

4. Порт-центровані ланцюги постачання як стратегічний інструмент розвитку портів. Запровадження порт-центрованих моделей функціонування означає зміну традиційної парадигми управління вантажопотоками, орієнтовану на тісну взаємодію порту з бізнес-середовищем та інтеграцію у повний цикл ланцюга постачання. Успішна реалізація цієї моделі потребує гнучкості портової інфраструктури, здатності адаптуватися до потреб учасників ринку та високого рівня координації з підприємствами, що функціонують у межах портових територій. Концепція Port-Centric Supply Chains відкриває низку переваг, зокрема: скорочення загальних витрат на транспортування та вантажообробку; підвищення ефективності управління матеріальними потоками; стимулювання розвитку міжпортової та внутрішньопортової інфраструктури; меншення негативного впливу на довкілля за рахунок скорочення надлишкових переміщено вантажів. Сформоване партнерство між портом і виробничими структурами набуває стратегічного значення, трансформуючи порт у центр інноваційної транспортно-виробничої системи.

5. Перспективи розвитку Port-Centric Supply Chains в Україні. З урахуванням наявних правових передумов, економічної доцільності та інфраструктурного потенціалу, впровадження моделі Port-Centric Supply Chains

в Україні є не лише досяжним, а й критично важливим для формування конкурентоспроможної позиції держави на глобальному ринку в поствоєнний період. Розвиток індустріальних кластерів на основі портових територій відкриває можливості для глибшої інтеграції України в міжнародні транспортно-економічні системи та посилення її ролі в глобальних ланцюгах постачання. Ключовими чинниками успішного впровадження цієї моделі є: модернізація портової інфраструктури; будівництво сучасних причальних комплексів; впровадження цифрових технологій і автоматизованих систем управління; системна інтеграція України в міжнародні транспортні коридори та мережі транснаціональних поставок.

Висновки. Port-Centric Supply Chains виступають як ефективна модель організації сучасної транспортної та виробничої діяльності, що дозволяє інтегрувати порти в структуру глобальних ланцюгів постачання не лише як транзитні вузли, а як повноцінні елементи виробничо-розподільчих систем. Для України впровадження цієї концепції є не лише актуальним, а й стратегічно необхідним у контексті забезпечення конкурентоспроможності її портової системи та зміцнення позицій у міжнародному економічному просторі. Подальші наукові дослідження повинні бути спрямовані на розробку конкретних моделей інтеграції портів у внутрішні та зовнішні виробничі мережі, враховуючи галузеву специфіку та регіональні особливості.

Література

1. Кириллова О.В., Ларіна І.М. Дуальний підхід до розмежування поглядів на сучасний порт і портовий термінал з позицій транспортної науки і логістики // Науковий журнал «Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки». Том 36 (75), № 2, Видавничий дім «Гельветика», 2025. ISSN 2663-5941 (Print). ISSN 2663-595X (Online). URL: <http://tech.vernadskyjournals.in.ua/archive>.
2. Закон України «Про морські порти» від 17.05.2012 № 4709-VI.

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

УДК: 656.6:338.3

Кириллова О.В., д.т.н., проф.,

Ромах В.Л. Ph.D.

Одеський національний морський університет, Україна

ЗАСАДИ СТВОРЕННЯ КОНКУРЕНТНОГО РИНКУ ПОРТОВИХ КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛІВ

***Анотація.** Проаналізовано передумови та тенденції зміни конфігурації діяльності глобальних портових операторів та їх залученість до портової обробки вантажів у світі. Встановлено наявність процесів горизонтальної та вертикальної інтеграції портових операторів та інших учасників транспортної діяльності. Встановлено різноманітність діапазонів та сторін домовленостей при формуванні сучасного ринку портових операторів та окреслена тенденція до інтернаціоналізації. Встановлено фактори впливу на просторові та часові виміри процесів інтернаціоналізації та окреслено задачі, пов'язані з інтернаціоналізацією зовнішнього зростання.*

Проблематика дослідження. Перевантаження, як правило, сприймається як вільна діяльність, що створює активний конкурентний ринок не тільки для портових контейнерних терміналів, але й сприяє їх сегментації з судноплавними лініями. Тож процеси, пов'язані з консолідацією, корпоратизацією, інтерналізацією відбуваються не тільки у лінійних операторів, але й у операторів контейнерних терміналів [1 - 3]. При цьому їх рішення виходу на нові ринки залежить від різних бізнесових, ринкових, термінальних та інших факторів, а стратегії створення конкурентного ринку лежать у органічному зростанні та розвитку інфраструктури, тендерах на нові концесії та оренду земельних ділянок, злитті та поглинанні тощо.

Основні матеріали дослідження. Глобальні зміни у світовій торгівлі, втримання позитивної динаміки контейнерних перевезень та обережно-позитивні прогнози застосуванням контейнерних технологій у глобальній світовій торгівлі

спонукає операторів контейнерних терміналів до створення конкурентного ринку портових послуг через різні площини. Така динаміка контейнерних перевезень с початком нового тисячоліття проявила дефіцит пропускної здатності портових терміналів що й спричинило початок зміни конфігурації глобальних операторів портових терміналів (GTO). Це призвело до укладання визначальних угод про злиття та поглинання. Протягом 1997 – 2010 рр. відбулося 35 придбань на кількох майданчиках, за участю близько 20 GTO як покупців із 12 країн і понад 30 цільових компаній із 14 країн з загальною сумою виділених ресурсів на фінансові операції у понад 38 мільярдів доларів США. Домінуючими учасниками цього типу операцій ставали стивідори (24 випадки) та фінансові оператори (7 випадків – судноплавні лінії). При цьому контроль варіації домовленостей інтерпретується різними діапазонами: від «...одночасного придбання різноманітних активів/об'єктів...» до «поглинання всієї корпорації... і приватних переговорів щодо пакетів акцій» [3], а основні об'єкти надбання (табл. 1) сфокусовані у Східній Азії, Європі та Північній Америці. Така інтернаціоналізація призвела до виникнення задач, пов'язаних з нерегулярністю, пакетністю характеру зовнішнього зростання, різноманітністю місцезнаходження та їх рішенням через застосування різних методів та стратегій: прискорені моделі просторового охоплення, агресивні стратегії виходу на ринок, стратегії органічного зростання (термінальні концесії) [4, 5] тощо. Вивчаються фактори впливу на просторові та часові виміри процесів інтернаціоналізації, включаючи управлінські проблеми; досліджується негативний вплив на здатність компаній до поглинання та факторів, що лежать в основі стратегій іноземного входу операторів терміналів у контейнерні порти [6, 7] тощо.

Зараз у світі понад 40 % глобальної пропускної здатності портів обробляють 7 найкращих GTO: PSA International, China Merchants Ports, China Cosco Shipping, APM Terminals, DP World, Hutchison Ports, MSC Group [8]. Значне зростання пропускної спроможності 21 провідного GTO у 2023 році з склало 2,3 %, що значно перевищує 0,3% зростання глобальної портової обробки (рисунок 1). Загальна перевалка контейнерів всіма GTO 2023 року порівнює 428,8 млн. TEU,

що складає 49 % від загального світового показника. При цьому процеси, пов'язані з розширення потужностей та модернізацією термінального обладнання у 2023 році потребували капіталовкладення від операторів терміналів у розмірі 5,5 млрд. долл. США з яких 500 млн. долл. США витратили 5 глобальних портових операторів на модернізацію портового обладнання.

Перший та п'ятий оператори ТОП-7 сумарно інвестували понад 1 млрд. долл. США у капітальні витрати. Даний загальний показник на 9 % більше, ніж у 2022 році та є третім поспіль річним зростанням починаючи з 2020 року. Така динамічність актуальна і в поточному році. Так, наприклад, група MSC в грудні 2024р. завершила придбання 49,9% акцій Hamburger Hafen і Logistik Aktiengesellschaft (HHLA), створивши спільне підприємство з містом Гамбургом з метою зміцнення діяльності HHLA та підвищення її конкурентоспроможності у світовій морській індустрії.

Таблиця 1 – Знакові об'єднання/поглинання що вплинули на формування сучасного формату ринку портових операторів

Оператор, що придбав	Тип оператора	Флагманська країна	Рік придбання	Оператор/термінал, що було придбано	Флагманська країна	Тип
Hutchison Ports	порт-й, глобальний	КНР	2001	ECT	Роттердам	місцев а
				ICTSI.	Філіппіни	міжнародна
PSA (20%)	порт-й, глобальний	Сінгапур	2001	HesseNoordnatie	Бельгія	місцев а
			2006	HPH	КНР	міжнародна
DP World	порт-й, глобальний	OAE	2006	P&O Ports	Британія	місцев а
			2006	CSX World	США	міжнародна

CMA CGM (51 %) та China Merchants (49 %)	ліній-й, глобальний	Франція КНР	2013	Terminal Link	міжнародна, 25 країн	
China Shipping та Cosco	Злиття ліній-й, глобальний	КНР	2016	Cosco Shipping Ports.	КНР	міжнар одна
Cosco Shipping Ports	порт-й, глобальний	КНР	2017	Noatum.	Іспанія	місцев а
China Merchants (49 %)	ліній-й, глобальний	КНР	2020	терміналів CMA Terminals,	міжнародна, 28 країн	



Рисунок 1 – Кількість портової обробки вантажу, ТОП-7 GTO (млн. TEU, % від загального світового показника, % відносно попереднього року)

В свою чергу компанією «A.P. Moller – Maersk» розглядається можливість участі у концесії контейнерного терміналу порту «Чорноморськ», що викликане, зокрема переходом компанії Maersk від стратегії розширення флоту до інтегрованої операційної моделі.

Висновок. Портові оператори, звісно, є учасниками як процесів злиття та поглинання, так і вертикальних інтеграційних процесів. Вивчення цих напрямів формування конкурентного ринку через визначення відповідних факторів, стратегій та наслідків дозволяє портовому оператору приймати відповідне рішення щодо подальшого розвитку. Однак сучасні порти як компоненти зв'язку глобальної торгівлі забезпечують формування конкурентного ринку не тільки через інтерналізацією, корпоратизацією яким приділена значна увага міжнародного наукового співтовариства, але й через консолідацією, що потребує, в тому числі, вирішення локальних (регіональних) задач з урахуванням національних особливостей.

Література.

1. Notteboom T., Pallis A, Rodrigue Rodrigue J-P. Port Economics, Management and Policy, New York: 2022, Routledge, 690 pages / 218 illustrations. – URL: <https://porteconomicsmanagement.org/>
2. Кириллова О.В., Кириллов В.Ю. Теоретичні основи просторової та функціональної еволюції портів. Транспортні системи і технології. 2022. № 40. С. 170–189. – URL: doi: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-40-15>.
3. Parola, F., Notteboom, T., Satta, G., & Rodrigue, J-P. The impact of multiple-site acquisitions on corporate growth patterns of international terminal operators. International Journal of Shipping and Transport Logistics, 2015. Vol. 7(5): pp. 621–648.
4. Olivier, D., Parola, F., Slack, B. and Wang, J. «The time scale of internationalization: the case of the container port industry», Maritime Economics & Logistics, 2007, Vol. 9 No.1, pp.1-34.
5. Parola, F., Satta, G., Persico, L., Di Bella, E. «Entry mode choices in international markets: examining the antecedents of service firms strategies», International Journal of Globalization and Small Business, 2013 Vol. 5 No.1/2, pp.34-57.
6. Satta, G., Parola, F., Persico, L. «Temporal and Spatial Constructs in Service Firms». Internationalization Patterns: The Determinants of the Accelerated Growth of

Emerging MNEs, Journal of International Management, 2014. – URL: doi: dx.doi.org/10.1016/j.intman.2014.05.001

7. Weerawardena, J., Mort, G.S., Liesch, P.W., Knight, G. «Conceptualizing accelerated internationalization in the born global firm: A dynamic capabilities perspective», Journal of World Business, 2007. Vol. 42, pp.294-306.

8. Trans.info. 7 global port operators now handle over 40% of global port throughput, says Drewry. – URL: <https://trans.info/en/7-global-port-operators-394811>.

kirillova18@i.ua

romakhvalentina@gmail.com

УДК: 656.6

Корнієць П.Є.

Одеський національний морський університет, Одеса

ОСОБЛИВОСТІ СУДНОПЛАВСТВА НА ДУНАЇ

***Анотація.** Розглянуті особливості експлуатації річкового флоту на Дунаї. Наведені відмінності способів перевезення вантажів самохідними одиночними вантажними суднами та суднами, що працюють караванним методом. Визначено на необхідність більш глибокого дослідження можливостей караванного методу для підвищення ефективності роботи річкового флоту.*

Проблематика дослідження. Річкове судноплавство стає все більш актуальним і затребуваним в Україні. Проектом Стратегії внутрішнього водного транспорту України на період до 2031 року, що була анонсована Міністерством інфраструктури України у жовтні 2021 року, передбачено реалізацію транспортного потенціалу внутрішнього водного транспорту України, зокрема української ділянки річки Дунай, шляхом інтеграції до світової транспортної

мережі. Саме тому виникає об'єктивна необхідність в проведенні більш глибоких досліджень особливостей судноплавства на Дунаї, зокрема дослідження можливостей використання дунайських караванів.

Основні матеріали дослідження. Ріка Дунай, як одна з найважливіших транспортних артерій Європи, є невід'ємною частиною великого водотранспортного кільця (Рейн – Майн – Дунай – Чорне море – Азовське море – Дон – Волга – Балтійське море – Північне море).

Довжина судноплавної частини річці складає близько 2400 км. Дунай протікає через територію 10-ти європейських країн (Україну, Молдову, Румунію, Болгарію, Сербію, Хорватію, Венгрію, Словачію, Австрію та Німеччину). На берегах Дунаю розташовано більше 60-ті портів, портопунктів та влаштованих місць для спеціалізованих вантажних операцій.

З басейнами річок Рейн та Майн Дунай з'єднується каналом Рейн-МайнДунай. Вихід до Чорного моря забезпечується трьома основними каналами: Чорновода – Констанца (Румунія), Сулинським каналом (Румунія) та глибоководним судновим рухом по гирлу Бистре (Україна). Також функціонує технологічний з'єднувальний канал в порту Усть-Дунайськ (Україна).

Судноплавство по Дунаю обмежується 17-ю шлюзами та 64-ма мостами. Режим вільного судноплавства регламентується положенням Белградської конвенції 1984 року. Правила плавання встановлюються Дунайською комісією та відображаються в збірниках основних положень про плавання по Дунаю і особливих рекомендаціях по застосуванню компетентними властями Придунайських країн основних положень про плавання по Дунаю. В межах вказаних положень встановлюються і діють місцеві правила.

Враховуючи зміни в політичних та економічних сферах, що відбуваються в країнах Європи та світу загалом, підвищення уваги властей та громадських організацій до питань екології, зростом вартості палива, роль водного транспорту зростає, що відобразилось, зокрема, в оголошеній європейським союзом транспортної політиці.

Таким чином, виникає об'єктивна необхідність розгляду та вирішення питань підвищення ефективності роботи річкового флоту, зокрема Дунайського, з позиції приведення у відповідність з виниклими змінами та вимогами.

В теперішній час флот, що здійснює перевезення вантажів по Дунаю, можна поділити на дві основні групи. В одну з них входять самохідні одиночні вантажні судна (самохідки) вантажністю 700 – 2500 т, сумарною потужністю головних суднових енергетичних установок від 300 до 1100 л.с. Друга група включає в себе самохідний та несамохідний флот, який працює караванним методом. Самохідна частка каравану складається як з вантажних суден, так й з не облаштованих трюмами буксирів (товкачів), функціональне призначення яких – водіння караванів методом штовхання. Несамохідна складова каравану являє собою состав, з однієї або декількох зчалених барж (секцій), пристосованих для перевезення вантажів та технічно непридатних для самостійного руху без допомоги буксиру. Сумарна потужність головних суднових енергетичних установок самохідної частки каравану коливається від 600 до 5000 л.с. Вантажність дунайських караванів від 3000 т і може досягати більше 15000 т.

Загальними перевагами караванів в порівнянні з самохідними одиночними вантажними суднами є більш висока економічна ефективність перевезення вантажу за рахунок більшої вантажності та зменшення простоїв самохідної частки каравану при вантажних операціях.

В числі вад караванного метода можна назвати невисоку швидкість, втрату часу в очікуванні накопичення і очікування формування составу каравану, можливість ефективної роботи тільки в умовах перевезень великих та стабільних вантажопотоків, більш низький рівень забезпечення збереження вантажу, майна і обладнання без екіпажних секцій та їх живучості. Для випадків присутності в одному каравані 5-6 секцій, завантажених різним вантажем призначенням до різних портів, часто має місце конфлікт інтересів, вимог та правил доставки різних вантажів і економічної доцільності експлуатації каравану.

Терміни доставки при роботі караванним методом є надто тривалими та не задовольняє вимогам, які пред'являються до термінів доставки деяких вантажів, наприклад вантажів у контейнерах на довгому плечі. Встановлені Братиславськими угодами терміни доставки з дунайських українських портів до портів Австрії та Німеччини складають 30 – 40 діб у залежності від періоду перевезення (літній або осінньо-зимовий). До портів середнього Дунаю терміни доставки складають більш 2 тижнів. Вказані терміни відповідають існуючим на практиці, що виключає з номенклатури ряд вантажів, що перевозяться по Дунаю та потребують більш швидкої доставки. Крім того, тривалість оборотів рейсів негативно впливає на провізну спроможність дунайського флоту.

Ідея та перші прообрази сучасних караванів з'явилися наприкінці 19-го століття. Перший сучасний караван з'явився у США у 40-х роках на р. Міссісіпі. Він був складений з носової та кормової секцій, котрі служили обтікачами. Кормова, крім того, виконувала функції товкача. Проміжні секції були вантажними трюмами та мали форму ящика. Потужність – 3200 л.с., довжина каравану – 367 м, ширина – 16,5 м, вантажність – 12000 т. Караван мав спроможність розвивати швидкість до 29,9 км/год на глибокій воді та при гарній керованості. Такі каравани отримали назву секційних. При цьому передбачалась можливість буксирування проміжних секції без носового обтікача, які часто не мали якісного устаткування. В силу вказаних особливостей такі каравани виявилися ніякові та в цей час майже не використовуються.

Більш живучі виявилися так звані полусекційні каравани. Носові окінечності секцій, з яких складені такі каравани, мають обтікаєму лижеподібну форму, а кормові – транцеву. На Дунаї широко використовуються полусекційні состави з секцій типа „Європа1” та „Європа2”, проєктовані і збудовані наприкінці 60-х років. З тих часів принципових конструктивних змін дунайської секції та товкача не спостерігається.

Одночасно на Дунаї експлуатуються баржі, обладнані носовим та кормовим обтікачем кожна. Обтікаючі баржі мають клиноподібну форму. Будівництво барж

для роботи на Дунаї продовжувалось до кінця 60-х років, коли метод водіння караванів штовханням широко застосовувався на практиці. Такі баржі були пристосовані для буксирування, деякі з них не мають кормових та носових підпорів під метод штовхання. В теперішній час дані типи барж, як й метод водіння составів на буксирах рухається у минуле. Інша частка флоту з аналогічними обтікачами є дніпровські баржі-майданчики, експлуатація яких на Дунаї здійснюється з початку 90-х років на теперішній час. Даний флот умовно пристосований для водіння методом штовхання з причини обладнання принципово іншими зчіпними та зчепними устаткуваннями, часто не сумісними з конструкцією корпусу й обладнанням дунайських барж, секцій та товкачем.

Висновки. Таким чином, караванний метод перевезення більшості вантажів на Дунаї є перспективним через наявність множини не повною мірою вивчених можливостей підвищення ефективності роботи річкового флоту.

pkshipping76@gmail.com

656.073:339.543(477)(4-6ЄС)

Коробкова О.М., к.е.н., доц.

Одеський національний морський університет, Україна

ЄВРОПЕЙСЬКІ СТАНДАРТИ МИТНОГО ПОСЕРЕДНИЦТВА: РЕГУЛЯТОРНІ ЗМІНИ ТА НОВІ ВЕКТОРИ АДАПТАЦІЇ БІЗНЕСУ

***Анотація.** У дослідженні проаналізовано реформу митної брокерської діяльності в Україні в контексті адаптації до Митного кодексу ЄС. Обґрунтовано необхідність переходу від дозвільної системи регулювання митної брокерської діяльності до моделі авторизації, розглянуто інститут митного представництва, нові виклики інтеграції до європейського митного простору.*

Проблематика дослідження. Процес імплементації європейських стандартів у сфері митного посередництва вимагає не лише нормативної гармонізації, але й глибокої інституційної перебудови української системи митного регулювання. Набуття Україною статусу країни-кандидата на вступ до Європейського Союзу активізувало реформу митної сфери, зокрема в частині регулювання митної брокерської діяльності. Проте ці трансформації супроводжуються численними викликами для національного бізнесу, який змушений адаптуватися до нових правил, процедур та підвищених вимог до прозорості, відповідальності й цифровізації. Серед ключових проблем - правова невизначеність у питаннях поділу відповідальності між брокером і суб'єктом ЗЕД, а також недостатній рівень технічної та кадрової підготовки учасників ринку до нової моделі регулювання. У цих умовах митне посередництво постає не лише як інструмент подолання адміністративних бар'єрів, але і як ключовий чинник забезпечення безперервності зовнішньоекономічної діяльності України в умовах війни, релокації логістичних ланцюгів і нової моделі міжнародної торгівлі.

Основний текст. Здійснення митних формальностей охоплює широкий спектр дій: заповнення митних декларацій, пред'явлення товарів митному органу, сплата митних платежів, оформлення дозволів і погоджень, визначення митної вартості дотримання вимог законодавства та інші. Ключову роль у забезпеченні правильного та своєчасного проходження цих процедур відіграють митні посередники, що виконують дії в інтересах учасників зовнішньоекономічної діяльності. Серед них центральне місце займають митні брокери, які дозволяють бізнесу сконцентруватися на основних завданнях, делегуючи специфічні функції експертам. У сучасній економічній теорії посередницька діяльність розглядається як елемент господарських процесів, пов'язаний із просуванням товарів, робіт або послуг від виробника до споживача.

В Україні митне посередництво реалізується через діяльність митних брокерів. Їх основною функцією є забезпечення дотримання митних вимог, прискорення митного оформлення товарів, збільшення надходжень до бюджету, мінімізація порушень митних правил. Вони діють на договірній основі від імені клієнта або від свого імені – залежно від форми митного представництва. Модель митного представництва в Україні базується на взаємодії трьох сторін: представника, суб'єкта ЗЕД та митного органу. Закон № 3926-ІХ від 22.08.2024 закріпив це розмежування на рівні нормативного акту, наблизивши українське регулювання до європейських стандартів. Передбачено пряме та непряме представництво – в залежності від того, від чийого імені брокер діє – клієнта чи власного. Це розмежування визначає обсяг відповідальності кожної сторони.

До реформи 2024 року в українському законодавстві не було чітко визначено, хто несе відповідальність у разі помилок у деклараціях. Сьогодні ж існує дві можливі моделі декларування: самостійне та за участі непрямого представника. Законодавчі зміни також передбачили впровадження авторизації для митних брокерів – як більш сучасної альтернативи дозвільній системі. Митні брокери, які відповідають критеріям доброчесності та професіоналізму, можуть бути включені до реєстру митних брокерів України. Це відповідає курсу України на імплементацію норм Митного кодексу ЄС.

Ключовими умовами авторизації є: відсутність судимості або систематичних порушень у сфері митного законодавства у керівників і бенефіціарів; наявність уповноваженої особи, яка відповідає за митні питання.

Висновки. Таким чином, нова модель митного посередництва в Україні є не лише адаптацією до європейських вимог, але й важливою інституційною реформою, яка формує прозорий ринок митних послуг. Її успішна імплементація залежить від подальшого вдосконалення нормативної бази, підготовки фахівців, що є актуальним в умовах трансформації глобальних логістичних ланцюгів. У зв'язку з цим актуалізується необхідність подальших наукових досліджень моделей митного посередництва, що діють у країнах ЄС, проведення

економічної оцінки впливу впроваджених змін на вартісні та часові параметри процедур, а також запровадження державної програми сертифікації митних фахівців. Доцільним є розробка механізмів взаємного визнання авторизації з країнами ЄС та активізація інститутів професійного самоврядування у сфері митного посередництва.

Отже, авторизація митної брокерської діяльності повинна розглядатися не як формальне заміщення існуючої дозвільної системи, а як комплексна багаторівнева реформа, що охоплює правову, інституційну, управлінську та цифрову сфери. Такий інтегрований підхід сприятиме поступовому входженню України до митного простору ЄС, підвищенню результативності митного адміністрування та зміцненню довіри до митної системи з боку як державних органів, так і бізнесу.

korobkova0123456789@gmail.com

УДК 656.073:005.52:624.19

Кудряшов Д.В., асп.

Український державний університет залізничного транспорту (Україна)

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ У КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ЛОГІСТИЧНИХ ЦЕНТРІВ

***Анотація.** У роботі досліджено проблематику організації перевезень будівельних матеріалів у сучасних умовах із застосуванням мультимодальних логістичних центрів. Запропоновано підхід до математичного моделювання транспортних потоків, що враховує обмеження ресурсів, інфраструктури та часу доставки. Модель адаптована до реальних логістичних умов і орієнтована на підтримку управлінських рішень у сфері відновлюваної логістики.*

Проблематика. Відновлення об'єктів критичної інфраструктури України вимагає ефективного функціонування транспортної системи, здатної забезпечити оперативне перевезення значних обсягів будівельних матеріалів у регіони з найбільшою потребою. У цьому контексті провідна роль належить залізничному транспорту як основному засобу перевезення масових вантажів на великі відстані. Проте у сучасних умовах, коли зруйновано значну частину транспортної мережі та змінено логістичні маршрути, особливої актуальності набуває створення мультимодальних логістичних центрів (МЛЦ), здатних забезпечити гнучкість логістичних схем та ефективну взаємодію між різними видами транспорту.

В умовах зростання вимог до ефективності логістичних систем, формування МЛЦ, особливо у вузлових точках перетину морських, залізничних і автомобільних маршрутів, постає як стратегічна необхідність для підтримання безперебійного логістичного обслуговування країни.

Розвиток таких центрів потребує не лише організаційних рішень, а й чітко обґрунтованих наукових підходів до проектування транспортних потоків, які забезпечать мінімізацію витрат, адаптацію до змінних умов і раціональне використання ресурсів. У цьому контексті особливої ваги набуває побудова математичної моделі транспортних потоків, яка дозволить визначати оптимальні маршрути доставки через мережу МЛЦ за умови мінімізації загальних витрат і забезпечення гарантованих поставок у визначені терміни.

Такий підхід дозволяє формувати адаптивні схеми доставки та сприяє підвищенню стійкості логістичної системи в умовах відновлення країни.

Основні матеріали дослідження. У межах запропонованого дослідження розглядається логістична система, яка охоплює три основні елементи: джерела постачання (кар'єри, цементні заводи), логістичні хаби (МЛЦ), а також кінцеві пункти доставки — об'єкти будівництва або відновлення. Перевезення здійснюється за схемою із транзитом через логістичний центр, що є типовим для

мультимодальних мереж, де транспортні одиниці змінюються залежно від етапу маршруту.

Для моделювання транспортного процесу введено змінну q_{ijk} , яка відображає обсяг вантажу, що перевозиться з пункту i через логістичний центр j до пункту призначення k . Сумарні витрати на перевезення визначаються як добуток обсягу вантажу на вартість транспортування на відповідних ділянках c_{ij} і c_{jk} . Таким чином, метою оптимізації є мінімізація сумарних витрат на транспортування, що формалізується через наступну цільову функцію:

$$\min C = \sum_i \sum_j \sum_k q_{ijk} \cdot (c_{ij} + c_{jk}); \quad (1)$$

З метою мінімізації логістичних витрат поставлено задачу визначення таких значень q_{ijk} , які задовольняють усім обмеженням системи. До таких обмежень належить обмежена наявність матеріалів у джерелах постачання S_i , обмежена пропускна здатність логістичних центрів P_j , гарантований попит кожного будівельного об'єкта D_k , а також часові рамки доставки, які не повинні перевищувати встановлене значення $T_{\max}$.

З математичної точки зору, система обмежень формулюється наступним чином:

$$\sum_j \sum_k q_{ijk} \leq S_i, \quad \forall i \in I; \quad (2)$$

$$\sum_i \sum_k q_{ijk} \leq P_j, \quad \forall j \in J; \quad (3)$$

$$\sum_j \sum_i q_{ijk} \leq D_k, \quad \forall k \in K; \quad (4)$$

$$t_{ij} + t_{jk} \leq T_{\max}, \quad \forall i, j, k. \quad (5)$$

Запропонована модель дозволяє визначати маршрути постачання будівельних матеріалів, які забезпечують мінімальні логістичні витрати за заданих обмежень щодо ресурсів, потужностей і часу доставки. Вона придатна до адаптації під різні логістичні умови та може застосовуватись у сучасних системах планування і цифрового моделювання логістичних процесів.

Висновки. У результаті дослідження побудовано ефективну модель оптимізації перевезень будівельних матеріалів через МЛЦ, яка враховує обмеження ресурсів, пропускної здатності та часу доставки. Модель дозволяє мінімізувати витрати та формувати стійкі логістичні маршрути в умовах відновлення інфраструктури. Її практичне застосування сприятиме підвищенню ефективності управління перевезеннями масових вантажів залізницею.

kudriashov_dmytro@ukr.net

УДК 656.073.51

Лебідь Є.М., к.т.н., доц.,

Лужанська Н.О., к.т.н., доц.,

Лебідь І.Г., к.т.н., проф.

Національний транспортний університет, Україна

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОПТИМІЗАЦІЇ ТРИВАЛОСТІ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗАМОВНИКІВ ПРИ ВИКОНАННІ МІЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

***Анотація.** Досягнення ефективності виконання мультимодальних перевезень залежить від тривалості виконання усіх етапів транспортно-експедиторського обслуговування замовників. Доцільним є організація бізнес-процесів з урахуванням умов роботи окремого суб'єкту підприємницької діяльності при доставці товару. З метою визначення термінів обслуговування замовників запропоновано урахування імовірності виникнення помилок та затримок, а також середнього часу затримки при виникненні помилок, що дозволить планувати роботу фахівців транспортно-експедиторського підприємства.*

Проблематика дослідження. Формування репутації транспортно-експедиторського підприємства на українському та міжнародному ринках залежить від ефективності виконання внутрішніх і зовнішніх бізнес-процесів,

пов'язаних з обслуговуванням замовників. Кожен з етапів організації доставки виконується фахівцями підприємства, які мають різний досвід роботи, комунікаційні навички, hard та soft skills. Кожен з цих аспектів впливає на тривалість надання послуги, її якість та можливість допущення помилок при співпраці з замовником, колегами з інших відділів та фахівцями партнерських організацій. Тому, актуальним є питання вивчення імовірностей виникнення відхилень у роботі персоналу транспортно-експедиторського підприємства на різних етапах обслуговування.

Основний текст доповіді. Тривалість транспортно-експедиторського обслуговування має суттєві відмінності в залежності від фізико-хімічних властивостей товару, який надано до перевезення, виду транспорту та маршруту перевезення, митного режиму, що застосовується до товару. Кожен з цих процесів виконується персоналом транспортно-експедиторського підприємства, до якого звернувся замовник, або із залученням профільних посередницьких організацій на договірній основі. Планування тривалості транспортно-експедиторського обслуговування в межах одного підприємства здійснити набагато простіше з огляду на КРІ фахівців та їх ступінь завантаженості з урахуванням наявності постійних замовників. При визначенні термінів надання послуг при співпраці з іншими суб'єктами ринку, за умови наявного попереднього досвіду взаємодії, слід орієнтуватися на усереднені показники часу. Якщо ж доставка спільними зусиллями організовується вперше, слід застосовувати загальні ринкові характеристики виконання окремого процесу.

Управлінські концепції, які застосовуються власниками при організації бізнес-процесів залежать від спектру послуг, що надаються, організаційної структури підприємства та штатної чисельності персоналу. Окрім цього, формування структури робіт здійснюється в межах корпоративних потреб шляхом документального контролю або застосування програмного забезпечення, що відображає часові характеристики окремих операцій або певних фахівців.

Основні відхилення у часі обслуговування пов'язані з усуненням помилок, що можуть виникати на різних етапах, відповідно, відбувається затримка через потребу додаткового часу на внесення відповідних змін. Звісно, що такі ситуації відбуваються не завжди і не на кожному етапі, проте імовірність їх виникнення існує. В межах дослідження процесу виконання мультимодальних перевезень при імпорті товару сформульовано узагальнену структуру робіт, що характеризуються певною тривалістю виконання, а також імовірністю виникнення помилок, імовірності виникнення затримок та середнього часу затримки при виникненні помилок (табл. 1).

Таблиця 1 – Структура робіт при організації мультимодальних перевезень при імпорті товару

№	Назва робіт	Тривалість виконання, хв./год.	Імовірність виникнення помилок на етапі (у %)	Імовірність виникнення затримок на етапі (у %)	Середній час затримки при виникненні помилок, хв./год.
1	2	3	4	5	6
1.	Планування робіт				
1.1	Приймання та розгляд звернення замовника у відповідності до індивідуальних вимог до перевезення товару	30 хв.	15	8	15 хв
1.2	Планування маршруту перевезення на основі вимог замовника та пропозицій транспортних суднохідних ліній.	1-6 год.	10	24	2
1.3	Проведення оцінки та вибору перевізників. Складання калькуляції вартості перевезення.	30 хв.	20	23	45 хв

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
1.4	Проведення узгодження вартості та умов перевезення з директором з продажів, а потім із замовником.	30 хв.	16	22	15
2	Прийняття заявок від Замовників				
2.1	Отримання офіційного замовлення на виконання послуг перевезення чи транспортно-експедиторське обслуговування.	15 хв.	8	10	15
2.2	Укладення договору на перевезення чи ТЕО з замовником.	1 год.	15	18	15 хв
3	Розміщення заявки на перевезення				
3.1	Укладення договору на перевезення	15 хв.	8	10	14
3.2	Розміщення заявки (букінгу) у судноплавної лінії	1 год.	17	20	20
4	Контроль виконання умов перевезення				
4.1	Оформлення транспортних документів. Випуск коносаментів, організація страхування тощо	1 год.	23	16	36
4.2	Проведення контролю завантаження. Забезпечення відповідності термінів, кількості пакувальних місць, збереженість вантажу	30 хв.	35	40	25
4.3	Контролювання місцезнаходження судна з контейнером по маршруту перевезення.	Протягом рейсу			
4.4	Оформлення попередніх рахунків Замовникам за перевезення.	20 хв.	5	8	25

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6
4.5	Інформування митного відділу про терміни прибуття вантажу.	15 хв.	10	15	15
4.6	Проведення контролю проходження митного оформлення вантажів.	1-2 год.	15	20	20
4.7	Проведення контролю проходження митної очистки. Фіксування факту прибуття вантажу до термінала	15 хв.	25	28	20
4.8	Організація перевезення наступним видом транспорту (за необхідності).	-	-	-	-
4.9	Проведення контролю вивантаження товарів.	30 хв.	18	24	25
5	Обмін документацією з Замовником та з перевізником за результатами робіт				
5.1	Обмін документами з перевізником.	30 хв.	24	28	30
5.2	Організація формування рахунку Замовнику.	15 хв.	18	20	25
5.3	Обмін документів з Замовником. Оформлення рахунків та актів виконаних робіт. Контроль отримання оплати	30 хв.	20	25	30
6	Аналіз виконання процесу				
6.1	Закриття заявки. Формування фінального пакета документів.	15 хв.	18	22	20
6.2	Врегулювання невідповідностей в процесі надання послуги.	1-6 год.	24	28	2
6.3	Врегулювання претензійних вимог Замовника	1-8 год.	24	30	3

Представлені результати дозволять планувати роботу фахівців транспортно-експедиторських підприємств з урахуванням можливих відхилень від запланованого часу, а також обґрунтовувати тривалість виконання зовнішньоторговельної операції для погодження її з контрагентом.

Висновок. Ключові тенденції формування конкурентоспроможності транспортно-експедиторських підприємств передбачають залучення до надання послуг висококваліфікованих, фахівців, здатних до забезпечення високого рівня сервісу. Тому, подальшим кроком даного дослідження є вивчення основних чинників впливу на виникнення помилок у обслуговуванні та пошуки шляхів їх мінімізації, а з часом, повного усунення, що дозволить підвищити ефективність роботи персоналу та зовнішньоторговельних операцій в цілому.

eugene.lebed@gmail.com

natali.luzhanska@gmail.com

i.h.lebed@gmail.com

УДК 656.073.21:005.92

Магамадов О.Р., к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет

АЛГОРИТМ АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ОБРОБКИ СУДНА

***Анотація.** Викладено основи будування алгоритму адаптивного управління процесом обробки судна, що розглядається окремо. Охарактеризовано операційну структуру базових блоків алгоритму й режими його реалізації. Визначено методичні інструменти для виконання логічних та обчислювальних операцій алгоритму.*

Проблематика. Розвиток теоретико-методичного арсеналу управління портовою діяльністю.

Основний матеріал дослідження. Актуальність вирішення завдання, що є предметом обговорювання в доповіді, обумовлюється недостатньою вивченістю проблеми здійснення короткострокового управління функціонуванням портів і реалізацією їх виробничого процесу та його складових, зокрема, процесу обробки суден (ПОС). Цю проблему в загальній теорії управління відносять до числа найбільш складних, важко формалізованих і називають по-різному: управлінням, оперативним управлінням, регулюванням, оперативним регулюванням, оперативним плануванням, безперервним плануванням. Якщо не гіперболізувати нюанси у тлумаченні цих визначень, які до того ж важко помітні, то можливо легко зрозуміти, що йдеться про одне й теж, а саме – про створення й реалізацію певного механізму керування розглянутим процесом. Такий механізм може бути створено заздалегідь, або формуватися в ході реалізації керованого процесу, відрізнитися деталізацією, або усередненням значень показників, містити конкретно визначену послідовність складових процесу, або лише їх перелік зі вказівкою певних правил виконання. З теоретичної точки зору це вважається не принциповим, тому що вибір зазначених альтернатив потрібно здійснювати у відповідності з конкретними характеристиками поточного стану керованого процесу.

Зрозуміло також, що у будь-якому випадку ключова умова короткострокового управління полягає в необхідності пристосування до прояви факторів, які впливають на керований процес, іншими словами, до адаптації до змін, які виникають у ході реалізації цього процесу. Звідси випливає допустимість і доцільність використання визначення «адаптивне управління», яке найбільш певно відображає суть і сенс короткострокового управління. Це визначення прийнято і в даній доповіді стосовно управління ПОС з орієнтацією на створення інтелектуальної основи так званого розумного порту (smart port) у єдності зі сучасними науковими трендами неокласичної теорії управління.

Раніше виконані автором доповіді дослідження показали, що зазначений алгоритм адаптивного управління ПОС має ґрунтуватися на поєднанні двох

контурів (режимів) послідовної реалізації загальних функцій управління: активних (планування-П, регулювання-Р) та пасивних (моніторингу-М, аналізу-А). При цьому «включення» того чи іншого контуру ініціюється за результатами реалізації функції аналізу, коли фіксуються рівні неузгодженості між плановими та фактичними значеннями показників ПОС (якщо таке має місце). У випадку, коли вказана неузгодженість може бути компенсовано (в ідеалі-усунуто) за рахунок локальних керованих рішень, включається режим (контур) регулювання (П-ПОС-М-А-Р), а спочатку складений план обробки судна зберігає свою актуальність. В ситуації, коли виявиться недостатнім потенціал регулювання для усунення порушень плану, здійснюється перехід до контуру планування (П-ПОС-М-А-П), що веде до перескладання раніше прийнятого плану обробки судна.

Відзначимо, що контур планування обговорюваного алгоритму адаптивного управління ПОС має реалізовуватися також у випадку, коли в блок аналізу надходить інформація, яка показує, що продовження обробки судна у відповідності з раніше складеним планом не є доцільним.

Отже, наявність контурів планування та регулювання запропонованого алгоритму є першим проявом адаптивності управління ПОС. Ще один прояв вказаного феномену полягає у послідовній реалізації контуру планування, що відповідає поняттям ковзного (безперервного) планування та ковзного управління.

Відзначимо, що потенціал адаптивності управління ПОС нарощується за рахунок використання моделей і методів оптимізації планування обробки судна у єдності зі своєчасно і оперативно реалізованими процедурами моніторингу й аналізу поточних та кінцевих значень показників ПОС за допомогою відповідного алгоритму, методичний інструментарій якого характеризуються наступним чином.

Блок А забезпечує чітку констатацію нормативних і договірних умов обробки судна та підготовку вихідних даних для складання початкового варіанту

плану здійснення ПОС, оперативного його регулювання (коректування) та перескладання у режимі ковзного управління у разі необхідності.

Блок Б визначає розрахункову кількість технологічних ліній (ТЛ) для обробки судна за умови дотримання його сталійного часу (дедлайну). Ця інформація фіксується за результатами складання ситуаційного плану обробки сукупності суден, які прийнято до одночасного обслуговування. При цьому можливі дві ситуації, коли протягом реалізації ПОС кількість ТЛ залишається постійною, або періодично змінюється.

Блок В реалізує процедуру складання плану обробки судна з використанням відповідної моделі, тобто для постійної або змінної кількості ТЛ. Такі моделі створені автором даної доповіді в кількох модифікаціях. Всі вони ґрунтуються за логікою формування моделей лінійного програмування, які є, як відомо, статичними за визначенням, але дозволяють відображати ПОС у динаміці з прив'язкою до календарного часу завдяки прямому урахуванню використання кожної ТЛ, що робить ці моделі унікальними. В авторських моделях обох різновидів природним чином враховуються всі суттєві умови організації ПОС, що гарантує коректність моделей в теоретичному відношенні та доцільність їх практичного використання.

Блок Г виконує моніторингову функцію – фіксує інформацію щодо поточного стану ПОС, обробляє її, систематизує та транслює в блоки А й Д.

Блок Д здійснює експрес-аналіз показників поточного стану ПОС з оцінкою характеру й масштабу виниклого неузгодження між фактичними й плановими значеннями показників ПОС, якщо це сталося. Для цієї процедури пропонується інтегральний метод аналізу, який забезпечує можливість встановити, які саме фактори й у якій мірі вплинули на виникнення неузгодженості між плановими та фактичними значеннями показників ПОС.

Результати аналізу пересилаються до блоку Е, якщо неузгодження не перевищує допустимого порогу й може бути усунуто за рахунок регулювання. При цьому для вироблення регулюючих рішень може використовуватися

компенсаційний механізм, основою якого є модель, яка забезпечує визначення продуктивності та кількості ТЛ, що необхідно для усунення неузгодженості. А якщо неузгодження виявляється непереборним, дані аналізу відправляються в блок А для перескладання плану обробки судна. Тим самим здійснюється перший крок ковзного й завдяки цьому адаптивного управління ПОС.

Надалі дії блоків пропонованого алгоритму повторюються у заздалегідь встановлені або оперативно прийняті моменти часу, аж до завершення ПОС, що також є проявом адаптивності управління ПОС.

Висновки. Обговорений алгоритм ґрунтується за логікою підходу до управління ПОС, яка утвердилася в практиці, відрізняється простотою й технологічністю реалізації і завдяки цьому може розглядатися на предмет використання в складі наукового забезпечення менеджменту smart port.

maham038660@gmail.com

УДК 378.2:656.071.4

Кириллова О.В., д.т.н., проф.,

Магамадов О.Р., к.т.н., доц.,

Павлова Н.Л., к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет

УКРАЇНСЬКА ШКОЛА ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ З УПРАВЛІННЯ ПОРТОВОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ

***Анотація.** Наведено огляд зародження, становлення та розвитку системи забезпечення професійної освіти спеціалістів у сфері управління портовою діяльністю. Відзначається, що ця місія в Україні реалізується протягом останніх 75 років Одеським національним морським університетом (ОНМУ, який у ті роки називався Одеським інститутом інженерів морського флоту (ОІМФ)). Охарактеризовані зміст і цільова орієнтація цієї місії на різних етапах функціонування портів нашої країни.*

Проблематика. Створення професійного інтелектуального потенціалу морського транспорту України.

Основний матеріал дослідження. В доповіді обговорюються еволюція змісту зазначеної професійної освіти та перспективи її подальшого розвитку в рамках відповідної фахової школи, що, сказати до речі, з'явилося одним з вирішальних критеріїв для включення ОНМУ на початку 1990-х років в когорту 30 кращих морських закладів вищої освіти. При цьому організаторами вказаного рейтингу було прийнято до уваги той факт, що випускники-експлуатаційники нашого університету успішно працюють в портах не тільки України, але і багатьох країн Європи, Азії, Африки та обох Америк.

Відзначимо, що на виникнення розглянутої професійної школи вирішальним чином вплинула та обставина, що наука управління функціонуванням та розвитком портів зародилася в ОНМУ завдяки дослідженням викладачів експлуатаційного факультету, насамперед, Смолянкіна Тимофія Сергійовича, чудової людини, педагога від Бога, талановитого вченого з великим досвідом роботи в портах і непохитного ентузіаста портової експлуатації. Обдарований харизмою, він був здатний креативно мислити, об'єктивно оцінювати сучасність та бачити реальну перспективу. Завдяки цим складовим людського інтелекту, помноженим на потенціал професіоналізму, Т.С. Смолянкін одним з перших зрозумів, що стрімкий розвиток після закінчення другої Світової війни міжконтинентальної торгівлі призведе до інтенсивного зростання обсягів морських перевезень вантажів і актуалізації внаслідок цього проблеми підвищення провізної спроможності флоту морських держав. Науковці і багато практичних працівників судноплавних компаній ратували за рішення зазначеної проблеми екстенсивним шляхом – за рахунок збільшення тоннажу транспортного флоту. Разом з цим інші спеціалісти-транспортники вважали, що поряд з цим належить використовувати також інтенсивний шлях, який полягав, зокрема, у

використанні резервів провізної спроможності флоту на основі максимально можливого скорочення стоянкового часу суден під обробкою в портах.

Серед прихильників зазначеної точки зору був Т.С. Смолянкін. Перекоаний у тому, що максимізація «врятованого» сталійного часу суден, що веде до збільшення бюджету ходового часу і цій основі до підвищення провізної спроможності флоту, що, у свою чергу, дозволяє домогтися економії значних сум капітальних вкладень у поповнення флотської складової морського транспорту, він наполегливо стверджував, що для розв'язання цієї проблеми необхідно насамперед кардинально підвищити рівень професійної підготовки спеціалістів з управління портовою діяльністю.

Цілеспрямованість Тимофія Сергійовича, підтримана колегами-однодумцями, дала бажаний результат: у вересні 1951 року на експлуатаційному факультеті ОПМФ була створена спеціалізована кафедра під назвою «Організація й механізація вантажних робіт» (нині «Експлуатація портів і технологія вантажних робіт») під керівництвом Т.С. Смолянкіна.

До питання «З чого почати?» Тимофій Сергійович був давно готовий. Ще будучи студентом ОПМФ і займаючись науковою творчістю, він ґрунтовно вивчив праці В.Є. Тимонова, видатного вченого-транспортника українського (одеського) походження й володаря фундаментальної професійної освіти, отриманої в Паризькій школі шляхів і мостів, про організацію експлуатаційної діяльності в портах і виявив великий інтерес до теорій Ф. Тейлора та А. Файоля. До того ж він мав досвід практичної роботи в портах. Завдяки цьому Т.С. Смолянкін сумісно з колегами по кафедрі впевнено приступив до обґрунтування змісту теоретичної та практичної підготовки майбутніх фахівців з управління портовою діяльністю.

Це дуже складне та багатоаспектне творче завдання він виконував, спираючись на висновок В.Є. Тимонова про те, що на чолі порту має бути людина, по-перше, мисляча та спритна й, по-друге, маюча відповідну професійну підготовку. Крім того, вважав Т.Є. Тимонов, під керівництвом такого, як тепер

кажуть, топ-менеджера має діяти компетентний колектив фахівців-експлуатаційників для забезпечення безперервного (оперативного) управління реалізацією процесів перевалювання вантажів й обробки суден у єдності з рухомим складом суміжних видів транспорту. В.Є. Тімонов підкреслював також, що портові спеціалісти всіх профілів і рангів повинні мати, за його виразом, «певну технічну обізнаність». Цю парадигму професійної освіти, доречі сказати, потім присвоїв за суттю кмітливий політичний діяч без посилання на джерело.

Робота нової кафедри почалася, що називається, з чистого аркушу, тобто з пошуків аргументів і можливостей для легалізації в навчальному плані експлуатаційної спеціальності самостійної дисципліни, яка містила б систематичний вклад всіх суттєво важливих аспектів управління портовою діяльністю, насамперед, процесом обробки суден. Така орієнтація колективу кафедри зумовлювалася тим, що напочатку 1950-х років вся портова підготовка експлуатаційників була вкрай скромною й здійснювалася у складі лише однієї дисципліни – «Механізація й організація завантажувальних та розвантажувальних робіт». Незабаром із цієї дисципліни вичленували організаційну складову й на її основі сформували «чисто» експлуатаційний курс під назвою «Організація планування та технологія перевантажувальних робіт», який ґрунтувався на практичному досвіді й результатах наукових досліджень Т.С. Смолянкина та провідних на той час викладачів кафедри М.С. Татаренка, Л.О. Деревича та Р.І. Кобзарь. Цей курс залишався єдиним в навчальному плані експлуатаційної спеціальності до середини 1980-х років.

Йдучи у той період на заслужений відпочинок, Тимофій Сергійович заповідав своїм послідовникам по кафедрі неодмінно продовжувати роботу щодо удосконалення змісту й якості портової складової підготовки експлуатаційників.

Цей заповіт незламного ентузіаста портової експлуатації був здійснений у другій половині 1980-х років шляхом створення трьох самостійних, але тісно пов'язаних між собою, дисциплін під назвами: «Основи управління портами», «Технологія вантажних робіт» та «Внутрішньопортове оперативне

управління», якими було визначено основу профільної підготовки фахівців для портів з урахуванням уявлень нових загальнометодологічних наук, які народилися завдяки науково-технічній революції ХХ століття, зокрема, класичної теорії управління та методичного арсеналу дослідження операцій. При цьому ефект синергії зазначеного наукового тренду було реалізовано при формуванні кожної із перерахованих дисциплін.

Так, у першій із них управління в межах окремого порту трактується як кібернетична система, що складається з об'єкту та суб'єкту управління, а саме – відповідно портової діяльності у огляді процесів перевалювання вантажів і обробки суден та системи управління (менеджменту) цими процесами у взаємодії зі суміжними виробничими підприємствами й сервісними організаціями транспортної сфери. Така ж орієнтація дотримується і в дисципліні «Внутрішньопортове оперативне управління», яка побудована як сплав науки та мистецтва забезпечення ефективного функціонування портів на короткострокових інтервалах часу. У дисципліні «Технологія вантажних робіт» у системній постановці характеризується структура вантажоперевалювального процесу з виділенням його типових варіантів і технологічних схем.

У створення охарактеризованих дисциплін вагомий внесок зробили викладачі й науковці наступного покоління кафедри – В.З. Ананьїна, О.Р. Магамадов, П.А. Макушев, О.А. Малаксіано та Г.П. Столяров.

Наступний виток еволюції змісту та якості підготовки фахівців з управління портовою діяльністю стартував у середині 2010-х років на платформі неокласичної теорії менеджменту з орієнтацією на концепцію так званого розумного порту (smart port) як ознаки початку просування до вирішення мегапроблеми інтелектуалізації процесу внутрішньопортового управління. Здійснення цього процесу активно займається сучасне покоління викладачів і науковців кафедри в особі авторів даної доповіді та А.О. Мурад'яна.

У цей же період зміст портової підготовки розширився за рахунок дев'яти додаткових і вибіркових (на розсуд здобувачів) курсів, в одних з яких

нарощується база знань основних дисциплін, а в інших – додаються знання за суміжними напрямками функціонування портів. До цих курсів відносяться: «Взаємодія порту з клієнтурою», «Організація портового бізнесу», «Портова конкуренція», «Організація діяльності портових операторів», «Безпека транспортної діяльності в портах», «Сучасні транспортні технології», «Внутрішньопортова складська логістика», «Організація портового обслуговування вантажів і транспортних засобів».

Висновки. Отже, сьогодні можна впевнено стверджувати, що охарактеризована вище робота реалізується системно й цілеспрямовано кожним новим поколінням викладачів і науковців створеної ним кафедри портової експлуатації, зі збереженням досягнутих традицій і поповненням їх під впливами прогресу науки та техніки в сфері управління виробничими процесами. Наукова й навчально-методична бази школи підготовки портових експлуатаційників динамічно розвиваються й інтенсивно збагачуються у відповідності з новітніми науковими трендами й удосконаленням технічних засобів та технологій реалізації управління реальним виробництвом.

kirillova18@i.ua

maham038660@gmail.com, pavlova_1983@ukr.net

УДК 656.07:656.225

Мазуренко О. О., к.т.н., доц.,

Тігов О.Г., асп.

Український державний університет науки і технологій

ВПРОВАДЖЕННЯ БЛОКЧЕЙН ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВІДСТЕЖЕННЯ КОНТЕЙНЕРІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

***Анотація.** У роботі розглянуто можливості застосування блокчейн технологій для відстеження контейнерних перевезень на залізничному транспорті. Проаналізовано приклади*

впровадження блокчейн-рішень у транспортній галузі інших країн та визначено їх переваги для забезпечення прозорості, безпеки та оперативності логістичних процесів. Зроблено висновки щодо доцільності інтеграції подібних систем в українській залізничній інфраструктурі.

У сучасних умовах глобалізації світової економіки логістичні ланцюги стають дедалі складнішими, що вимагає впровадження нових цифрових рішень для підвищення прозорості, ефективності та безпеки перевезень. Однією з перспективних технологій, здатних змінити підхід до управління ланцюгами постачання, зокрема на залізничному транспорті, є блокчейн. Її впровадження в систему відстеження контейнерів відкриває нові можливості для залізничних операторів, вантажовідправників, митних служб та інших учасників логістичного процесу.

В існуючих системах відстеження контейнерів, що перевозяться залізницею, існує низка проблем. По-перше, інформація про переміщення вантажу часто зберігається в закритих базах даних різних компаній і державних установ, що ускладнює її доступність для інших учасників перевезення. По-друге, такі системи нерідко базуються на ручному введенні даних, що підвищує ризик людських помилок або свідомих фальсифікацій. По-третє, взаємодія між різними перевізниками в міжнародних маршрутах утруднюється через відсутність єдиного інформаційного середовища.

Використання блокчейн технологій у системах відстеження контейнерів дозволяє вирішити вищезазначені проблеми завдяки наступним перевагам:

- усі учасники транспортного процесу (від вантажовідправника до кінцевого споживача) мають доступ до єдиної, незмінної історії переміщення контейнера;
- після того як дані про прибуття чи відправлення контейнера внесені до блокчейну, їх не можна видалити або змінити, що виключає можливість підробок;

– блокчейн дозволяє митним органам у реальному часі отримувати достовірну інформацію про вантаж, що значно прискорює проходження кордонів.

У світі вже є реальні приклади впровадження блокчейн технологій у сфері логістики та транспорту, які демонструють ефективність цієї системи. В Данії розроблена компаніями IBM та Maersk, платформа TradeLens використовує блокчейн для відстеження руху контейнерів морським і залізничним транспортом. Станом на 2022 рік понад 150 організацій, включаючи порти, митниці та перевізників, підключилися до системи.

У 2020 році Міністерство океанів і рибальства Південної Кореї разом з логістичними компаніями почало використовувати блокчейн для моніторингу вантажів у портах та при залізничних перевезеннях. Проєкт дозволив скоротити документообіг і час обробки вантажів на 70 %.

В Німеччині компанія Deutsche Bahn спільно з компанією SAP розробляє цифрову платформу на основі блокчейну для управління логістичними ланцюгами. Система забезпечує прозорість даних щодо місцезнаходження контейнерів, їхньої маси, температури тощо.

Для залізниць України впровадження блокчейн рішень є особливо актуальним, враховуючи необхідність підвищення прозорості, боротьби з корупцією та модернізації логістичних процесів. Тим більше, що на залізниці існують доволі ефективні системи збору інформації щодо перевізного процесу. Україна є активним учасником міжнародних перевезень, у тому числі транзитних, і часто виступає ланкою між Європою та Азією. Використання блокчейн у системі «Укрзалізниця» дозволило б створити ефективний механізм відстеження контейнерів, скоротити затримки, знизити витрати на адміністративне управління та підвищити довіру іноземних партнерів. Незважаючи на очевидні переваги, існують значні складнощі в інтеграції блокчейн у систему перевезень. Однією з проблем є потреба в комплексній оцінці існуючих систем автоматизації перевізного процесу, усунення

дублюючих функцій, підвищення надійності зберігання великих масивів інформації. Це потребує значних інвестицій у технологічну інфраструктуру та навчання персоналу, координації між учасниками ринку, а також адаптації нормативно-правової бази.

Блокчейн має великий потенціал для трансформації процесу відстеження контейнерів у залізничному транспорті. Його впровадження здатне покращити надійність і ефективність перевезень, забезпечити прозорість та прискорити логістичні операції. Приклади з інших країн свідчать про ефективність технології, і Україна може використати цей досвід для модернізації власної логістичної інфраструктури.

uamazurenko@gmail.com

УДК 656.02

Михайлов Е.В., к.т.н., доцент

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

АНАЛІЗ СТАТИСТИКИ ОБСЯГІВ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ В УКРАЇНІ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ

Анотація. У роботі наведено результати аналізу статистики обсягів залізничних перевезень в Україні зернових вантажів в умовах військового часу. Виявлено основні виклики та досліджено їх вплив на обсяги перевезень. Сформульовано рекомендації щодо напрямків покращення перевезень зернових вантажів.

Проблематика. З початком повномасштабного вторгнення РФ в Україну 24 лютого 2022 року логістична система держави, зокрема залізнична, опинилася під серйозним тиском. Це особливо позначилося на секторі аграрного експорту, де частка перевезень зернових традиційно займала ключову позицію.

Блокування морських портів, руйнування інфраструктури, тимчасова окупація окремих регіонів, нестабільність енергозабезпечення та постійні загрози ракетних обстрілів суттєво ускладнили транспортування українського зерна до зовнішніх ринків.

Залізниця, яка стала фактично головною артерією експорту в нових умовах, була змушена за короткий час адаптуватися до кардинальних змін. Проте, зростання навантаження на західні прикордонні переходи, відсутність належної кількості перевантажувальних терміналів, різниця у ширині залізничної колії з європейськими країнами, дефіцит рухомого складу та обмежена пропускна здатність окремих напрямків призвели до виникнення так званих “вузьких місць” у логістиці.

Крім того, значною перешкодою стала сезонна нерівномірність перевезень з піковими навантаженнями під час жнив, коли система працює на межі своїх можливостей. Недостатня цифровізація та слабка координація між агровиробниками, Укрзалізницею та прикордонними операторами ще більше загострює ситуацію.

Таким чином, проблема транспортування зерна залізницею в умовах війни є комплексною і вимагає системного підходу до її вирішення. Вона охоплює як технічні, так і інституційні, геополітичні та економічні аспекти. Розв'язання цієї проблеми має критичне значення не лише для забезпечення аграрного експорту, а й для макроекономічної стабільності держави загалом.

Основні матеріали дослідження. На базі доступної інформації [1-5] проведений аналіз динаміки перевезень зернових вантажів залізницею в Україні в умовах військового часу (2022–2024 р.р.). Помісячні обсяги перевезень представлені у табл.1.

Таблиця 1 – Динаміка залізничних перевезень зернових вантажів в Україні (млн.т.)

Місяць	2022 рік	2023 рік	2024 рік
Січень	3,974	3,571	3,936
Лютий	3,418	3,450	3,863
Березень	0,982	3,209	3,740
Квітень	1,264	2,745	3,513
Травень	1,377	1,836	3,750
Червень	1,364	2,025	3,047
Липень	1,474	1,476	2,478
Серпень	2,088	1,677	2,994
Вересень	3,401	1,776	2,742
Жовтень	3,595	2,499	3,500
Листопад	2,712	3,063	2,580
Грудень	3,222	3,251	2,430
Разом	28,6	30,8	35,1

У 2024 році зафіксовано рекордний обсяг перевезень зерна залізницею за роки незалежності України - 35,1 млн т. Це на 6% більше, ніж у 2023 році, і на 20% більше, ніж у 2022 році. Зростання обсягів перевезень свідчить про адаптацію логістичної системи до умов воєнного часу та ефективну роботу залізничного транспорту [2].

Найвищі обсяги перевезень спостерігалися у першому півріччі 2024 року, що пов'язано з активною роботою морського коридору та сприятливими умовами для експорту. У другому півріччі обсяги дещо знизилися, що може бути пов'язано з сезонними факторами та змінами в логістичних маршрутах.

У 2024 році близько 85% зерна транспортувалося в напрямку морських портів України, тоді як лише 15% - через західні прикордонні переходи. Такий розподіл свідчить про відновлення морської логістики та зменшення

навантаження на західні кордони. Середньомісячний обсяг перевезень зерна через західні переходи у 2024 році становив 619 тис. т., що менше порівняно з 829 тис. т. у 2023 році [3].

Аналіз наявної інформації дозволив виявити та проаналізувати основні виклики і “вузькі місця” залізничної логістики зернових в Україні у 2022–2024 роках.

1. Навантаження на західні прикордонні переходи

Проблема:

- Після блокування більшості чорноморських портів у 2022 році понад 40% експорту зернових перемістилося на західні кордони - Польща, Румунія, Словаччина та Угорщина.

- Переходи на цих напрямках не були розраховані на такі обсяги перевезень.

Вузькі місця:

- Нестача перевантажувальних терміналів.
- Відсутність або застаріла інфраструктура колій європейського стандарту (1435 мм).
- Тривалі простої на кордоні через різну ширину колій, митні та ветеринарні процедури.

Наслідки:

- Витрати часу - затримки до 3–7 діб на переходах.
- Високе накопичення вагонів у прикордонних регіонах (Волинь, Львівщина, Закарпаття).

2. Залежність від морських коридорів і нестабільність їх роботи

Проблема:

- Морські шляхи - найефективніший варіант експорту зернових. Після обмеження в 2022 році та часткового відкриття у 2023-2024 через гуманітарні коридори, ситуація покращилася, але залишається нестабільною.

Вузькі місця:

- Ризик ракетних ударів по портах (Одеса, Чорноморськ, Південний).

- Потреба в конвоюванні суден та погодженні проходу з міжнародними партнерами.

- Перевантаження портової залізничної інфраструктури при відновленні коридорів.

Наслідки:

- Стрибки обсягів перевезень - логістична система не встигає адаптуватися до змін попиту.

- Надмірне скупчення вагонів на підходах до портів (особливо в Одеському регіоні).

3. Нерівномірне завантаження та сезонні піки

Проблема:

- Зерновий експорт має чітко виражену сезонність (після збору врожаю: серпень–листопад).

- Значне зростання навантаження в короткий період призводить до “логістичного затору”.

Вузькі місця:

- Обмежений парк спеціалізованого рухомого складу (зерновозів).
- Обмежена пропускна спроможність окремих ділянок залізничної мережі (особливо на півдні - Миколаївська, Херсонська області).

Наслідки:

- Зростання тарифів і затримки в доставці.
- Падіння ефективності роботи перевізника та підвищення логістичних витрат аграріїв.

4. Фізичні пошкодження інфраструктури внаслідок бойових дій

Проблема:

- Прямі ракетні удари по залізничних станціях, мостах, коліях (особливо в регіонах фронтової зони: Харківська, Дніпропетровська, Запорізька області).

Вузькі місця:

- Тимчасове виведення з ладу важливих вантажних маршрутів.

- Зростання потреби в маневровому русі - зміна маршрутів, додаткові плечі доставки.

Наслідки:

- Збільшення навантаження на альтернативні маршрути, що й без того перевантажені.

- Подорожчання доставки на 10–30% через подовження маршруту.

5. Дефіцит локомотивів та вагонів-зерновозів

Проблема:

- Частина вагонів була втрачена, пошкоджена або залишилася на окупованих територіях.

- Через пошкодження колій і затори локомотиви часто простоюють або використовуються неефективно.

Вузькі місця:

- Високий рівень амортизації вагонного парку.

- Нестача резервного парку тягової сили.

Наслідки:

- Збільшення часу обігу вагона.

- Зростання витрат аграріїв на перевезення, оскільки виникає штучний дефіцит транспортних засобів у сезон.

6. Низький рівень цифровізації та логістичної координації

Проблема:

- Відсутність єдиного цифрового сервісу з бронювання маршрутів, слідкування за вагонами, узгодження дій з ЄС.

Вузькі місця:

- Надмірна бюрократія при оформленні перевезень.

- Складність у прогнозуванні часу доставки.

Наслідки:

- Збільшення людського фактору у плануванні логістики.

- Втрата часу та ефективності, особливо при переходах кордонів.

Аналіз наявної інформації дозволив проаналізувати основні виклики у зерновій залізничній логістиці за шкалою впливу (1–10), див.рис.1.

На графіку рис.2. показано матрицю пріоритетності: чим вище й правіше розміщено виклик, тим він критичніший для негайного вирішення. Найбільш пріоритетні зони - це проблеми західних переходів і морської логістики.

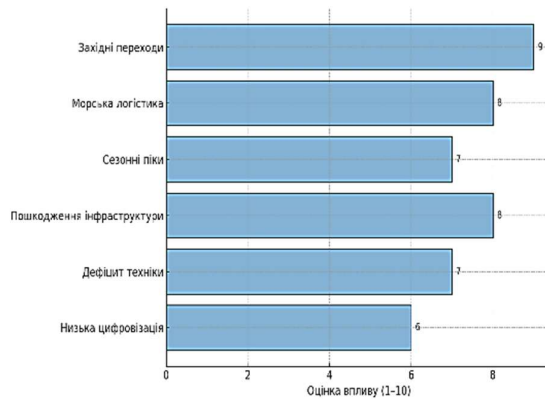


Рисунок 1 – Основні виклики у зерновій залізничній логістиці України (2022-2024)

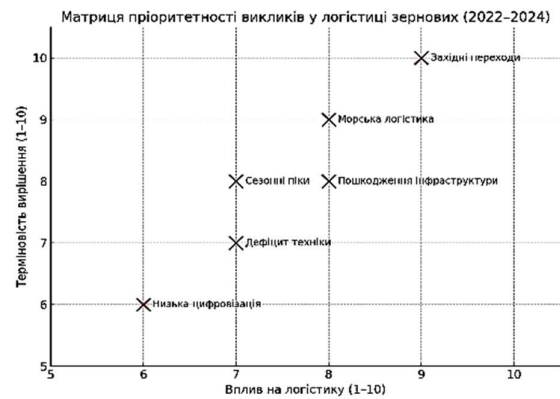


Рисунок 2 - Матриця пріоритетності викликів у залізничній логістиці зернових вантажів

На підставі вищевикладеного можна сформулювати наступні рекомендації щодо напрямків покращення перевезень зернових вантажів:

1. Модернізація інфраструктури західних переходів: інвестування в розширення та модернізацію залізничних переходів на західному кордоні для збільшення їх пропускної спроможності.

2. Диверсифікація логістичних маршрутів: розвиток альтернативних маршрутів транспортування зерна, включаючи використання внутрішніх водних шляхів та автомобільного транспорту.

3. Покращення координації з європейськими партнерами: спільне планування та узгодження логістичних операцій з країнами ЄС для забезпечення безперебійного експорту зерна.

4. Впровадження цифрових технологій: автоматизація процесів планування та моніторингу перевезень для підвищення ефективності та зниження витрат.

Висновки

Аналіз статистики залізничних перевезень зернових вантажів в Україні за період 2022–2024 років демонструє стійкість та адаптивність логістичної системи країни в умовах воєнного часу. Незважаючи на виклики, обсяги перевезень зросли, що свідчить про ефективну роботу залізничного транспорту та важливість подальшого розвитку інфраструктури для забезпечення продовольчої безпеки країни та світу.

Література:

1. Rail.insider. «За 2023/2024 маркетинговий рік залізницею перевезено понад 35 млн т зернових». - [Режим доступу]: <https://www.railinsider.com.ua/za-2023-2024-marketyngovyj-rik-zaliznyczyeu-perevezeno-ponad-35-mln-t-zernovyh/>
2. Mind.ua. «Перевезення зерна залізницею у січні-вересні 2024-го досягли абсолютного рекорду за роки незалежності». - [Режим доступу]: <https://mind.ua/news/20279770-perevezennya-zerna-zalizniceyu-u-sichni-veresni-2024-go-dosyagli-absolyutnogo-rekordu-za-roki-nezalezhnost>
3. UkrAgroConsult. «Україна: залізничні перевезення зерна на рекордному рівні». - [Режим доступу]: <https://ukragroconsult.com/news/ukrayina-zaliznychni-perevezennya-zerna-na-rekordnomu-rivni/>
4. Rail.insider. «У 2023 році залізничним транспортом перевезено понад 30 млн. т. зернових вантажів». - [Режим доступу]: https://www.railinsider.com.ua/u-2023-roczy-zaliznychnym-transportom-perevezeno-ponad-30-mln-t-zernovyh-vantazhiv/?utm_source=chatgpt.com
5. SuperAgronom.com. «У 2022 році Укрзалізниця перевезла 28,9 млн т зерна, на експорт - 22,55 млн. т.». - [Режим доступу]: <https://superagronom.com/news/16639-u-2022-rotsi-ukrzaliznitsya-perevezla-289-mln-t-zerna-na-eksport--2255-mln-t.>

Mihaylov.evv@gmail.com

УДК 656.02:004.89

Мойса А.І.,

Кічка О.І., к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет, Україна

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ТА ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ ЛОГІСТИКИ В УКРАЇНІ ТА ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ

***Анотація.** Досліджено використання штучного інтелекту та інформаційних технологій у транспортній логістиці України та визначено ключові фактори, що впливають на їх впровадження. Наведено приклади світового досвіду застосування інформаційних технологій і штучного інтелекту та перспективних українських стартапів.*

Проблематика дослідження. Ефективне функціонування кожної логістичної системи неможливе без сучасної перебудови транспортної логістики, яка виступає інтегратором, поєднуючи окремі логістичні підсистеми у єдиний ефективний потік. Саме транспортна логістика значно впливає ціноутворення товару. Тому оптимізація транспортної логістики, зокрема, на підставі використання сучасних методів інформаційних технологій (ІТ) та штучного інтелекту (ШІ) має прямий вплив на прибутковість, конкурентоспроможність та імідж української логістики.

Застарілі методи, що базуються на ручному управлінні та паперовій документації, все гірше відповідають на виклики сьогодення. Водночас новітні технології — штучний інтелект (ШІ), хмарні сервіси, інтернет речей, цифрове моделювання — відкривають шлях до створення розумної логістики, яка здатна працювати проактивно, автоматизовано й адаптивно. [1]

На жаль, у порівнянні зі світовим розвитком логістики, українська транспортна логістика показує ще невисокий рівень застосування інформаційних технологій та штучного інтелекту. Використання ШІ в логістиці має початковий

або середній рівень, автоматизація складів є рідкістю та здебільшого застосовується тільки на нових терміналах. Впровадження Smart-Logistics рішень (на основі IoT, GPS, AI) має здебільшого локальний характер, а інтеграція цифрових платформ є лише частковою. Зокрема, рівень використання блокчейн-технологій залишається вкрай низьким. Окрім того, рівень інвестицій у логістичні IT-рішення є недостатнім для масштабного розвитку. Спеціальні виклики створює і поточна ситуація війни, що обмежує ресурси та можливості впровадження інновацій.

Натомість у провідних логістичних системах світу (США, Німеччина, Сінгапур, Японія) активно використовуються такі сучасні засоби та підходи:

- системи передбачення попиту на основі штучного інтелекту та машинного навчання (AI/ML);
- автоматизовані склади з використанням робототехніки (наприклад, Amazon, Alibaba);
- дрони та автономні транспортні засоби для доставки вантажів;
- IoT-сенсори та GPS-технології для моніторингу вантажів у режимі реального часу;
- цифрові платформи на базі блокчейну для керування логістичними ланцюгами;
- цифрові двійники (Digital Twins) для складів та ланцюгів постачання;
- аналітичні рішення на базі штучного інтелекту для оптимізації маршрутів, завантаження вантажів і часового планування.

Згідно з даними аналітиків McKinsey & Company, застосування штучного інтелекту в логістиці дає змогу скоротити транспортні видатки на 15%, збільшити продуктивність на 20% та зменшити викиди вуглецю на 10%. Разом з тим, за інформацією платформи Statista, ринок інтелектуальної логістики щорічно зростає більш ніж на 12% і до 2027 року його обсяг перевищить 100 мільярдів доларів США. [2] Це підкреслює світову тенденцію до активного впровадження цифрових технологій у сфері перевезень.

Основними задачами транспортної логістики є планування оптимальних маршрутів, вибір оптимального для доставки вантажу виду транспорту та відповідного транспортного засобу, ефективне використання вантажопідйомності транспортних засобів, відстеження та контроль руху транспортного засобу та (у разі необхідності) режиму перевезення вантажу, оптимізація витрат на перевезення, забезпечення своєчасної доставки вантажів, управління транспортними ресурсами, забезпечення взаємодії з іншими ланками логістичної системи, безпеки руху, та оптимізація інформаційних потоків супроводжуваних перевезення вантажів.

У практиці вже існують зразки використання високотехнологічних рішень. Наприклад, сучасні TMS-платформи (Transport Management Systems), такі як Oracle Transportation Management, дозволяють автоматизувати весь цикл транспортування: від створення замовлення до планування маршрутів і виставлення рахунків. Це істотно знижує адміністративне навантаження та людський фактор. Додаткову точність забезпечують сенсори IoT, які встановлюють на вантажівки або контейнери й контролюють температуру, вібрацію, координати в реальному часі. Такий моніторинг забезпечує не тільки безпеку вантажу, а й можливість аналітики в разі відхилень від плану.

Штучний інтелект дедалі активніше інтегрується у логістику. Сучасні алгоритми дозволяють прогнозувати попит на перевезення, беручи до уваги сезонність, історичні тренди та зміну поведінки споживачів. Наприклад, Google AI розробив рішення, що враховує дорожню ситуацію, погодні умови та ремонти для побудови оптимальних маршрутів доставки в режимі реального часу. [3] На складах, таких як у Amazon, алгоритми ШІ не тільки сортують товари, а й керують роботизованими платформами (Kiva Systems), які можуть переміщувати тисячі одиниць товарів за лічені секунди.

Паралельно вводяться цифрові двійники — віртуальні моделі логістичних систем, які дозволяють моделювати різні сценарії поведінки транспортної мережі та аналізувати наслідки ще до реальних змін. А блокчейн, як у випадку з

платформою TradeLens від фірми Maersk, забезпечує прозорий документообіг та надійне відстеження вантажів на міжнародному рівні. Завдяки такій платформі компанія змогла скоротити обсяг паперової документації на 30% та зменшити кількість затримок під час перевезень.

Окрему роль відіграє автоматизація транспортних засобів. Компанії TuSimple, Einride та Waymo вже тестують автономні вантажівки, здатні працювати без участі водія. Це дозволяє скоротити витрати на персонал і забезпечує цілодобову безперебійну роботу. У поєднанні з предиктивним обслуговуванням, яке аналізує телеметрію вантажівок і виявляє потенційні поломки до їх виникнення, це створює надійніші та стабільніші логістичні процеси.

Водночас варто враховувати й ризики цифровізації. Серед них — великі початкові інвестиції у технології, потреба у перенавчанні персоналу, питання кібербезпеки та збереження даних, а також етичні та юридичні аспекти, пов'язані з впровадженням автономних рішень. Не менш важливою є проблема стандартизації — для ефективної взаємодії різних платформ та систем необхідне узгодження міждержавних протоколів обміну даними.

Попри важкі умови війни, в Україні формується рухлива екосистема стартапів у галузі логістики та ІТ. Аналітичний огляд ключових тенденцій, викликів та прикладів перспективних українських стартапів дозволив визначати такі з них:

1. Shtrafy UA / EasyWay – у сфері інфраструктури та транспортної інформації. Надає дані про маршрути, транспортні зупинки, обмеження тощо, використовується для побудови маршрутів громадського та приватного транспорту.

2. Hubsell (у партнерстві з українськими розробниками) – у сфері автоматизації комерційної логістики. Використовує технології ШІ для пошуку оптимальних шляхів доставки і комунікації з клієнтами.

3. CargoGo – у сфері платформ для замовлення вантажоперевезень онлайн. Надає такі можливості: вибір перевізника, розрахунок вартості, супровід замовлення у режимі реального часу.

4. Deliver.ua – у сфері цифрової логістики для малого та середнього бізнесу. Сконцентрована на автоматизованому бронюванні послуг доставки через API, інтеграції з CRM.

5. Kratos Logistics – у сфері smart-logistics. Представляє аналітичну платформу з ШІ для прийняття рішень у логістиці (на стадії MVP).

Отже, проведене дослідження дозволило визначити стан застосування ІТ технологій та ШІ в українській логістиці, а також чинники, що сприяють або перешкоджають їх впровадженню

До чинників, що сприяють можемо віднести:

- поширення 4G/5G-зв'язку, GPS та IoT (інтернет речей), що дозволяє ефективно інтегрувати ШІ для моніторингу та аналізу маршрутів;
- зростання кількості українських стартапів у сфері ІТ та логістики;
- попит на оптимізацію логістичних процесів;
- підтримка з боку міжнародних партнерів;
- доступ до open-source рішень.

До чинників, що перешкоджають впровадженню:

- нестача висококваліфікованих кадрів – зокрема, брак спеціалістів саме в галузі логістики з досвідом роботи із ШІ;
- висока вартість впровадження, особливо в умовах економічної нестабільності і війни;
- низький рівень цифровізації у деяких регіонах, особливо в районах з пошкодженою війною інфраструктурою;
- відсутність чітких нормативів щодо використання ШІ у транспорті, зокрема в частині безпеки, відповідальності за помилки ШІ;
- несприйняття нових технологій через страх змін або недовіру до автоматизованих систем.

Висновки. Можна стверджувати, що запровадження штучного інтелекту та інформаційних технологій у галузь транспортної логістики — це не просто

модернізація, а кардинально новий підхід до управління вантажоперевезеннями. Він гарантує збільшення точності, економічності, екологічності та адаптивності логістичних систем. Впровадження ІІІ та ІТ у транспортну логістику України має значний потенціал, проте потребує виваженого підходу: підтримки з боку держави, створення державних програм підтримки цифрових рішень, вдосконалення правового поля, освітніх ініціатив, інвестицій та адаптації до реалій післявоєнної відбудови.

Література

1. Мельник, О. В. (2020). "Використання великих даних для оптимізації вантажоперевезень у рамках цифрової трансформації логістики". *Економічний простір*, 22(4), 12-24.
2. Statista, "Smart logistics market size", 2023 — <https://www.statista.com>
3. McKinsey & Company, "Artificial intelligence in logistics", 2022 — <https://www.mckinsey.com>
4. Amazon Robotics / Kiva Systems — <https://www.aboutamazon.com>
mojsaanastasia97@gmail.com
ki4kinaoi@ukr.net

УДК 656.615(477)"364"

Мурад'ян А.О., к.т.н.,доц.,

Демидюков О.В., асп.

Одеський Національний Морський Університет

СУЧАСНИЙ СТАН ПЕРЕВАЛЮВАННЯ ВАНТАЖІВ У ДУНАЙСЬКИХ ПОРТАХ УКРАЇНИ, ПЕРСПЕКТИВИ ТА ВИКЛИКИ.

***Анотація.** Доповідь присвячено сучасному становищу перевалювання вантажів в українських портах Дунаю, та викликам, з якими вони стикаються в сучасних умовах воєнного стану. Показано перспективи розвитку на майбутні роки.*

Початок повномасштабного вторгнення в лютому 2022 року призвів, як відомо, до блокування основних портів України на Чорному морі (порти так званої «Великої Одеси») та потрапляння в окупацію портів Азовського моря (Бердянськ, Маріуполь). Тож, фактично єдиною можливістю продовжувати експорт та імпорт товарів стало використання українських портів на Дунаю - (Ізмаїльського, Ренійського та Усть-Дунайського із портопунктом Кілія).

Потужності цих портів до 2022 р. забезпечували перевалку лише до 10% експортних вантажів. Однак протягом 2022-2023 років вантажообіг цих портів виріс у 6 разів у порівнянні з 2021 роком, більшою мірою за рахунок експорту.

Таке збільшення вантажообігу мало позитивний вплив на розвиток інфраструктури. Так, було відкрито для проходу суден гирло Бистре, а також до кінця 2023 року було відкрито 23 нових термінала, здебільшого для зернових та наливних вантажів. Вони належали, наприклад, таким великим компаніям, як «Нібулон», та «Кернел». Варто відзначити, що спочатку транспортні компанії використовували дунайські порти більшою мірою для доставки зернових вантажів у румунський порт Констанца для подальшого перевантаження на морські судна більшого розміру.

Також, що дуже важливо, було проведено днопоглиблювальні роботи, які збільшили прохідну осадку суден до 6-7 метрів, а максимальний дедвейт суден, що вони можуть обробляти – до 6000 т.

Почалося також перевантаження контейнерів на терміналах в Рені та Ізмаїлі, котрі в подальшому на фідерних судах невеликого розміру доставлялися до Констанци для подальшого перевантаження. І хоча спеціалізованих контейнерних терміналів у цих портах немає, даний логістичний маршрут став єдиним можливим засобом відвантаження контейнерів за кордон.

Однак, після відкриття «зернового коридору» з портів «Великої Одеси» перевалка вантажів у дунайських портах знизилася приблизно на половину, тобто, як це не парадоксально, успішне функціонування зернового коридору негативно вплинуло на дунайські порти. Втім, перетікання зернових вантажів у

порти «Великої Одеси» не викликає ніякого здивування, адже: ці порти мають набагато більші підходні глибини, що впливає на розмір оброблюваних суден, а значить і меншу собівартість перевезення тони вантажу; ці порти ближче на 200-250 кілометрів до виробників агропродукції, ніж дунайські порти. Також пропускна спроможність портів «Великої Одеси» в рази більша за дунайські порти.

Так, за підсумками 2024 року, порти «Великої Одеси» збільшили свою перевалку у 2.6 разів порівняно з 2023 роком – до 79.9 млн т., а порти Дунаю за той же період – скоротили перевалку на 46% - до 17,3 млн т.



Можливість прийому великотонажних суден у портах «Великої Одеси» призвела до того, що логістична схема з перевалюванням вантажу у Констанці втратила економічну привабливість для операторів ринку. Тож на сьогоднішній день перевалку дунайських портів, головним чином Ізмаїлу, складають невеликі партії вантажів у напрямку Чорноморських та Середземноморських портів.

Зокрема, окрім зернових вантажів, через дунайські порти традиційно відвантажувалася певна частина експортної продукції гірничо-металургійного комплексу. Так, наприклад, у структурі експорту компанії Ferrexpo перевезення вантажів вгору по Дунаю займали частку близько 10%.

Однак, попит на залізну руду у Європі в 2025 році досить низький і перспективи його росту неясні.

Негативний вплив також мають часті обміління на Дунаю, що суттєво обмежують судноплавство, та потребують постійних днопоглиблювальних робіт.

Залізничне сполучення дунайських портів також має певні недоліки. Так, до Ізмаїла веде одноколійна залізниця, котру досі не електрифіковано, залізниця до порту Рені проходить по території Молдови, тому логістика по ній дорожча та складніша.

З огляду на вищевказані фактори падіння вантажопотоку стає зрозумілим, що потрібно провадити комплексну політику підтримки дунайських портів.

Серед можливих стратегічних заходів такої підтримки фахівці називають:

- Зниження вартості перевалки вантажів в дунайських портах, наприклад за рахунок зниження портових зборів (лоцманська проводка, корабельний збір, тощо). Таке рішення в компетенції АМПУ. Адже на даний час перевалка вантажів в дунайських портах дорожча на 8-10 долл.США/т., порівняно з портами Великої Одеси за рахунок дорожчої наземної складової.

- Фіксування тарифів Укрзалізниці на перевезення до дунайських портів на довгостроковий період. Адже плани Укрзалізниці щодо індексації тарифів можуть зробити дунайські порти ще менш конкурентними.

- Концентрація уваги немасових вантажів широкої номенклатури, таких як: добрива (в тому числі небезпечні), генеральні, нафтопродукти, газ, для яких потрібна спеціалізована інфраструктура, та які наприклад, орієнтовані на відправку до Констанци з подальшим перевантаженням.

- Орієнтація на невеликі партії вантажів, що прямують до Туреччини та країн середземномор'я а також до європейських країн на Дунаю. Саме такі невеликі партії вантажу неохоче приймають у портах Великої Одеси, концентруючись на більших за розміром.

- Співпраця з великими відправниками, перш за все, агротрейдерами, такими як «Кернел», «Нібулон», тощо. Наприклад, компанія «Нібулон»

інвестувала 22,5 млн. долл.США в вантажний термінал в Ізмаїлі з початку воєнного стану.

- Постійне днопоглиблення та підтримка проходних глибин.
- Розвиток у припортовій зоні промислових виробництв, продукція яких буде у подальшому відвантажуватися через порти Дунаю.

Загалом, слід відзначити, що українські порти Дунаю мають неабияке значення в якості альтернативних логістичних маршрутів у нестабільній ситуації воєнного часу, навіть попри функціонування морського коридору і зниження їх важливості на даний час. Підтримка цих портів та їх розвиток є елементом транспортної безпеки України.

Література:

1. Адміністрація морських портів України. Суднозаходи Дунайського регіону. URL: https://www.uspa.gov.ua/project_category/passing-danube-region (дата звернення 23.01.2024).
2. Вантажообіг портів Дунайського регіону у 2021 – 2022 роках та результати днопоглиблювальних робіт в портах Ізмаїл та Рені. URL: <http://agroconf.org/content/cherez-ukrayinski-porti-za-rik-proyshlo-59-milyoniv-tonn-vantazhivpidsumki-roku-vid-ampu> (дата звернення 23.01.2024).
3. Малюта Л., Рудан В., Балусевський К. Проблеми та перспективи розвитку транспортної логістики України в умовах воєнного стану. *Економічний аналіз*. 2023. Том 33. № 3. С. 153-164. DOI: <https://doi.org/10.35774/econa2023.03.153>.
4. Шульц С. Л., Луцків О. М. Проблеми функціонування транспортної інфраструктури та логістики України в умовах воєнного часу. *Регіональна економіка*. 2022. №2 (104). С. 85-93. DOI: <https://doi.org/10.36818/1562-0905-2022-2-9>.

Muradyan@ntt.od.ua

Alex_AD@ukr.net

УДК 656.07:005.591.6:629.735

Новальська Н. І., к.е.н, доц.,

Марчук В. В.

Державний університет «Київський авіаційний університет»

ІНТЕГРАЦІЯ ДРОНІВ У МУЛЬТИМОДАЛЬНІ ЛАНЦЮГИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЗЕЛЕНОЇ ЛОГІСТИКИ

***Анотація.** Проаналізовані ключові аспекти інтеграції дронів у мультимодальні ланцюги в умовах переходу до зеленої логістики. Показано величезний потенціал дронів як практичного інструменту для оптимізації останньої милі доставки, зменшення залежності від традиційного транспорту та забезпечення екологічно чистих логістичних рішень.*

Проблематика дослідження. В умовах глобального переходу до принципів сталої логістики все більше уваги зосереджується на впровадженні екологічно безпечних та енергоефективних технологій у сфері транспортування вантажів. Одним із пріоритетних напрямів розвитку є переорієнтація логістичних систем на мультимодальні перевезення, які поєднують різні види транспорту з метою оптимізації маршрутів, скорочення витрат енергії та мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище. Такий підхід не лише сприяє підвищенню загальної ефективності логістичних процесів, а й створює передумови для формування гнучких і стійких логістичних ланцюгів, здатних адаптуватися до сучасних викликів [1].

У цьому контексті особливу зацікавленість викликає інтеграція безпілотних літальних апаратів або дронів у структуру мультимодальних логістичних систем. Завдяки своїм характеристикам мобільності, маневровості та можливості автономного функціонування дрони здатні ефективно виконувати широкий спектр логістичних функцій. Зокрема, вони можуть забезпечувати оперативну доставку малогабаритних вантажів на "останній милі", здійснювати моніторинг

транспортних потоків і складської інфраструктури, проводити інспекції важкодоступних ділянок, а також підтримувати безперебійну роботу логістичних хабів у реальному часі. Застосування БПЛА відкриває нові можливості для трансформації логістики у бік більш сталого, інноваційного та адаптивного формату.

Основні матеріали дослідження. Дрони відіграють важливу роль у сучасних мультимодальних перевезеннях і розвитку екологічно чистої (зеленої) логістики (табл. 1). Вони є ключовим інструментом для декарбонізації логістики та оптимізації "останньої милі". Їх інтеграція з автотранспортом (наприклад, дрони з фургонів-маток) створює гібридні мультимодальні системи, які знижують витрати і викиди. Для повномасштабного впровадження необхідні зміни в законодавстві та інвестиції в інфраструктуру [2].

Таблиця 1 – Значення дронів у мультимодальних та зелених логістичних системах

Сфера застосування	Значення дронів	Ефект для зеленої логістики
Остання миля	Швидка доставка невеликих вантажів (до 5 кг) на короткі відстані (5–25 км)	Зниження CO ₂ , шуму, дорожнього навантаження
Хаби та термінали	Зменшення навантаження на транспортну інфраструктуру всередині хабу	Менше викидів
Моніторинг	Контроль за об'єктами, маршрутизація	Профілактика авірій, втрат енергії
Надзвичайні ситуації	Оперативна доставка вантажів, медикаментів в умовах ведення бойових дій, незалежність від доріг	Мінімізація шкоди довкіллю при кризах

Дрони стають стратегічним інструментом для оптимізації роботи логістичних хабів і терміналів, пропонуючи швидкість, гнучкість та екологічні переваги. Вони можуть забезпечувати внутрішньотериторіальні переміщення вантажів, автоматизувати перевезення між складом і залізничною платформою

або з порту до митного терміналу, зменшити навантаження на транспортну інфраструктуру всередині хабу. Але для застосування дронів існують:

- певні технічні бар'єри (обмежена вантажопідйомність більшості моделей дронів до 2–5 кг, необхідність відповідної інфраструктури – зарядні станції та зони посадки);
- регуляторні рамки (дозволи на польоти Державіаслужбою України, обмеження щодо висоти (відстані) від оператора, наприклад, у ЄС – до 500 м.);
- економічна доцільність (високі початкові інвестиції стосовно вартості дронів, програмного забезпечення, підготовки персоналу та їх окупності від інтенсивності використання).

За прогнозами McKinsey до 2030 року 30% терміналів світу інтегрують дрони для внутрішньої логістики [2].

Дрони стали потужним інструментом для моніторингу різноманітних об'єктів – від промислових підприємств до сільськогосподарських угідь, інфраструктурних проектів та безпеки території. Вони пропонують швидкість, точність і економічну ефективність порівняно з традиційними методами. Для цього на дрони встановлюють [3]:

- HD-відео та фотокамери для візуального огляду, документування;
- термальні камери для виявлення перегріву, пожеж, тепловтрат;
- LiDAR для 3D-сканування рельєфу, об'єктів;
- мультиспектральні камери для аналізу стану рослин сільськогосподарських угідь.

Дрони стали невід'ємним інструментом для рятувальних та аварійних служб у всьому світі. Вони дозволяють швидко оцінити ситуацію, знайти постраждалих, доставити необхідні вантажі та зменшити ризики для рятувальників. Однак існують певні обмеження дальності польоту дронів та потреба в швидкому розгортанні дроно-мереж [4].

Дрони стають важливим елементом військової медицини, сприяючи збереженню життя військових у найскладніших умовах ведення бойових дій.

Хоча евакуація поранених за допомогою дронів поки що на етапі розробки та тестування, уже існують приклади безпілотних систем, здатних транспортувати поранених. Вони оснащуються системами стабілізації та життєзабезпечення (наприклад, подачею кисню або моніторингом життєвих показників). У майбутньому їх роль у військовій, зокрема в медичних місіях, лише зростатиме.

Висновки.

В умовах глобального переходу до сталої логістики все більшу увагу приділяють екологічно чистим технологіям транспортування вантажів. Одним із перспективних напрямів у цьому контексті є інтеграція дронів у мультимодальні ланцюги в умовах переходу до «зеленої логістики». Дрони – це не просто технологія майбутнього, а вже сьогоднішній стандарт ефективних рішень, розвиток яких нерозривно пов'язаний з інтеграцією зі штучним інтелектом та автоматизованими системами, дронів-матків та інфраструктури "зелених" логістичних хабів.

Література:

1. Новальська Н.І. Організаційно-технологічні аспекти мультимодальних перевезень в міжнародному сполученні. Науково-технічні дослідження у галузі транспорту: колективна монографія / за заг. ред. Д.В. Ломотька. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г.М., 2022. Т. 1. – С. 150-182.
2. McKinsey & Company. (2023). The Future of Last-Mile Delivery. URL: <https://www.mckinsey.com>.
3. Federal Aviation Administration (FAA). (2023). Drone Use in Infrastructure Inspection. URL: <https://www.faa.gov>.
4. FEMA. (2022). Drones in Disaster Response. URL: <https://www.fema.gov>.

УДК 656.073.7:005.8:005.35

Павлова Н.Л., к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет

ФОРМАЛЬНИЙ АСПЕКТ СТВОРЕННЯ МЕХАНІЗМУ ВЗАЄМОДІЇ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКИХ КОМПАНІЙ ЗІ СТЕЙКХОЛДЕРАМИ

***Анотація.** Доповідь присвячена обговоренню підходів до вирішення однієї з найбільш складних і важко формалізованих проблем регулювання взаємовідносин транспортно-експедиторських компаній та стейкхолдерів як суб'єктів ринкової діяльності (СРД). Показано, що у розв'язанні цієї проблеми вирішальну роль грає «людський фактор», що обумовлює необхідність її дослідження з позицій неокласичної теорії управління.*

Проблематика. Розвиток теорії і методів регулювання взаємовідносин СРД у транспортній сфері.

Основний матеріал дослідження. Зміст, сутність та сенс взаємодії між зазначеними СРД розкривається наступним чином:

- по-перше, прямими учасниками або сторонами взаємодії є, в одному випадку, вантажовласники (ВВ), тобто суб'єкти, які несуть витрати на доставку вантажів, та їх контрагенти в особі транспортних підприємств (ТП), що забезпечують перевезення вантажів до й після портів або терміналів (ПТП) їх перевалювання, а в другому випадку – судновласники через фрахтівника (СДФ) і ПТП на етапі перевалювання вантажів у ході обробки транспортних суден;

- по-друге, взаємодія між згаданими СРД в обох випадках здійснюється за посередництвом транспортно-експедиторських компаній (ТЕК), коли вони виступають як модератори організації доставки вантажів;

- по-третє, процеси взаємодії між ВВ і ТП, між ТП різного призначення, як і між будь-якими СРД, ґрунтуються на єднанні феноменів конкуренції та

співпраці, тобто на реалізації потенціалу відповідно протидії й сприянні, що є природними людськими якостями;

-і нарешті, в четвертих, при діловому спілкування ТЕК з кожним зі згадуваних СРД виникає дуже суперечлива, більш того, парадоксальна ситуація, коли мета ТЕК полягає в одночасній мінімізації витрат ВВ і максимізації доходів ТП з виконання кожного етапу перевезення вантажів і перевалювання їх в ПТП, і також саме у випадку СДФ і ПТП.

Викладені особливості процесу взаємодії між ВВ і ТП, між різними ТП відбивають надзвичайну складність уявлення його у вигляді адекватного завдання щодо досягнення узгодженості умов, вимог та інтегрально ділових інтересів перерахованих СРД. Внаслідок цього перелік праць, які присвячено вказаному завданню, є дуже коротким і обмежується дослідженнями, що виконано науковцями Одеського національного морського університету. У більшості цих робіт досліджуються окремі аспекти проблеми узгодження управління взаємодіючих підприємств у транспортних вузлах без участі посередницьких структур при визначенні договірних показників процесів перевалювання вантажів та обробки суден. Поряд з цим у дисертаційному дослідженні [1] розглянуто випадок узгодження управління в системі ВВ-ТП при участі логістичного оператора в ролі модератора процесу доставки вантажів.

Початок цілеспрямованому дослідженню взаємодії як головного інструменту узгодження управління стосовно систем «ВВ-ТЕК-ТП» і «ТП-ТЕК-ТП» покладено в [2] на основі новітніх концепцій гнучкого перетворення (agile) та управління (flexible management, scrum) з обґрунтуванням підходу до створення відповідного цієї проблемі теоретико-методичного забезпечення.

Видається доречним відзначити, що в епоху становлення класичної теорії управління набула популярності тенденція розробки механізмів управління так званими активними організаційними (людськими) системами на протигагу управлінню людино-машинними системами. Основу вказаних механізмів управління складали моделі ієрархічно побудованих систем взаємодіючих

суб'єктів двох типів: оптимізаційні та теоретико-ігрові. При цьому у рамках моделей першого різновиду розв'язувалося завдання пошуку ієрархії управління, яка реалізує необхідні функції управління з мінімальними витратами, але без урахування цілеспрямованої поведінки взаємодіючих суб'єктів. А в рамках моделей другого типу досліджувалися умови узгодження інтересів згаданих суб'єктів взаємодії.

Внаслідок відзначених обставин оптимізаційні моделі взаємодії контактуючих систем визнання не отримали. У той же час ігрові моделі зберігають актуальність до цього часу. Представляється можливим формування саме такої, ігрової моделі і для досліджуваної в даній роботі проблеми взаємодії СРД у огляді дворівневої схеми, верхній рівень якої відповідає ТЕК, а нижній рівень утворюють ВВ і ТП, або контактуючі ТП.

Однак, більш перспективним бачиться інший підхід, що ґрунтується на уявленнях сучасної неокласичної теорії управління, які віддають пріоритет «людському фактору» у діловому спілкуванні СРД, тому що саме людські якості вирішальним чином впливають на атмосферу та кінцеві підсумки такого спілкування.

Теоретична концепція пропонованого підходу до взаємодії розглянутих СРД, як і будь-яких контактуючих суб'єктів ґрунтується на принципі тлумачення взаємодії як єдності протидії чи конкуренції та сприяння чи співпраці СРД, що є, як відомо, джерелом розвитку та прогресу в будь-яких процесах, зокрема й у людському спілкуванні.

Отже, в загальнотеоретичному плані співпрацю та конкуренцію належить бачити в діалектичній єдності, тому що полярність їх «векторів» є реальною об'єктивністю у будь-якій сфері людської діяльності. Це обумовлює необхідність існування й гармонійного поєднання інститутів співпраці й конкуренції для розв'язання (в ідеалі усунення) суперечливостей між СРД. Цікаво відзначити, що при цьому набуває актуальності виникнення парадоксу, який полягає у тому, що за умови підвищення рівня співпраці досягається

підвищення рівня конкурентоспроможності СРД, що тягне за собою загострення конкуренції на відповідному ринку. Тим самим підтверджується, що конкуренція неможлива без співпраці й навпаки. А це означає, що контактуючі СРД повинні пристосовуватися до змін у їх чистій вигоді й бути готовими до досягнення і підтримання взаємоприйнятної згоди.

Наведена констатація є ключовим принципом створення згаданого механізму взаємодії стейкхолдерів за посередництва ТЕК з метою узгодження їх умов (інтересів) шляхом проведення дискусії, серії діалогів і досягнення компромісу, консенсусу та довготривалої згоди.

Реалізація зазначеної процедури вирішальним чином залежить від змісту й характеру діалогу, що забезпечує встановлення комунікативного простору для зіставлення позицій взаємодіючих ВВ і стейкхолдерів при модеруючій ролі ТЕК. Завдяки саме діалогу вказані сторони договірного процесу приходять до досягнення:

- компромісу завдяки узгодженню ситуаційних умов співпраці на основі взаємних поступок;
- консенсусу з визначенням змісту довготривалої взаємодії сторін щодо забезпечення загальних для них цінностей;
- довготривалої згоди з прийняттям сторонами загальної мети співробітництва та визначенням власної вигоди кожної сторони.

З осмислення змісту охарактеризованих етапів ділового спілкування договірних сторін випливає, що на початку дискусії відносини між ними будуть ґрунтуватися на конкурентному протистоянні зі схильністю до їх конфронтації при просуванні власних інтересів. Далі за умови, що сторони договору керуються здоровим глуздом та логікою, гострота їх протистояння має гаснути, а наприкінці дискусії конкурентний потенціал суттєво зменшиться з появою елементів співробітництва. Разом з цим надалі на етапах наступних діалогів і досягнення на їх основі компромісу, консенсусу та довготривалої згоди відносини між договірними сторонами розвиватимуться спочатку під знаком одночасного

прояву співробітництва й конкуренції при визначенні їх умов і переваг, а наприкінці спілкування домінантою стає співробітництво сторін.

Представляється доцільним підкреслити, що для ефективного використання пропонованого механізму взаємодії СРД необхідно мати відповідний методичний інструментарій, що гарантує об'єктивність узгоджених рішень. Такий інструментарій можна створити, ґрунтуючись на понятті потенційно можливої вигоди (на противагу поняттю втраченої вигоди) і вважаючи, що цей інструментарій має бути обов'язковою складовою наукового забезпечення менеджменту кожного СРД що приймає участь у процесі взаємодії.

Стосовно ТЕК і стейкхолдерів наведене положення означає, що сенс місії ТЕК полягає у пошуку можливостей для виявлення джерел вигоди для кожного стейкхолдера в конкретних ситуаціях та умовах здійснення того чи іншого етапу доставки вантажів. Це завдання вирішено в [3] шляхом розробки методики встановлення довірливих показників процесу обробки суден. Вважаємо, що такий підхід можна розповсюдити і на інші конкретні ситуації на всіх етапах здійснення процесу доставки вантажів.

Висновок. Викладений підхід до організації взаємодії між ТЕК зі стейкхолдерами як СРД може розглядатися по суті як основа відповідного механізму управління, наступним етапом створення якого є формалізація його з розробкою технології реалізації в online.

Література:

1. Мурад'ян А.О. Методичні основи узгодженого управління процесом перевалки вантажів у загальнотранспортних вузлах: дис...канд. техн. наук: 05.22.01/Одеський національний морський університет. Одеса, 2016. 166 с.

2. Павлова Н.Л. Основні положення сучасної концепції взаємодії експедиторських компаній з учасниками транспортного процесу. Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Сталій розвиток транспортних систем: наука і практика: тези доп. міжнар. наук.-практ. конф. Харків, 2024. С.278-281.

З.Кириллова О.В., Павлова Н.Л., Магамадов О.Р., Мурад'ян А.О., Кириллова В.Ю. Теоретико-методичні основи визначення договірних показників процесу обробки суден. Вісник Одеського національного морського університету, 2024. № 74. С 139-153. <https://doi.org/10.47049/2226-1893-2024-3-139-120>

pavlova_1983@ukr.net

УДК 656.073:502.131.1

Павлова Н.Л., к.т.н., доц.

Курогло В.О., студ.

«ЗЕЛЕНА ЛОГІСТИКА»: ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ

***Анотація.** У даній доповіді розглянуто концепцію, спрямовану на мінімізацію негативного впливу транспортних операцій на навколишнє середовище. Визначено екологічно дружні рішення у сфері вантажоперевезень, які не лише дозволяють знизити негативний вплив на довкілля, а й отримати низку конкурентних переваг.*

Проблематика. Вплив вантажоперевезень на навколишнє середовище.

Основні матеріали дослідження. Світова транспортна галузь є одним із найбільших джерел викидів вуглекислого газу. За даними Міжнародного енергетичного агентства (ІЕА), на транспортний сектор припадає близько 23% усіх викидів CO₂, значну частку з яких становлять вантажоперевезення. У зв'язку з цим посилюються екологічні вимоги, що зумовлює перехід компаній у всьому світі до концепції, спрямованої на мінімізацію негативного впливу транспортних операцій на довкілля – «зеленої логістики» (Green Logistics).

Ключовими завданнями «зеленої логістики» є зниження викидів парникових газів, оптимізація транспортних потоків і скорочення пробігу порожнього транспорту, використання альтернативних видів палива й енергоефективних технологій, перехід на екологічну упаковку та переробку

відходів. Виходячи з цього, можна виокремити такі основні напрями розвитку екологічної логістики:

- перехід на альтернативні види палива та застосування електротранспорту;
- оптимізація маршрутів і скорочення холостих рейсів;
- автоматизація складських процесів і використання відновлюваних джерел енергії;
- запровадження перероблюваних пакувальних матеріалів;
- компенсація вуглецевого сліду та розвиток карбон-нейтральної логістики.

Для скорочення викидів CO₂ одним із перспективних рішень є перехід на альтернативні види палива, до яких можна віднести біопаливо, водневе паливо, скраплений природний газ. Біопаливо знижує викиди на 50-80% порівняно зі звичайним паливом і може використовуватися в авіації та морських перевезеннях. Водневе паливо є одним із найперспективніших джерел енергії для важкого вантажного транспорту і морських суден. Скраплений природний газ вже активно застосовується у вантажному автотранспорті та судноплавстві, знижуючи викиди на 20-25%. Окрім того, ще одним із рішень для скорочення викидів CO₂ є використання електричних вантажівок. Сьогодні такі компанії, як Tesla, Volvo, Mercedes, вже розробляють електричні вантажівки з нульовими викидами, що дозволяє суттєво скоротити вуглецевий слід.

Варто зазначити, що однією з ключових проблем логістики є неефективне використання транспорту. За даними експертів, у середньому 30% вантажівок у світі рухаються порожніми, що призводить до зайвих викидів і витрат. Цю проблему можна вирішити за допомогою штучного інтелекту для побудови оптимальних маршрутів, упровадження технологій спільного завантаження (так званої shared logistics), а також створення цифрових платформ для об'єднання вантажів і скорочення порожніх рейсів.

Ще одним перспективним напрямом є перехід складських комплексів на енергоефективні технології та автоматизацію, що дозволить значно знизити споживання енергії. Ключовими рішеннями є: використання сонячних панелей і

альтернативних джерел енергії, застосування роботизованих систем сортування, а також систем інтелектуального керування освітленням. Запровадження зазначених рішень дозволить не лише скоротити енергоспоживання, а й знизити викиди CO₂.

Однією з серйозних проблем у логістиці залишається надмірне використання пакувальних матеріалів. Значна частина пластикової упаковки не переробляється, забруднюючи навколишнє середовище. Сучасними рішеннями цієї проблеми є:

біорозкладна упаковка, як альтернатива пластиковим матеріалам;

переробка і повторне використання упаковки – упровадження системи повернення упаковки для вторинного використання;

менший обсяг упаковки – застосування автоматизованих систем для розрахунку оптимальних розмірів упаковки, що дозволяє знизити витрати матеріалів.

Варто зазначити, що все більшого поширення набуває впровадження карбон-нейтральних програм, які спрямовані на компенсацію викидів вуглецю. Такі програми передбачають вкладення коштів компаній у проєкти з відновлення лісів, створення сонячних і вітрових електростанцій; використання «зелених» сертифікатів, що підтверджують скорочення викидів; застосування технологій Carbon Capture.

Зауважимо, що впровадження екологічних рішень у вантажоперевезеннях дозволяє компаніям не лише знизити негативний вплив на довкілля, а й отримати низку конкурентних переваг, таких як:

зниження витрат на паливо та електроенергію – використання альтернативних джерел енергії дозволяє заощадити до 20% витрат;

зростання лояльності клієнтів – споживачі віддають перевагу компаніям, які використовують екологічні методи доставки;

дотримання міжнародних норм і стандартів – регулятори запроваджують дедалі більше обмежень на викиди, що вимагає адаптації бізнесу;

зменшення податкового навантаження — багато країн запроваджують податкові пільги для компаній, які впроваджують екологічні технології.

Висновки. В сучасних впровадження екологічних практик у логістичних операціях для зменшення впливу на навколишнє середовище стає новою реальністю в сфері вантажоперевезень. Разом з цим, впровадження екологічно чистих технологій дозволяє не тільки відповідати вимогам ринку, а й отримати низку конкурентних переваг.

pavlova_1983@ukr.net

kuroglovallera@gmail.com

УДК 656.61:338.47(477)

Pavlova N., PhD, Associate Professor,

Uvarov M., Postgraduate student

Odesa National Maritime University

TRANSFORMATION OF THE MARITIME TRANSPORT MARKET UNDER THE CONDITIONS OF WAR IN UKRAINE

***Abstract.** This report examines the key changes in Ukraine's maritime transport market caused by the full-scale Russian military aggression against Ukraine. The restructuring of routes, logistics chains, and interactions with international partners is considered. The main challenges and prospects for the recovery of the maritime sector are identified.*

Problem statement. The impact of military actions on the maritime transport market

Main body of research. Maritime transportation plays a crucial role in Ukraine's economy. The state of war has created challenging conditions for maritime logistics. With the onset of the full-scale invasion, Ukrainian seaports were blocked for civilian shipping. This restricted the movement of cargo vessels, which is of great importance

for international trade. Overall, the war in Ukraine has a complex impact on maritime freight transport, which is felt both regionally and globally.

The “Grain Initiative”, introduced with the mediation of the UN and Turkey, and later the maritime corridor, allowed only a partial resumption of agricultural exports. At the same time, one of the most important components of international transport systems is container cargo transportation. The versatility of these shipments allows the use of various modes of transport, including multimodal ones, and is suitable for the delivery of a wide range of goods. Container shipping is still a developing topic. Given the fact that the overwhelming majority of maritime container shipping in Ukraine has passed through the ports of Greater Odessa, it is promising to explore alternative ways of delivering containers.

The blockade of Ukrainian seaports led to the re-routing of deliveries. New delivery routes now run through European ports — via Polish ports of Gdansk and Gdynia, the Romanian port of Constanța, and also through Hamburg, Rotterdam, and Istanbul. From there, the cargo proceeds by road or rail into Ukraine. Such delivery schemes are time-consuming due to longer distances and the need to cross international borders, and they also require significant financial investments.

In this context, a highly demanded route during martial law is via the Danube port cluster, formed by the Danube ports of Reni, Izmail, and Ust-Dunaisk. Three navigation routes are used to deliver cargo to these Danube ports. Firstly, the Romanian Constanța–Cernavodă Canal, which lies entirely within Romania and exits near the port of Constanța. A significant advantage of this route is that vessels do not need to enter the Black Sea waters. This allows ships to make voyages regardless of sea conditions and avoids potential dangers related to Russian aggression. Another reason for using this route is the shorter distance between Constanța and Reni ports.

The second navigation route in the Danube region is the Sulina Channel, located in the Danube Delta and exiting into the Black Sea near the port of Sulina. This shipping route enters the main course of the Danube about 80 kilometers before its

mouth. The third route from the Black Sea to the Danube ports is through the Deepwater Navigation Canal “Danube-Black Sea”, located at the Chilia arm.

Meanwhile, the role of integrated multimodal transport is increasing, combining water, rail, and road transport. This ensures the continuity of supply chains, flexible responses to changes in the security situation, and enhances logistics efficiency. Transshipment complexes and temporary storage warehouses, which are actively being established in the ports of the Danube cluster, play a significant role in such schemes.

In addition, a promising direction is the reorientation of cargo transported by trucks to EU countries onto river transport. This will optimize logistics and reduce the load on Ukraine’s road infrastructure, which is especially relevant given the damaged infrastructure. Possible barge convoy lines include three routes:

- The first is Ukraine-Galați. This is the fastest route for transferring cargo across the western border to EU countries. Given the relatively short distance, a river convoy can make 5-7 voyages to Galați per month, so the delivery time for containers is only a few days.

- The second line is Ukraine-Regensburg. This route allows delivery of cargo to Germany, the nearest point to the main market for Ukrainian exports, or to any port on the Middle and Upper Danube. However, the trip duration is longer compared to delivery to Galați.

- Finally, the third line is Ukraine-Constanța. This route allows cargo delivery to one of the largest European seaports, with the possibility of further export anywhere in the world.

In addition to feeder shipments, container lines are also actively developing, enabling the transport of not only grain but also industrial goods, metal products, and other export-import cargoes. This promotes an expansion of the range of transported goods and ensures trade stability during wartime.

It is worth noting that the new delivery routes contribute to deepening Ukraine’s integration into the European logistics system and the development of regional

economic ties. This opens prospects not only for the wartime period but also for the future expansion of trade and transport cooperation with EU countries.

Conclusions. The war in Ukraine has significantly transformed the maritime transport market, posing unprecedented challenges for the industry. At the same time, the crisis has opened opportunities to rethink logistics strategies and deepen Ukraine's integration into the global economy.

pavlova_1983@ukr.net

superuvarov2222@ukr.net

УДК 37.091.33:656.61

Павловська Л.А., к.е.н., проф.

Одеський національний морський університет

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ НАВИЧОК МОРСЬКИХ КАДРІВ

***Анотація.** Розглянуті основні тенденції в розвитку навичок морської робочої сили. Визначені конкретні вимоги щодо кадрового забезпечення морської галузі, які будуть визначати її майбутнє з урахуванням сучасних технологічних трендів.*

Морська галузь переживає масштабну трансформацію, що спонукає до технологічного прогресу в автоматизації, робототехніці, аналітиці даних та штучному інтелекті (AI, artificial intelligence). Як наслідок, попит на робочу силу зі спеціалізованими цифровими та технічними навичками є критичним, ніж будь-коли. Зміни полягають не тільки у впровадженні нових технологій, а й у забезпеченні того, щоб людський капітал - морська робоча сила - міг адаптуватися й досягти успіху в цьому швидко мінливому ландшафті.

Головна сучасна тенденція – це зростання попиту на цифрові навички (digital skills). Понад 70% морських посад протягом наступних п'яти років

вимагатимуть базових цифрових навичок, причому не менше 30% вимагатимуть спеціалізованих знань у галузі аналізу даних (data analysis), кіберстійкості (cyber resilience) та технологій автоматизації (automation technologies). Крім того, підвищення кваліфікації в галузі технологій необхідне для просування по службі.

Оскільки автоматизація та цифровізація змінюють морські операції, Міжнародна федерація транспортників (ITF, International Transport Workers' Federation) прогнозує необхідність збільшення програм цифрового навчання на 25% до 2030 року. Оснащуючи співробітників цими затребуваними навичками, морські організації прагнуть підготуватися до майбутнього, орієнтованого на нові технології. Основні нові затребувані навички у морській галузі такі:

1. Грамотність в галузі аналізу даних (data literacy). Здатність інтерпретувати та аналізувати дані стає все більш важливою у морській справі, від прийняття рішень на борту морського судна до оптимізації транспортної логістики. Дослідження Lloyd's Register за 2024 рік показало, що у 2025 році понад 50% обов'язків на морських посадах вимагатимуть певного рівня грамотності у сфері аналізу даних.

2. Експертиза у кібербезпеці (cybersecurity expertise). Зі зростанням кіберзагроз кібербезпека стала незаперечною навичкою. Європейське агентство з безпеки на морі (EMSA, European Maritime Safety Agency) повідомляє про тенденцію зростання кібернебезпек у морському секторі.

3. Штучний інтелект та машинне навчання (AI and machine learning). Очікується, що впровадження AI в морських операціях зростатиме на 35% на рік, а автоматизація на основі AI, як очікується, підвищить продуктивність морських операцій на 20% до 2027 року. Згідно з дослідженням Всесвітнього морського університету (World Maritime University), в даний час тільки 10% морських працівників мають навички, пов'язані з AI.

Щоб задовольнити ці потреби, численні організації розгорнули інноваційні ініціативи щодо навчання. Наприклад, Глобальний морський форум (The Global Maritime Forum) нещодавно запустив програму «Maritime Workforce 2030»,

спрямовану на підвищення кваліфікації 100 тисяч морських робітників в області цифрових компетенцій до кінця десятиліття. Крім того, такі організації, як Міжнародна морська організація (ІМО, International Maritime Organization), пропонують спеціалізовані курси з автоматизації за навчальними модулями, розробленими для подолання розриву між традиційними морськими знаннями та передовими технологіями.

Наразі компанія «A.P. Moller – Maersk» ілюструє прямі переваги технічної підготовки у морських умовах. Після впровадження курсів з аналізу даних та кіберграмотності для своїх працівників Maersk повідомила про 12% підвищення операційної ефективності протягом першого року і 40% зниження часу простою через кіберінциденти. Аналогічним чином, компанія «Mitsui O.S.K. Lines» (MOL) відзначила 30% поліпшення можливостей обробки даних серед своїх працівників після впровадження навчання з грамотності в області аналізу даних.

Автоматизація може призвести до істотного переосмислення традиційної ролі низки професій у морській галузі. Boston Consulting Group прогнозує, що до 2035 року до 30% поточних завдань, наприклад, мореплавця можуть бути автоматизовані, що вимагатиме від морських фахівців переходу від фізичних ролей до наглядових та аналітичних. Тим не менш, повний перехід від керованих людиною суден до повністю автономних суден малоімовірний у найближчому майбутньому; швидше за все, експерти очікують на підхід «co-bot», коли людина та автоматизація працюють разом.

Цілком зрозуміло, що еволюція морської освіти має йти в ногу з часом, щоб задовольнити ці потреби. Онлайн-платформи навчання, віртуальні вебінари та системи управління навчанням з відкритим вихідним кодом стають все більш популярнішими. Інноваційні технології змінюють морську підготовку. Генеративний AI готовий трансформувати імітаційне навчання, пропонуючи реалістичні можливості автоматизації та управління. Ці досягнення дозволять морським працівникам орієнтуватися у викликах та можливостях цифрової доби.

Оскільки цифрова трансформація змінює морську галузь, інвестиції у розвиток технічно підготовленої робочої сили мають вирішальне значення. Розвиваючи цифрові навички, морська галузь може гарантувати, що вона залишиться конкурентоспроможною та стійкою перед майбутніми технологічними викликами. Усунення поточного розриву у цифрових навичках не тільки підвищує операційну ефективність, а й відчиняє двері для більш різноманітної, у тому числі інклюзивної робочої сили. Успіх морської галузі зрештою залежатиме від того, наскільки добре вона адаптує свій людський капітал для навігації цим цифровим потоком.

Задля цього необхідно постійно підвищувати кваліфікацію викладачів морської справи, щоб вони могли викладати новітні цифрові технології. Тільки так морська галузь зможе ефективно підготувати наступне покоління морських фахівців до цифрової доби.

licy74@gmail.com

УДК 656.615. (477)

Перепічко М.Є., ст. викл.

Самойловська В.П., доц.

ОНМУ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВАРІАТИВ ТРАНСПОРТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ ІНТЕГРАЦІЇ В СИСТЕМІ «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».



Рисунок 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 парку та склади індустріального парку, 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».

Для ідентифікації структури витрат за можливими варіантами транспортного забезпечення у системі «порт – індустріальний парк» розглянемо та представимо схематично (рис. 2) можливі варіанти транспортно-технологічного оснащення системи «порт-індустріальний парк».

На рис. 2 штрихуванням позначено області з різним транспортно-технологічним оснащенням в залежності від місця розташування індустріального парку, а саме від відстані між причалом (стивідорна компанія) та безпосередньо контейнерним майданчиком індустріального парку:

1)  – зона транспортного забезпечення, де відстань між причалом (стивідорною компанією) та індустріальним парком (індустріальний парк на території порту) від 60 метрів до 100 метрів та використовується підйомно-

транспортне обладнання стивідорної компанії;

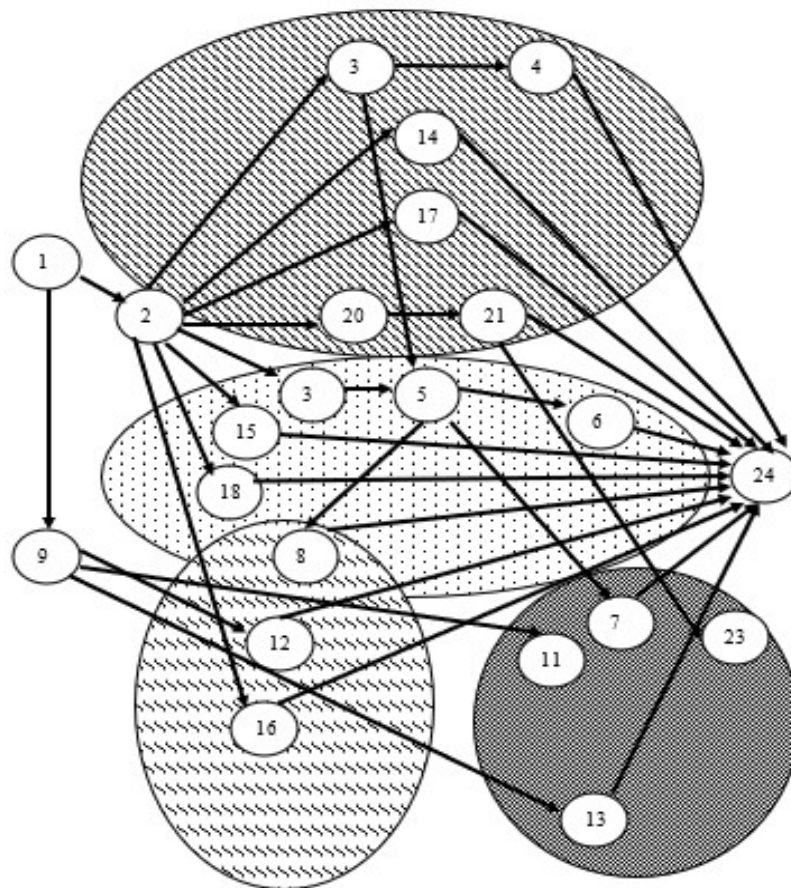


Рисунок 2 – Схема можливих варіантів транспортного забезпечення системи
«порт-індустріальний парк»

2)  – зона транспортного забезпечення, де відстань між причалом (стивідорною компанією) та індустріальним парком (територія порту) понад 100 м;

3)  – зона транспортного забезпечення, де використовується підйомно-транспортне обладнання стивідорної компанії та автомобільний транспорт (індустріальний парк знаходиться на прилеглий до порту території);

4)  – зона транспортного забезпечення, де використовується підйомно-транспортне обладнання стивідорної компанії та залізничний транспорт (індустріальний парк знаходиться на прилеглий до порту території).

Транспортно-технологічне забезпечення пропонованої системи представлено транспортно-технологічними операціями, що побудовані у технологічний ланцюжок.

В залежності від місця розташування індустріального парку та обладнання, що використовується стивідорною компанією кожна транспортно-технологічна операція виконується у різних областях транспортно-технологічного оснащення. На рис. 2 цифрами позначено транспортно-технологічні операції, які більш детально представлено в табл. 1.

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 ході з подальшим навантаженням на термінальний тягач;
16	переміщення контейнера з крана на пневматичному ході 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 ході 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 ході на автоматизовані транспортні навантажувачі та доставка на індустріальний парк;
23	переміщення контейнерів зі складу порту козловим краном на рейковому ході 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 656.073

Ю.В. Шульдінер, к.т.н., доц.,

С.В. Петрик, асп.

Український державний університет залізничного транспорту, Харків, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛАНЦЮГІВ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ НА ОСНОВІ МОДЕЛЕЙ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

***Анотація.** У сучасних умовах глобалізації та розвитку міжнародної торгівлі мультимодальні перевезення відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності логістичних процесів. Вони дозволяють оптимізувати маршрути, мінімізувати витрати та скорочувати час доставки, проте стикаються з низкою інфраструктурних, екологічних та організаційних проблем. Дослідження спрямоване на розробку оптимальних підходів до планування мультимодальних перевезень вантажів із використанням математичних моделей транспортної оптимізації.*

Проблематика. Проблеми вдосконалення транспортно-логістичних систем, сучасних методів перевезення вантажів, організації комбінованих

перевезень, а також розвитку мультимодальних та інтермодальних транспортних схем широко висвітлюються в працях українських і зарубіжних науковців.

Актуальним залишається питання впровадження сучасних логістичних технологій, спрямованих на зменшення витрат ресурсів у мультимодальних транспортних системах. Крім того, особливу цінність для України становлять дослідження, що стосуються оптимізації вантажопотоків у напрямку Україна – Європа на основі мультимодальних маршрутів. Важливим є і вплив транснаціональних корпорацій на глобальну економіку, що підкреслює необхідність ефективної взаємодії між різними видами транспорту. Таким чином, розвиток мультимодальних перевезень розглядається не лише як важливий елемент транспортної галузі, а й як стратегічний чинник економічного зростання держав.

Основні матеріали дослідження. У сучасних умовах глобалізації та розвитку міжнародної торгівлі ефективність ланцюгів доставки вантажів є ключовим фактором для забезпечення безперебійного постачання товарів. Мультимодальні перевезення, які поєднують кілька видів транспорту[1], дозволяють мінімізувати витрати, оптимізувати логістичні процеси та підвищити швидкість доставки. Впровадження новітніх технологій та вдосконалення логістичної інфраструктури сприяє зменшенню ризиків, пов'язаних із нестабільністю маршрутів і зміною ринкової кон'юнктури.

У логістиці мультимодальні перевезення використовують різні комбінації видів транспорту для забезпечення максимальної ефективності доставки вантажів. Основними моделями мультимодальних перевезень є:

- Повітряно-морські перевезення (Sea-Air transport).
- Автомобільно-повітряні перевезення (Road-Air transport).
- Автомобільно-залізничні перевезення (Rail-Road transport).
- Комбінована модель "залізничний – автомобільний – внутрішній водний – морський транспорт" (Rail-Road-Inland Waterway-Sea transport).
- Модель "сухопутний міст" (Land Bridge transport).

На Рисунку 1 представлено розподіл мультимодальних перевезень за видами транспорту. Діаграма демонструє, що найбільшу частку (35%) займають автомобільно-залізничні перевезення (Rail-Road transport). Такий розподіл пояснюється тим, що залізничний транспорт забезпечує високу вантажопідйомність, економічну ефективність та екологічну безпечність, тоді як автомобільний транспорт додає гнучкість на коротких дистанціях. Ця модель активно використовується у країнах з добре розвиненою залізничною інфраструктурою, зокрема у Європі, США та Китаї.



Рисунок 1 – Розподіл по використанню основних моделей мультимодальних перевезень.

Аналіз розподілу мультимодальних перевезень свідчить, що найбільш популярні мультимодальні моделі поєднують залізничний та автомобільний транспорт, а також морські перевезення, завдяки їх економічній ефективності. Авіаційний транспорт використовується рідше через високу вартість. Отримані результати підкреслюють необхідність подальшого розвитку інфраструктури мультимодальних перевезень, зокрема вдосконалення залізничної та морської логістики, інтеграції цифрових технологій для покращення управління перевезеннями та стимулювання екологічно чистих рішень у транспортній галузі.

Оптимізація мультимодальних перевезень є критично важливим завданням для логістичних компаній, оскільки дозволяє мінімізувати витрати, скоротити час доставки та підвищити ефективність використання транспортних ресурсів.

Оптимізаційна модель мультимодальних перевезень базується на методах лінійного програмування та комбінаторної оптимізації. Основними змінними є: x_{ij}^k – керуюча змінна: кількість вантажу(тонн), що транспортується між пунктами i та j видом транспорту k .

C_{ij}^k – вартість перевезення одиниці вантажу між пунктами i та j обраним видом транспорту k .

t_{ij}^k – час транспортування між пунктами i та j видом транспорту k .

p_k – коефіцієнт вартості одиниці часу доставки для виду транспорту k .

K_j - пропускна здатність транспортного вузла j (тонн).

D_i – попит на вантаж у пункті i .

V_{ij}^k – максимальна вантажопідйомність транспорту k на ділянці $i \rightarrow j$

Метою оптимізації є мінімізація загальних витрат на перевезення, що включають прямі транспортні витрати (паливо, експлуатаційні витрати, тарифні ставки). Часові витрати (простій транспорту, затримки на перевантаження). Митні та адміністративні витрати.

Цільова функція набуває вигляду:

$$\min Z = \sum_i \sum_j \sum_k (C_{ij}^k + p_k * (t_{ij}^k)) * x_{ij}^k. \quad (1)$$

де: $C_{ij}^k * x_{ij}^k$ – вартість транспортування.

$p_k * t_{ij}^k * x_{ij}^k$ – витрати, пов'язані з тривалістю доставки.

Ця функція дозволяє ефективно мінімізувати витрати, враховуючи як фінансові, так і часові показники. Однак, при оптимізації мультимодальних маршрутів необхідно врахувати низку обмежень:

- Баланс вантажопотоків:

$$\sum_k \sum_j x_{ij}^k - \sum_k \sum_j x_{ij}^k = S_i - D_i, \quad \forall i. \quad (2)$$

Ця умова означає, що обсяг вантажу, який прибуває в транспортний вузол, має дорівнювати обсягу вантажу, що його залишає (крім пунктів відправлення та призначення)

- Пропускна здатність вузлів перевалки:

$$\sum_i \sum_j x_{ij}^k \leq K_j, \quad \forall j. \quad (3)$$

Транспортні вузли (потри, термінали) мають обмежену здатність до обробки вантажів, що необхідно врахувати при виборі оптимального маршруту.

- Вантажопідйомність на маршрутах:

$$x_{ij}^k \leq V_{ij}^k, \quad \forall i, j, k. \quad (4)$$

У пункті призначення має бути забезпечений необхідний обсяг поставок відповідно до попиту.

- Невід'ємність змінних:

$$x_{ij}^k \geq 0, \quad \forall j, j, k \quad (5)$$

Оскільки перевезення не можуть бути від'ємними, всі значення мають бути додатними.

Запропонована математична модель оптимізує мультимодальні перевезення, ефективно розподіляючи вантажопотоки між різними видами транспорту та мінімізуючи витрати. Оптимізація маршрутів дозволяє обирати оптимальні комбінації транспорту з урахуванням витрат, часу та екології.

Таким чином, впровадження цільової моделі дозволяє значно покращити роботу мультимодальних перевезень, забезпечуючи оптимальний вибір транспортних маршрутів, скорочення часу доставки, зменшення фінансових витрат і покращення екологічних показників. Це сприяє не лише ефективнішому використанню ресурсів, а й загальному розвитку логістичної галузі, підвищуючи її конкурентоспроможність у міжнародній торгівлі.

Висновки. Мультимодальні перевезення є ключовим елементом сучасної логістики, дозволяючи оптимізувати витрати та підвищити ефективність. Важливим є вибір оптимальної моделі, що мінімізує витрати, з використанням цільової функції. Розвиток галузі забезпечується новими технологіями, електронними платформами та інтеграцією транспорту.

julia.shuldiner@gmail.com

Serhiy.p@bigmir.net

УДК 656.6: 005.334

Пітерська В.М., д.т.н., проф.

Одеський національний морський університет, Україна

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ІНТЕГРАЦІЇ ПРОЕКТНОГО УПРАВЛІННЯ У ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКУ ДІЯЛЬНІСТЬ

***Анотація.** У роботі досліджуються особливості управління ризиками при організації системи доставки вантажів з орієнтацією на підвищення ефективності здійснення транспортно-експедиторської діяльності. Проаналізовано сучасні методологічні підходи до ідентифікації, оцінки та мінімізації ризиків. Запропоновано інтегровану модель управління ризиками на основі проектного підходу, що дозволяє оптимізувати та підвищити ефективність функціонування систем доставки вантажів.*

Проблематика дослідження. Сучасна система міжнародної торгівлі та

глобальної економіки функціонує за рахунок ефективної організації транспортних потоків. Транспортно-експедиторська діяльність, яка є невід'ємною складовою системи доставки вантажів, забезпечує комплексний супровід вантажів від відправника до одержувача. Однак, в умовах динамічних змін зовнішнього середовища, процес доставки вантажів піддається впливу численних ризиків, які можуть призвести до значних фінансових та часових втрат [1]. Проблематика ідентифікації, оцінки та управління ризиками в контексті організації системи доставки вантажів набуває особливої актуальності, зважаючи на інтенсифікацію міжнародної торгівлі, ускладнення логістичних процесів та зростання вимог споживачів до якості та швидкості надання послуг. Транспортно-експедиторські компанії, які прагнуть забезпечити конкурентоспроможність на ринку, повинні впроваджувати ефективні системи управління ризиками, що дозволять мінімізувати негативний вплив потенційних загроз та забезпечити стабільність функціонування систем доставки вантажів.

Основні матеріали дослідження. Ефективне управління ризиками в транспортно-експедиторській діяльності потребує чіткої ідентифікації та класифікації потенційних загроз. Запропоновано наступну класифікацію:

- комерційні – ризики зміни ринкової кон'юнктури, неплатоспроможності клієнтів, коливання валютних курсів, зміни тарифів;
- операційні – ризики пошкодження або втрати вантажу, затримки доставки, помилки в документації, збої в інформаційних системах;
- технологічні – ризики відмови транспортних засобів, невідповідності інфраструктури, технологічні збої;
- політичні та правові – зміни в законодавстві, політична нестабільність, санкції, зміни в митних процедурах;
- екологічні – погодні умови, стихійні лиха, екологічні обмеження та вимоги;
- інформаційні – кібератаки, втрата даних, порушення конфіденційності.

Важливо звернути уваги на операційні ризики, які безпосередньо пов'язані з

процесом транспортування вантажів та надання експедиторських послуг.

Проектний підхід до організації системи доставки вантажів передбачає розгляд кожного замовлення на транспортно-експедиторські послуги як окремого проекту, що має чітко визначені цілі, терміни, ресурси та результати. Такий підхід дозволяє структурувати процес управління ризиками та забезпечити системність у прийнятті рішень [2].

Інтеграція проектного управління в транспортно-експедиторську діяльність базується на наступних принципах:

- цілеспрямованість – визначення чітких цілей та результатів кожного проекту з доставки вантажів;
- системність – розгляд процесу доставки вантажів як системи взаємопов'язаних елементів;
- обмеженість у часі – встановлення чітких часових рамок для реалізації проекту;
- ресурсна забезпеченість – планування та розподіл ресурсів для реалізації проекту;
- орієнтація на результат – фокусування на досягненні запланованих результатів проекту.

Дослідження Міжнародної асоціації управління проектами свідчать, що імплементація проектного підходу в транспортно-логістичну діяльність дозволяє підвищити ефективність процесів на 15-20% та знизити рівень ризиків на 25-30% [3].

Запропонована модель інтегрованого управління ризиками при організації системи доставки вантажів базується на синтезі методології управління проектами та принципів ризик-менеджменту [4-6]. Модель включає наступні етапи:

1. Ініціація проекту доставки вантажу – визначення цілей, обмежень та вимог до проекту;

2. Ідентифікація ризиків – виявлення потенційних ризиків, які можуть вплинути на успішність проекту;
3. Якісна та кількісна оцінка ризиків – визначення ймовірності виникнення ризиків та масштабу їх наслідків;
4. Планування реагування на ризики – розробка стратегій та заходів щодо мінімізації ризиків;
5. Імплементация стратегій управління ризиками – впровадження запланованих заходів;
6. Моніторинг та контроль ризиків – відстеження ефективності заходів та актуалізація стратегій;
7. Завершення проекту та аналіз набутого досвіду – оцінка ефективності управління ризиками та формування бази знань для майбутніх проектів.

Ключовою перевагою запропонованої моделі є її адаптивність до специфіки конкретного проекту доставки вантажу та можливість інтеграції з існуючими системами управління в транспортно-експедиторських компаніях.

Висновки. Управління ризиками є критично важливим елементом організації ефективної системи доставки вантажів та забезпечення конкурентоспроможності транспортно-експедиторських компаній. Інтеграція проектного підходу в управління ризиками дозволяє структурувати процеси, підвищити ефективність управлінських рішень та забезпечити систематичність у роботі з потенційними загрозами. Запропонована модель інтегрованого управління ризиками на основі проектного підходу демонструє високу ефективність. Імплементация даної моделі дозволяє значно знизити кількість ризикових подій та масштаб їх наслідків, підвищити рівень задоволеності клієнтів та оптимізувати використання ресурсів у системі доставки вантажів.

Література:

1. Василенко В.О., Шостак Л.В. Управління ризиками в системі міжнародних вантажних перевезень. Київ: Центр навчальної літератури, 2023. 320 с.

2. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) – Seventh Edition. PMI, 2021. 370 p.

3. International Project Management Association. Project Excellence Baseline for Achieving Excellence in Projects and Programmes. IPMA, 2022. 285 p.

4. Shakhov A., Piterska V. The development of the risk management mechanism for innovation project. EUREKA: Physics and Engineering. Company "Scientific Route", Tallin. Number 3. 2018. P. 12–20.

5. Piterska, V., Rudenko, S., Shakhov, A. (2018), "Development of the Method of Forming of the Architecture of the Innovation Program in the System "University-State-Business"", International Journal of Engineering & Technology (UAE), vol. 7 (4.3), P. 232–239. DOI: 10.14419/ijet.v7i4.3.19793.

6. A. Shakhov, V. Piterska, V. Botsaniuk and O. Sherstiuk, "Mechanisms for Goal Setting and Risk Management of Concession Projects in Seaports," *2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*, 2020, pp. 185-189, doi: 10.1109/CSIT49958.2020.9321963.

varuwa@ukr.net

УДК 656.6:616-036

Решетков Д.М., к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет, Україна

РОЗВИТОК МОРСЬКИХ ПОРТІВ У КОНТЕКСТІ ОНОВЛЕНОЇ НАЦІОНАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ ДО 2030 РОКУ

***Анотація.** Розглядаються основні положення оновленої Національної транспортної стратегії України до 2030 року. Аналізується її вплив на реалізацію програмних документів розвитку у сфері морського транспорту з урахуванням викликів, що постали перед морськими портами України.*

***Ключові слова:** морський транспорт, стратегія розвитку, портова інфраструктура*

Проблематика. Оновлена Стратегія (попередня була затверджена в 2018 році) має актуалізувати чинну Національну транспортну стратегію України на період до 2030 року (НТС) з урахуванням викликів, які постали перед транспортною галуззю у зв'язку з повномасштабним вторгненням російської федерації, та постануть в майбутньому в процесі відновлення транспортного комплексу и від наслідків збройної агресії. Це дає новий імпульс до реалізації ключових програмних документів у сфері морського транспорту (Морської доктрини та Стратегії розвитку морських портів України), які були фактично зупинені.

Вступ. Збройна агресія російської федерації докорінно змінила транспортну систему України. Зазначені дії нанесли удар економіці України, оскільки морським сполученням до 2022 року здійснювалося близько 70% експорту українських виробників та значна частина імпорту.

Від ефективності функціонування морських портів України, рівня їх технологічного та технічного оснащення, відповідності системи управління та розвитку інфраструктури сучасним міжнародним вимогам залежить конкурентоспроможність вітчизняного транспортного комплексу на світовому ринку після війни.

Основний матеріал. У грудні 2024 року Уряд України схвалив оновлену Національну транспортну стратегію України до 2030 року. Також було затверджено операційний план заходів з реалізації Стратегії у 2025-2027 роках.

Відносно сучасного стану портової галузі у НТС відмічено, що транспортна система України з урахуванням тимчасово окупованої території має 18 морських портів (станом на кінець 2024 року функціонують лише шість портів). За підсумками 2024 року вантажообіг портів України досяг рекордного показника в 97,2 млн. т, що значно перевищує показник 2023 року, який складав 62 млн. т. На експорт Українським морським коридором завдяки злагодженій роботі портів Великої Одеси відправлено 76,4 млн. т вантажів до 52 країн світу.

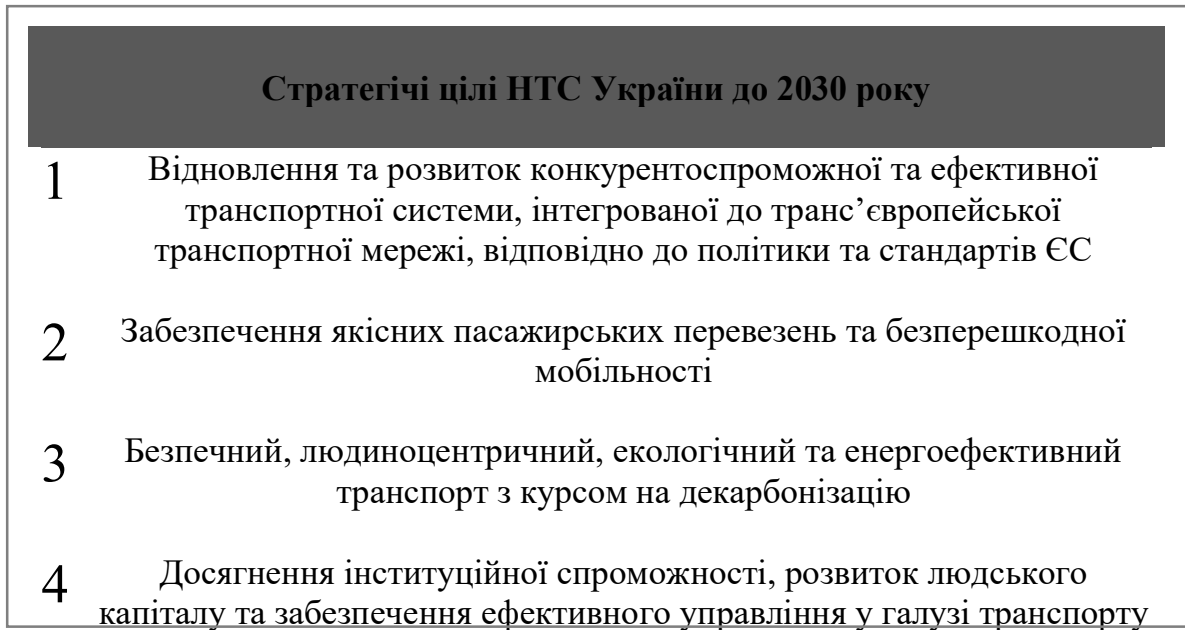


Рисунок 1 – Стратегічні цілі оновленої НТС України до 2030 року

Разом з тим, ці показники відстають від показників довоєнного періоду. Основними причинами, які перешкоджають нормальній роботі портів в даний час є: мінування акваторії, обстріли російською федерацією об'єктів портової інфраструктури та плавзасобів, що призвели до їх руйнування або пошкодження, інших активів та логістичної інфраструктури морських портів, складність проведення моніторингу стану акваторій морських портів внаслідок обстрілів держави-агресора та мінної небезпеки тощо (рис.2).

Тому реалізацію стратегічних цілей у частині морських портів після вирішення першочергових завдань НТС України визначає у таких основних напрямках:

- гармонізований розвиток припортової інфраструктури (залізничних підходів, автомобільних доріг) і пропускнуої спроможності морських портів з урахуванням розвитку інфраструктури Військово-Морських Сил Збройних Сил та Морської охорони Держприкордонслужби;

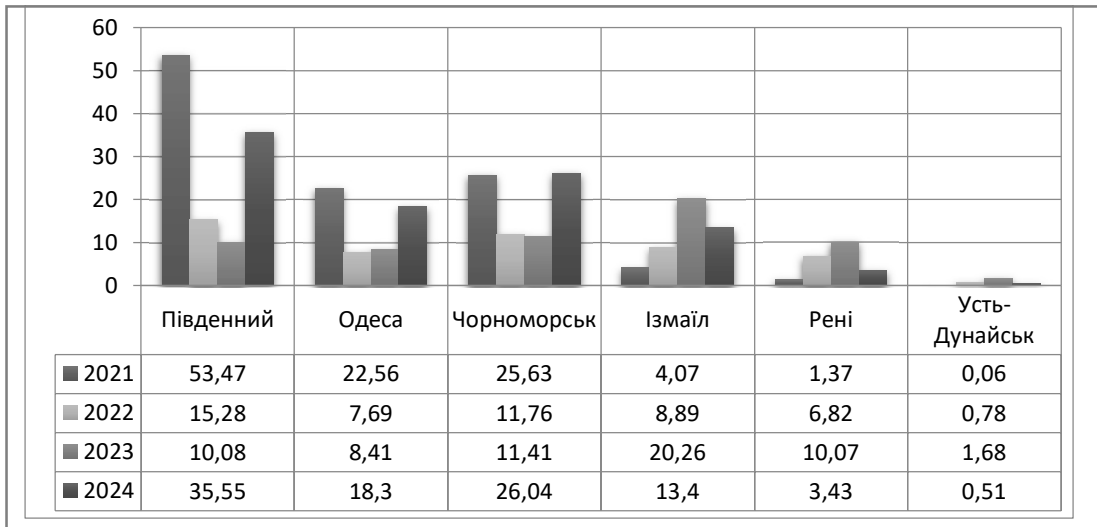


Рисунок 2 – Вантажообіг портів Великої Одеси та Дунайського регіону в 2021-2024 роках, млн.т

- створення конкурентних умов роботи морських портів та інфраструктури внутрішніх водних шляхів України та покращення умов доступу приватних інвестицій для їх розвитку (в тому числі шляхом збалансування дивідендної політики, переходу до більш ефективної моделі управління портами з чітко розподіленими обов'язками між державними органами та приватним сектором тощо);
- розширення потужностей Дунайського морського кластеру, створення інфраструктури для збільшення обсягів вантажообігу через р. Дунай, включаючи інфраструктуру портів, будівництво та реконструкцію автомобільних доріг та забезпечення залізничних перевезень в регіоні;
- спрощення встановлених законодавчих процедур для термінового відновлення інфраструктури морських портів;
- розробка «Схем розвитку морських та річкових портів України» із врахуванням нагальної потреби, перспективних вантажопотоків та розвитку потужностей портових операторів;

- перехід на альтернативні джерела енергопостачання із врахуванням економічної доцільності та ефективності, а також потреб щодо реалізації програм екологічної безпеки;

- удосконалення законодавства з метою розвитку морських портів, перехід до європейської моделі управління «порт-лендлорд», а також розгляд можливості запровадження інших моделей управління;

- запровадження заходів стимулювання застосування альтернативних видів палива і відновлювальних джерел енергії для транспортних засобів і об'єктів транспортної інфраструктури;

- запровадження механізму запобігання несанкціонованому втручанню в роботу транспорту.

Висновки. Оновлена Національна транспортна стратегія України дозволить підвищити інституційну спроможність органів управління транспортного сектору, сприятиме розвитку людського капіталу, цифровізації галузі з метою подальшої реалізації галузевих реформ та підтримки євроінтеграційного курсу України.

Цей документ дозволяє привести Стратегію розвитку морських портів України до 2038 року та інвестиційні плани ДП «Адміністрація морських портів України» у відповідність із Національною транспортною стратегією, що передбачає синергію між морськими портами, профільним міністерством та іншими органами виконавчої влади.

reshetkov@ukr.net

УДК 656.6:616-036

Решетков Д.М. к.т.н., доц.,

Павлова Н.Л. к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет, Україна

ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЧАЛУ В СИСТЕМІ ВИМІРЮВАННЯ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ПОРТУ

***Анотація.** Розглянуто новий підхід до визначення системи показників, які можна використовуватиме для вимірювання ефективності морських портів. Особлива увага приділяється основним показникам з метою оцінки продуктивності причалу. Обґрунтовано їх роль у прийнятті рішень та виборі стратегічного напрямку розвитку порту. Доведено необхідність приєднання України до ініціатив у цій сфері.*

***Ключові слова:** ефективність роботи порту, пропускна здатність причалу, час очікування, час обслуговування.*

Проблематика. Конференція ООН з торгівлі та розвитку (ЮНКТАД) та деякі інші професійні джерела останнім часом опублікували низку нових матеріалів, у яких вказується на те, що в сучасних умовах для оптимізації своєї роботи порти повинні мати надійні та доступні показники, які дозволяють вимірювати свою ефективність та порівнювати її з ефективністю інших портів.

Вступ. Оцінка ефективності роботи порту є складною через такі фактори: велика кількість параметрів; відсутність оновлених, об'єктивних та надійних опублікованих даних; відсутність загальноприйнятих та загальноприйнятих визначень; сильний вплив місцевих факторів на отримані дані; різне тлумачення ідентичних результатів різними заінтересованими сторонами. Разом з тим останнім часом завдяки перевагам обробки даних та цифровізації автоматизації процесів став доступним більший обсяг інформації та показників, які можна використовувати для вимірювання ефективності порту.

У зв'язку з цим для морських портів України буде корисним досвід

встановлення низки ключових показників ефективності порту, які забезпечують глобальне та структуроване уявлення про продуктивність порту.

Основний матеріал. Концепції, пов'язані з вимірюванням пропускної спроможності або продуктивності порту в рамках операцій з обробки вантажів у порту можна розділити на три категорії (рис.1):



Рисунок 1 – Концепції вимірювання пропускної спроможності порту

Особливе місце в цій класифікації посідають показники вантажних операцій, які можуть бути корисними інструментами для прийняття рішень та вибору стратегічного спрямування.

Показники ефективності причалу

Показники ефективності причалу переважно стосуються розрахунку часу очікування судна та його часу в порту. Проблема полягає у забезпеченні оптимального використання причалів у порту: недостатня місткість причалу призведе до затримок судна, надмірна місткість стане марною витратою капіталу

та ресурсів порту.

Основні показники, що рекомендуються для оцінки продуктивності причалу:

1. Пропускна спроможність причалу (Пп) — загальний тоннаж або кількість одиниць, оброблених на одному причалі (TEU на контейнерних причалах, тонни, переміщені на причалах для насипних та генеральних вантажів, кількість транспортних засобів, оброблених на причалах RO-RO) за певний період часу (тижні, місяці або місяці).

$Пп = \text{загальна кількість одиниць, оброблених за період часу}$

2. Час очікування — час, який судно проводить в очікуванні вільного причалу, тобто затримка між прибуттям судна до порту та його швартуванням біля причалу. Показником продуктивності є *коефіцієнт очікування (Коч)*, який для окремого судна може бути встановлений за формулою:

$Коч = \text{Час очікування причалу} / \text{Час обслуговування}$

3. Час обслуговування - час, протягом якого судно знаходиться біля причалу, незалежно від того, працює воно чи ні. Показник ефективності *коефіцієнт часу обслуговування (Кчо)* може бути встановлений для причалу, терміналу або порту за допомогою формули:

$Кчо = \text{Накопичений час обслуговування} / \text{Загальна кількість суден}$

4. Час у порту або час обороту - загальний час, який судно проводить у порту з моменту прибуття до порту до остаточного відправлення. Показник ефективності, *коефіцієнт часу в порту (Ко)*, може бути встановлений для причалу терміналу або порту за допомогою формули:

$Ко = \text{Накопичений час очікування} + \text{Час обслуговування} / \text{Загальна кількість суден}$

5. Рівень очікування. З комерційних причин розраховується *коефіцієнт ступеня очікування (GW)*. Порівняння часу очікування з часом обслуговування дає добрий показник того, що прийнятно для судновласників. Судновласники зазвичай приймають коефіцієнт 10% Grade of Waiting, за межами якого порт

вважається неефективним або неякісним.

GW = Накопичений час очікування/ Накопичений час обслуговування

6. Коефіцієнт зайнятості причалу (Кзп) - визначається шляхом розподілу часу, протягом якого причал був зайнятий (у годинах на рік), на загальну кількість годин на рік (8760). Він показує рівень попиту портові послуги.

Кзп = Загальний час обслуговування (на причал) / Годинники року (8760)

7. Коефіцієнт робочого часу причалу (Крчп) - пов'язує кількість годин, протягом яких судно працювало в порту протягом загального часу обслуговування на причалі. Він інформує, чи є тривалий простій під час роботи причалу. Наприклад, коефіцієнт робочого часу причалу 50% означає, що порт працює лише 12 годин на день, а судно простоює протягом 12 годин.

Крчп = Загальний відпрацьований час / Загальний час обслуговування

Висновки. Показники вантажних операцій є орієнтирами для оцінки поточної продуктивності та порівняння її з цілями, сприяючи виявленню областей для подальшої уваги або зусиль. Вимірюючи та покращуючи продуктивність, порти можуть зміцнити свою конкурентоспроможність та залучити більше вантажопотоку.

Щоб показники вантажних операцій були особливо корисними, вони мають бути відносно простими для розрахунку та розуміння. Крім того, показники повинні надавати керівництву порту чітку інформацію щодо ефективності ключових областей операцій. Реєструючи та аналізуючи показники на періодичній основі, можна виявити тенденції ефективності та визначити, чи досягаються поліпшення чи потрібні коригування процесів.

reshetkov@ukr.net
pavlova_1983@ukr.net

УДК 656.614.3

Смаженко О.П., студ.,

Холоденко А.М., проф.

Одеський національний морський університет

ПРОБЛЕМАТИКА КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ В УКРАЇНІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Актуальність теми. Контейнерні перевезення є одним із ключових сегментів транспортної логістики України, забезпечуючи ефективне переміщення товарів як усередині країни, так і в міжнародному сполученні. До початку повномасштабної війни у 2022 році морські порти, залізничні термінали та автомобільні хаби формували ефективну систему контейнерних перевезень.

Однак війна суттєво вплинула на цей сектор, призвівши до фізичного руйнування логістичної інфраструктури, зміни традиційних транспортних маршрутів, зростання собівартості перевезень і появи нових викликів для українських експортерів та імпортерів. На тлі цих змін спостерігається перебудова логістичних ланцюгів, адаптація до нових реалій та пошук альтернативних шляхів перевезень.

Аналіз актуальних проблем та пошук ефективних рішень є критично важливими для збереження контейнерних перевезень в Україні та їх подальшого розвитку.

Основні проблеми контейнерних перевезень в Україні. Руйнування логістичної інфраструктури.

Через активні бойові дії значна частина логістичної інфраструктури України зазнала руйнувань або тимчасового блокування, зокрема:

- знищення або пошкодження морських портів, особливо в Чорному морі (Маріупольський, Бердянський порти втрачено, а Одеський, Чорноморський та Південний періодично зазнають атак);

- руйнування або пошкодження залізничних вузлів і контейнерних терміналів, що ускладнює перевезення контейнерів залізничним транспортом;
- втрата частини автомобільних шляхів, що знижує ефективність комбінованих перевезень.

Ці проблеми безпосередньо впливають на швидкість і вартість доставки вантажів, змушуючи бізнес шукати нові маршрути.

Закриття традиційних маршрутів і зниження обсягів перевезень

До війни основний потік контейнерних перевезень України проходив через порти Одеси, Чорноморська та Південного. Вони були основними воротами для імпорту та експорту товарів, зокрема зерна, металопродукції, промислових товарів і побутової техніки. Після початку блокади Чорного моря Україна була змушена перенаправити частину логістичних потоків через сухопутні маршрути до сусідніх країн, таких як Польща, Румунія та Словаччина.

Наслідки цього:

- перевантаженість залізничних і автомобільних пунктів пропуску на кордоні, виникли черги з вантажівок і вагонів, що затримує постачання;
- скорочення морського імпорту контейнерних вантажів – компанії шукають альтернативи, такі як доставка товарів через європейські логістичні центри з подальшим транзитом в Україну;
- збільшення часу транспортування: наприклад, вантаж, який раніше доставлявся за 7-10 днів морем, тепер може доставлятись за 20-30 днів через зміну маршрутів.

Зростання собівартості контейнерних перевезень

Зміна маршрутів і загальна криза у сфері логістики призвели до значного зростання вартості перевезень. Основні фактори цього:

- здорожчання пального, зокрема, для автомобільного транспорту через перебої в постачанні та коливання цін на світовому ринку;

- високі витрати на страхування вантажів – через воєнні ризики страхові компанії або суттєво піднімають тарифи, або взагалі відмовляються страхувати вантажі;

- додаткові витрати на перевантаження – оскільки контейнери тепер часто перевантажуються на кордоні, це додає логістичних витрат.

Ці фактори призводять до збільшення кінцевої вартості товарів, що негативно впливає на економіку та конкурентоспроможність українських компаній.

Проблеми з міжнародною логістикою

Окрім внутрішніх труднощів, українські перевізники стикаються з проблемами на міжнародному рівні:

- складнощі з проходженням митниці та перевірок у країнах ЄС – внаслідок перевантаженості європейських митних пунктів оформлення контейнерних вантажів займає більше часу;

- обмеженість контейнерного парку – війна призвела до втрати частини контейнерів і перевізного обладнання, що ускладнює організацію перевезень;

- нерозвиненість залізничної інфраструктури для контейнерних перевезень між Україною та ЄС - через різницю в ширині залізничних колій часто виникають затримки.

Перспективи та можливі рішення

Незважаючи на всі зазначені труднощі, контейнерний ринок України адаптується до нових умов, і вже зараз є шляхи для його стабілізації та розвитку.

Розвиток альтернативних маршрутів

- використання портів Румунії (Констанца), Польщі (Гданськ) та Балтійських країн для перевалки контейнерів;

- покращення логістики сухопутних перевезень через Польщу, Словаччину та Угорщину;

- адаптація транспортних коридорів у рамках ініціативи «Шлях солідарності» між Україною та ЄС.

Модернізація залізничної та автомобільної інфраструктури

- будівництво нових перевантажувальних терміналів на кордонах із ЄС;

- придбання сучасного рухомого складу для перевезення контейнерів;
- розширення пунктів перетину кордону для автомобільного транспорту.

Цифровізація та спрощення логістичних процесів

- впровадження електронного документообігу та автоматизація митних процедур;
- розвиток систем GPS-моніторингу та трекінгу контейнерів для оптимізації логістичних маршрутів.

Державна підтримка та міжнародне співробітництво

- лобіювання нових спільних логістичних проєктів із ЄС;
- залучення міжнародних інвестицій у транспортну галузь;
- впровадження програм фінансової підтримки для логістичних компаній.

Висновки

Таким чином, контейнерні перевезення в Україні перебувають у складному становищі, але адаптація до нових умов триває. Впровадження альтернативних маршрутів, модернізація інфраструктури та цифровізація логістики сприятимуть відновленню і розвитку галузі.

УДК 656.61:656.073

Софронов А.І., асп.,

Судник Н.В., к.е.н., доц.

Одеський національний морський університет, Україна

**АЛГОРИТМ ВИБОРУ НАПРЯМКУ РОБОТИ СУДНА В УМОВАХ
ВОЛАТИЛЬНОСТІ ФРАХТОВОГО РИНКУ**

***Анотація.** Морські перевезення масових вантажів є найбільш важливою частиною світової торгівлі, а у контексті України – експорт зернових вантажів є стратегічно важливим напрямком економіки. І на відміну від лінійних перевезень, рівень фрахтових ставок є більш схильним до короткострокової волатильності, і залежить від більшої кількості*

факторів. У статті досліджується проблема тактики вибору напрямку роботи судна в умовах високої волатильності фрахтового ринку.

Проблематика. а даними 2023 року, світовий балкерний флот складає більш ніж 13 тис. суден, які транспортують біля 3,2 мільярди тон масових сухих вантажів кожного року, і кількість суден і вантажообігу збільшується кожного року. При цьому, на відміну від лінійних контейнерних перевезень, на ринку трампових перевезень за кожним окремим рейсом стоїть окремий ланцюг прийняття рішень з обох боків – фрахтувальника та судновласника, який залежить від факторів, що унікальні для кожного з можливих пар вантаж-судно.

При роботі флоту на ринку розмір фрахтової ставки визначається не лише з боку судновласника через розрахунок рейсових витрат і ТЧЕ (тайм-чартерного еквіваленту), але і залежить від ринкової ситуації (балансу між попитом тоннажу та пропозицією вантажу), особливо на найбільших та постійних вантажопотоках світового та локального фрахтового ринку. Для найбільш прибуткової роботи флоту, фрахтовому менеджеру судноплавної компанії необхідно визначати найбільш привабливий для виконання рейс залежно від ТЧЕ, рівня ринкової фрахтової ставки, обмежень щодо можливості роботи суден між конкретними портами, та загальної стратегії судноплавної компанії щодо локального фрахтового ринку, на якому експлуатується флот. В умовах волатильності фрахтового ринку, постає проблема максимізації прибутку від роботи судна та флоту, при цьому враховуючи обмежену гнучкість прийняття рішень, специфічну особливо для флоту малого тоннажу – коастерів – які на відміну від суден типорозміру «хендімакс» або «панамакс», не мають можливості «перейти» від одного фрахтового ринку до іншого, і ринок тайм-чартеру малого тоннажу вкрай обмежений.

Основні матеріали дослідження. Експорт сухих навалювальних вантажів з України до 2022 року здебільшого – близько 90% – відбувався через морські порти. З початком війни і блокади портів, експорт залізної руди та металопродукту морськими портами фактично перервався, а обсяг експорту зернових вантажів

через морські порти за підсумками 2022 року у відсотковому значенні склав лише 67% [8]. Після відновлення безперешкодного експорту та імпорту через порти Великої Одеси наприкінці 2023 року, експорт масових вантажів як у абсолютному, так і у відносному значенні, наближається до рівня 2021 року. Після відкриття глибоководних портів, судна тоннажу «хендісайз» та більше мали очікувати на проходження контролю спочатку на південній якірній стоянці Дарданелл, а після завантаження – на північній стоянці Босфору, що в свою чергу могло займати від 14 до 90 днів в окремих випадках. Такий великий час очікування суден призвело до зменшення вільних суден в регіоні, завдавши шоку локальному фрахтовому ринку, особливо в сегменті костерів, одночасно збільшивши попит на тоннаж (кількість зернових на експорт залишилася незмінною, але весь експорт мав бути суднами типу «костер»), зменшивши кількість тоннаже-миль в усьому регіоні (збільшення середнього часу рейсу через очікування суден на постановку під причал), та зменшивши кількість суден через відмову багатьох судновласників заходити в порти України, навіть на Дунаї. Судновласники, в свою чергу, намагаючись використати стрімке підвищення фрахтових ставок у своїх фінансових інтересах, поступово компенсували дисбаланс вільних тоннаже-миль за рахунок закупівлі та оренди суден-костерів з інших регіонів, що разом з розвитком інфраструктури портів Дунаю, призвело до стабілізації фрахтових ставок. Через закінчення дії «зернової ініціативи» фрахтові ставки знов стрімко зросли, однак після відкриття портів Великої Одеси для безперешкодного імпорту та експорту будь-яких типів вантажів, не лише зернових, фрахтові ставки стабілізувалися на рівні 2021 року, а на деяких напрямках – знаходяться на рівні нижче, ніж до повномасштабного вторгнення.

Таким чином, у практичній діяльності фрахтового менеджера судноплавної компанії постає питання максимізації прибутку від експлуатації судна, і водночас – мінімізації кількості часу, коли судно не виконує рейс. Прийняття даного рішення потребує як розрахування ТЧЕ та аналізу умов

чартер-партії кожного з потенціальних рейсів окремо, так і «тактики» вибору рейсу залежно від ринкової ситуації (фрахтові ставки зростають, падають, або не змінюються). Нижче будуть запропоновані варіанти виконання рейсів – «тактики» поведінки на ринку – і проведений порівняльний аналіз цих варіантів.

Далі пропонуються алгоритми вибору напрямку (Варіант_k, $k = \overline{1, t}$) експлуатації судна на рейс в залежності від стану ринку:

- Варіант 1 – завжди найшвидший рейс, $t_{pi} = \min$;
- Варіант 2 – завжди найбільша фрахтова ставка, $f_{ij} = \max$;
- Варіант 3 – якщо ринок знижується або залишається на тому ж рівні, то обирається найшвидший рейс, а якщо ринок підвищується – то найдовший рейс, $f_{ij} \geq f_{i(j+tpi)} \Rightarrow t_{pi} = \min$; $f_{ij} < f_{i(j+tpi)} \Rightarrow t_{pi} = \max$;
- Варіант 4 – протилежність варіанту 3, $f_{ij} \leq f_{i(j+tpi)} \Rightarrow t_{pi} = \min$; $f_{ij} > f_{i(j+tpi)} \Rightarrow t_{pi} = \max$;
- Варіант 5 – випадкова постановка судна на рейс.

Варіант 1 націлений на максимізацію кількості виконаних рейсів за відповідний період експлуатації судна, варіант 2 – на максимізацію прибутку від кожного рейсу. Варіанти 3 та 4 запропоновані як «інтуїтивна» поведінка, при цьому не є взаємно виключними: при варіанті 3 обирається найшвидший рейс, щоб у випадку підвищення рівня ринкових фрахтових ставок закінчити швидкий рейс і обрати більш вигідний напрямок, а при варіанті 4 – «переждати» низький ринок на довгому рейсі. Варіант 5 доданий для порівняння.

Для аналізу ефективності роботи судна за кожним з запропонованих варіантів вводиться показник усередненого тайм-чартерного еквіваленту $\overline{TЧЕ}_k$:

$$\overline{TЧЕ}_k = \frac{\sum_1^m TЧЕ_{ij}}{\sum_1^t n_{pk}}$$

Таблиця 1 – Результати варіантів роботи судна залежно від ринкової ситуації за першим та другим експлуатаційним періодом

Період	Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3	Варіант 4	Варіант 5
$\overline{TЧЕ}_k 1$	5432	4770	5079	4680	4520
$\overline{TЧЕ}_k 2$	2430	1804	1593	2074	1339
$\sum \overline{TЧЕ}_k / 2$, за рік	3931	3287	3336	3377	2929,5

Отже при експлуатації судна на ринку, що підвищується, найвигіднішим знову є варіант з найшвидшими рейсами, а другий за ефективністю – варіант 4 – або «пережидання» зниження ринку на найдовшому рейсі. «Випадковий» варіант роботи судна в обох варіантах є найзбитковішим.

При цьому, якщо поєднати варіанти 3 та 4 і використовувати їх залежно від сезонних очікувань, то $\sum \overline{TЧЕ}_k$ за рік $((\overline{TЧЕ}_{3-1} + \overline{TЧЕ}_{4-2}) / 2)$ буде дорівнювати 3577 долл/добу, що є другим за вигідністю варіантів після варіанту 1 – завжди найшвидші рейси.

Висновки.

1) Були розроблені та запропоновані варіанти експлуатації судна в залежності від змін у стані фрахтового ринку – алгоритми вибору рейсу за одним зі суміжних напрямків.

2) За результатами розрахунку середнього ТЧЕ по кожному з варіантів з використанням фактичних ретроспективних значень фрахтових ставок було визначено, що при будь-якому стані фрахтового ринку найбільш ефективним варіантом є експлуатація судна на найшвидшому напрямку, а другим за ефективністю при ринку, що знижується, є обирання найдовших рейсів при підвищенні рівня фрахтових ставок, а на ринку, що зростає - «пережидання» зниження ринку на найдовшому рейсі.

Звичайно, у практичній діяльності, особливо у період особливого дисбалансу попиту та пропозиції, вибір напрямків для експлуатації судна може бути обмеженим, і результати цього дослідження не є ідеальними через

відсутність зворотних вантажів – тому подальші перспективи розвитку даного напрямку є: детальний аналіз та візуалізація більшості вантажопотоків усього Чорного та Середземного морів залежно від тоннажу; розвиток запропонованого алгоритму з урахуванням зворотних вантажів та ціни на бункер; детальний огляд факторів невизначеності, що впливають на рівень фрахтового ринку та результати окремого рейсу; моделювання розстановки флоту з різним тоннажем та формою власності з урахуванням факторів невизначеності та волатильності фрахтового ринку, та апробація результатів, спираючись на фактичний рівень фрахту.

sofronov.tony@gmail.com

nadya1975@ukr.net

UDC 629.561

Steba A. A.

Odessa National Maritime University, Ukraine

PROBLEMS AND PROSPECTS OF USING UNMANNED AUXILIARY FLEET

***Annotation.** One of the most promising innovations in modern transport technologies is the use of unmanned tugs for ship service operations. These autonomous technologies not only improve the efficiency and safety of vessel handling but also offer new opportunities for optimizing processes amid rapidly growing maritime cargo volumes. Addressing this issue is a key step toward developing smart ports of the future, where automation and environmental sustainability become top priorities.*

Problem Statement. The objective of this paper is to explore the prospects of deploying unmanned tugs in ports, analyze their advantages over traditional manned auxiliary fleets, identify potential challenges, risks, and implementation limitations, and review international experiences with such technologies.

Main Research Material. Unmanned tugs are high-tech marine vessels capable of towing ships in ports without onboard crew. Their operation is based on the integration of modern technologies, including autonomous systems, navigation, and control systems. The core of an unmanned tug lies in an autonomous control system combining artificial intelligence and machine learning. These systems analyze large volumes of real-time data from various sensors, cameras, and devices. A crucial element is their capacity for independent decision-making, such as route optimization, speed adjustment, or collision avoidance.

These autonomous tugs are equipped with automatic target detection and recognition systems (ARPA, cameras, lidars), allowing operation in challenging conditions, such as poor visibility or heavy traffic.

For accurate and safe navigation, they use high-precision satellite positioning systems (GPS, GLONASS). In port areas, where even minimal deviations are critical, autonomous tugs are integrated with local navigation systems, such as shore-based radar stations or RTK (Real-Time Kinematic) systems, ensuring centimeter-level accuracy. Navigation algorithms allow the tug to account for environmental conditions such as tides, currents, and vessel traffic. Pre-loaded port maps are supplemented by real-time data to help avoid hazardous zones.

Remote operation of unmanned tugs is carried out via a monitoring center, where operators can assume manual control if necessary. Human-system interaction is facilitated through interfaces that display the vessel's status, route, and external conditions. Additionally, these tugs are equipped with communication systems that ensure uninterrupted data exchange with port infrastructure and other maritime participants.

The integration of autonomous systems, advanced navigation, and remote control renders unmanned tugs not only innovative but also effective tools for enhancing port safety and operational optimization.

Unmanned tugs feature a wide range of sensors and environmental monitoring systems, ensuring safe and efficient operation even under complex conditions.

The use of unmanned tugs in ports offers considerable advantages in economic, environmental, and operational domains. Their main benefit lies in eliminating human error, a major cause of maritime accidents. These systems, equipped with advanced sensors and AI, reduce risks of collisions and accidents during tight-port maneuvers. Furthermore, remote operation ensures safety for human operators, especially under severe weather or hazardous cargo conditions.

They reduce crew-related expenses, including training, salaries, and benefits. Their energy-efficient systems and electric propulsion minimize maintenance and operational costs. Additionally, route optimization and automated control contribute to fuel savings.

Often powered by hybrid or fully electric engines, unmanned tugs significantly reduce CO₂ and pollutant emissions. Their autonomous systems optimize movement, minimizing unnecessary energy consumption and enhancing environmental sustainability.

These tugs perform with high accuracy and predictability, capable of 24/7 operation without crew changes, thus reducing vessel service time and increasing port throughput. Integration with port infrastructure enables the creation of smart ports, where all systems work in harmony. Real-time data collection and analysis provide port operators with complete situational awareness, aiding in precise planning and problem detection.

Notable examples include NYK Line's unmanned tug trial in Tokyo Bay, which demonstrated safe and efficient autonomous mooring and towing, reducing operational time and risks. Japan plans to integrate such technologies across its ports by 2030 to enhance competitiveness.

Singapore, a global leader in port logistics, actively implements unmanned technologies. Under the MASS (Maritime Autonomous Surface Ships) program, Keppel Offshore & Marine's autonomous tugs successfully performed complex port maneuvers with AI-driven route planning and collision avoidance, reducing service time by 20%. These tugs are intended to synchronize with smart port ecosystems.

Another significant project is Kongsberg Maritime's autonomous tug, which achieved successful operations such as mooring and towing while reducing CO₂ emissions by 90% compared to traditional tugs.

Despite the advantages, several challenges hinder the implementation of unmanned tugs. Cybersecurity remains a major concern, as control system breaches can cause accidents. Ports must modernize infrastructure, including communication, navigation, and monitoring systems, requiring significant investment.

A major regulatory barrier is the lack of international standards and local regulations. There are currently no clear rules governing unmanned vessel operations, including tugs.

The social impact is also critical—autonomous technologies may reduce maritime employment, prompting resistance from labor unions and port workers.

Conclusion. The integration of unmanned tugs into ports is a promising direction capable of revolutionizing port logistics and maritime operations. These vessels offer numerous benefits: enhanced safety, reduced operational costs, improved environmental performance, and overall port efficiency.

However, their successful deployment demands addressing several technical, legal, financial, and social issues. Global collaboration, R&D investment, and infrastructure modernization are essential.

Successful cases in Japan, Singapore, and Norway highlight the potential of unmanned tugs and provide valuable benchmarks. Their experiences emphasize the need for international cooperation and a coordinated approach to technological, legal, and social challenges.

Unmanned tug integration is not just a step toward technological progress but also a contribution to a sustainable and secure maritime future.

steba.anastasiya@gmail.com

УДК 656.025.4

Зеленько Ю. В., д.т.н., проф.,

Тарасов В. В.

Український державний університет науки і технологій, Україна

СИСТЕМА ВІДСТЕЖЕННЯ ТА СУПРОВОДЖЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

***Анотація.** Спостерігається потреба у створенні єдиної надійної системи, здатної забезпечувати оперативний обмін достовірною інформацією між усіма учасниками процесу перевезення небезпечних вантажів. Для побудови такої системи доцільним є застосування функціонального моделювання, яке дозволяє структурувати складні логістичні процеси. Перспективним напрямом є розробка централізованої державної цифрової платформи, яка інтегруватиме розрізнені інформаційні потоки та забезпечить ефективне відстеження небезпечних вантажів.*

Проблематика. Відсутність єдиної інтегрованої системи для відстеження перевезення небезпечних вантажів у мультимодальних логістичних схемах ускладнює оперативний обмін достовірною інформацією між учасниками процесу. Існуючі інформаційні системи є фрагментованими, неуніфікованими за структурою даних, доступом та ієрархією, що призводить до низької ефективності їх застосування у надзвичайних ситуаціях. Відсутність формалізованих процедур цифрового моніторингу та централізованого підходу на державному рівні обмежує можливості комплексного контролю та своєчасного реагування на ризики під час перевезень небезпечних вантажів.

Основні матеріали дослідження. Аналіз світового досвіду використання інформаційних систем для оперативного обслуговування різних сфер діяльності з небезпечними вантажами підтверджує, що найпоширенішим є використання комбінованих систем, оскільки вони мають розширений функціонал та сферу застосування. Водночас інформаційно-довідкові системи є найпростішими, але мають очевидний ефект.

Отже, існує очевидна потреба у створенні ефективної та надійної інформаційної системи, яка може надавати оперативну, достовірну, оптимізовану інформацію різним операторам небезпечних вантажів, як у звичайному режимі роботи, так і в надзвичайних ситуаціях.

Для моделювання процедури організації роботи з небезпечними вантажами ми обрали методологію функціонального моделювання, яка дозволяє описувати процес як ієрархічну систему взаємопов'язаних функцій. Згідно з цією методологією, опис системи являє собою ієрархічно впорядковану та взаємопов'язану діаграму фрагментів системи. Система фрагментується на певну необхідну кількість найважливіших структурних елементів (підсистем), кожен з яких розробляється та аналізується окремо, що дозволяє забезпечити високий рівень деталізації та аналізу даних.

У мультимодальній системі «Відправник-Транспортувальник-Одержувач» від кожного учасника процесу, відповідно до його професійних обов'язків (залежно від виду транспорту), потрібні кваліфіковані дії та знання правил і норм обробки вантажів високого ризику. Водночас обсяг оперативної інформації є досить значним і постійно зростає, а частина інформації є неоднорідною за ієрархією, структурою, доступом та типом носіїв.

Аналіз моделей існуючих процедур та систем, що використовуються в галузі мультимодальних перевезень, демонструє відсутність універсалізації, специфічної кластеризації, інформаційних та операційних обмежень. Це підтверджує необхідність чіткої формалізації рівня організації цифрової системи та її операційних завдань. Найбільш перспективним напрямком є створення цифрової системи на рівні держави.

Ще один спосіб удосконалення системи – розробка моделі потоків даних та інформації, який інтегрує наразі ізольовані аспекти в єдину централізовану систему.

Висновки. Створення ефективної та надійної централізованої інформаційної системи державного рівня для відстеження перевезення

небезпечних вантажів дозволить інтегрувати потоки даних усіх учасників логістичного процесу в єдину цифрову платформу забезпечить оперативність, достовірність і оптимізацію обробки інформації.

Використання функціонального моделювання дасть можливість формалізувати структуру системи, деталізувати її підсистеми та забезпечити високу ефективність контролю за перевезенням вантажів високого ризику.

vsevolod.tarasov@gmail.com

УДК 656.614.3:656.615

Тихонін В. І., доц.,

Тихоніна І. І.

Навчально-науковий інститут морського бізнесу
Одеського національного морського університету, Україна

ОСОБЛИВОСТІ ВИМОГ ПРИ МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТУВАННІ РЕЖИМНИХ ВАНТАЖІВ

***Анотація.** Розглядаються основні вимоги законодавства та нормативних документів України до транспортних засобів призначених для транспортування харчових вантажів. Надано особливості вимог до суден при транспортуванні режимних вантажів морем.*

Проблематика. Основний обсяг експорту режимних вантажів України, як правило, проходить із використанням морського транспорту, тому підвищення схоронності при їх переробці в портах є одним з основних напрямків розвитку технологічних процесів їхнього перевезення, перевантаження та зберігання.

Основні матеріали дослідження. Значна частина псування й пошкоджень режимних вантажів пов'язана з біологічними процесами, які відбуваються з режимними вантажами [1, 2]. Їх можна умовно розділити на дві групи:

– пов'язані з різними біохімічними процесами, які відбуваються із самими

вантажами, та обумовлені їхніми біологічними характеристиками;

- вплив на вантажі різних біологічних об'єктів з навколишнього середовища.

В першого випадку використовують термін біохімічні зміни, що відбуваються в «живих» вантажах, у яких тривають певні зміни, пов'язані з їхніми біологічними особливостями. В основному це продовольчі (харчові) вантажі рослинного й тваринного походження [2].

Другий вид процесів називають біопшкодженнями або біоруйнаціями, які виникають внаслідок впливу на вантажі різних організмів. Біопшкодженню, крім вантажів рослинного й тваринного походження, піддаються й багато інших вантажів і об'єктів, що може істотно змінити їхні властивості, знизити якість, а в ряді випадків призвести до повного руйнування [2]. Йому підпадають не тільки харчові (продовольчі) вантажі та й інші режимні вантажі рослинного та тваринного походження (лісні, паперові вироби, тканини та ін.) [1].

Законодавчим актом, що регулює відносини між органами влади, операторами ринку та споживачами харчових продуктів є Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [3].

Відповідно до статті 20 [3], оператори ринку відповідають за виконання вимог законодавства про безпечність та окремі показники якості харчових продуктів та зобов'язані забезпечувати дотримання гігієнічних вимог до харчових продуктів на всіх стадіях їх виробництва та обігу, розробляти, вводити в дію та застосовувати постійно діючі процедури, що засновані на принципах системи аналізу небезпечних факторів та відповідного контролю.

В статті 44 [3] зазначено, що оператори ринку використовують лише транспортні засоби, які відповідають наступним вимогам:

- є чистими, утримуються у належному стані, що забезпечує захист харчових продуктів від забруднення, та мають таку конструкцію, що забезпечує результативне чищення та (або) дезінфекцію;

- якщо їх використання для перевезення нехарчових продуктів може

призвести до забруднення харчового продукту яке подальше буде перевозиться то вони використовуються тільки для перевезення харчових продуктів;

- у разі одночасного використання транспортних засобів для перевезення харчових та нехарчових продуктів або у разі одночасного перевезення різних харчових продуктів повинне забезпечується таке розділення продуктів, яке унеможливило б їх забруднення;

- перевезення рідких, гранульованих, порошкових харчових продуктів здійснюється в ємності, передбачених для перевезення тільки харчових продуктів;

- харчові продукти розміщуються у транспортних засобах таким чином, щоб мінімізувати ризик їх забруднення.

З метою адаптації законодавства України до законодавства Європейського Союзу, відповідно до [3], Міністерство аграрної політики та продовольства України видало наказ, яким було затверджено НАССР [4].

Вимоги [3, 4] стосуються всіх видів транспорту, а для морського транспорту були видані санітарні правила [5], в яких зазначається що конструкція вантажних приміщень повинна передбачати:

- герметичність люкового закриття трюмів та горловин танків;
- можливість очищення (миття) від залишків транспортованих раніше вантажів та їх осушення;

- забезпечувати вантажні танки на суднах, які перевозять леткі та агресивні речовини, природною вентиляцією, що забезпечуватиме кондиційне відведення повітря під час завантаження і перевезення;

- вантажні приміщення, призначені для перевезення харчових вантажів, повинні мати мінімальний судновий набір для забезпечення їх якісного очищення та миття; антикорозійне покриття приміщень з матеріалів, які спеціально дозволені для цих цілей; забезпечувати подачу до них води питної якості з можливістю підігріву її до 100 °C; вантажне устаткування повинно бути розбірними, легко піддаватися очищенню від залишків вантажу і дезінфекції;

вантажні шланги повинні мати штатні місця для зберігання; горловини танків повинні здійматися над палубою не менш як на 400 мм;

- забезпечувати на суднах, які перевозять етильовані нафтопродукти, обладнання санпропускників, ізольованих від житлових приміщень, з входом з відкритої палуби; приміщенням для зберігання речовин для дегазації та індивідуальних засобів захисту;

- всі вантажні танки, за винятком танків ізольованого баласту, повинні обладнуватися горловинами для миття мийними машинками; кількість і розташування горловин повинні забезпечувати достатньо повне миття горизонтальної та вертикальної поверхні місткостей; горловини повинні мати ущільнення, які запобігають протіканню вантажу та газів;

- всі вантажні танки та кофердами повинні обладнуватися похилими трапами, для вільного сполучення між верхньою палубою та дном місткості;

- трюми-танки нафторудовозів, де неможливе обладнання похилих трапів, повинні обладнуватися вертикальними трапами;

- відстійні танки рекомендується виконувати з гладким дном, а танки з найменшим набором – і гладкими або гофрованими перегородками;

- на суднах-контейнеровозах, якщо для сепарації ярусів контейнерів використовуються проміжні контейнерні пристрої, то вони повинні мати механізований привід для їх встановлення та прибирання на штатне місце;

- на суднах з горизонтальним засобом завантаження-розвантаження, пульти управління рампами, вантажними підіймачами, закриттям прорізів палуб та перегородок, а також підвісними вантажними палубами повинні розташовуватися так, щоб оператор мав максимальну можливість спостерігати за циклами роботи устаткування та за сигналами на пульті управління про виконання невидимих йому операцій; штучна витяжна вентиляція вантажних приміщень повинна забезпечувати видалення загазованості приміщень;

- в охолоджуваних вантажних приміщеннях повітроохолоджувачі повинні бути обладнані постійним устаткуванням для відтаювання снігової «шуби»; до

повітроохолоджувачів та їх арматури, електродвигунів вентиляторів і заслінок, до датчиків контролю параметрів повітря повинен бути передбачений зручний доступ; всі внутрішні теплоізовані і нетеплоізовані двері та кришки лазів охолоджуючих приміщень повинні відчинятися з обох сторін; приміщення повинні бути обладнані сигналізаційним пристроєм, світловий та звуковий сигнал-повідомлювач якого повинен бути винесений у місце постійних вахт;

– на суднах, де передбачене озонування повітря вантажних приміщень або встановлення бактерицидних ламп, над входом до них встановлюється світлове табло яке попереджає про їх роботу. Увімкнення табло повинне бути заблоковане з увімкненням генераторів озону або бактерицидної лампи;

– на суднах, призначених для транспортування тварин, повинні бути приміщення, де тварини могли б вільно лягати та вставати, а також для їх огляду; палуби для розташування тварин повинні бути вологонепроникні та мати стоки для рідких нечистот; для прив'язування великих тварин повинні бути обладнані прив'язі або бар'єри, для дрібних тварин – особливі загони, розгороджені ґратами.

Висновки. Надано основні вимоги законодавства та нормативних документів України стосовно транспортних засобів призначених для транспортування харчових вантажів. Розглянуто особливості вимог до суден при транспортуванні режимних вантажів морем. Це дозволяє заздалегідь визначитися з потрібними типами транспортних засобів, їх конструктивним та технічним обладнанням, що, в свою чергу, забезпечує високу якість та схоронність перевезення режимних вантажів.

Література:

1. Тихонін В. І. Вантажознавство. Конспект лекцій. – Одеса: «Магістр», 2017. – 136 с. – URL: <https://h.twirpx.link/file/4285954/>
2. Тихонін В. І. Вантажознавство (продовольчі вантажі: біологічні процеси і впливи). Навчальний посібник. – Одеса: «Магістр», 2019. – 160 с. – URL: <https://h.twirpx.link/file/4284338/>

3. Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів». – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/771/97-вр#Text>

4. Вимоги щодо розробки, впровадження та застосування постійно діючих процедур, заснованих на принципах Системи управління безпечністю харчових продуктів (НАССР). – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1704-12#Text>

5. ДСП 7.7.4.-057-2000 Державні санітарні правила для морських суден України. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0057488-00#Text>

tihoninvi@gmail.com

tihirinal9@ukr.net

УДК 656.6:616-036

Ларіна І.М. викл.,

Решетков Д.М. к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет, Україна

РИЗИКИ, ПОВ'ЯЗАНІ З НЕВИЗНАЧЕНИМ ПІДВИЩЕННЯМ ПРОДУКТИВНОСТІ КОНТЕЙНЕРНИХ ТЕРМІНАЛІВ

***Анотація.** Розглядаються очікувані та реальні значення операційних витрат і продуктивності після автоматизації контейнерних терміналів в морських портах світу. Для портів України, які стикаються з вантажопотоками, що значно коливаються, рекомендується методологія, яка поєднує функціональний підхід доступних на ринку технологій автоматизації та реінжиніринг процесу операцій терміналу.*

***Ключові слова:** порти, контейнерні термінали, рівень автоматизації, продуктивність терміналу.*

Проблематика

У цьому дослідженні представлено огляд широкого спектра теоретичних та практичних ініціатив з розвитку морських портів, якій показує, що автоматизація контейнерних терміналів дає переваги лише за певних умов і, отже, обмеженої

групи терміналів. Контейнерні термінали, які стикаються з відносно стабільним ринком з гарантованою пропускною здатністю, більш підходять для високого рівня автоматизації через їх регулярні вантажопотоки. Навпаки, термінали з вантажопотоками, що коливається, краще обслуговуються при меншій кількості автоматизації, оскільки це забезпечує більшу гнучкість.

Вступ. В даний час у тій чи іншій мірі автоматизовано 53 контейнерні термінали по всьому світу. Це становить близько 4% пропускної спроможності контейнерних терміналів у світі. Більшість автоматизованих систем розгорнуто на контейнерному майданчику, на жодному терміналі немає повністю автоматизованих причальних кранів.

Автоматизовані порти, зазвичай, більш продуктивні. Але ж організація та спеціалізація порту, географічне розташування та розмір порту є важливішими факторами, що визначають продуктивність порту, ніж автоматизація. Це пояснює обмежену автоматизацію контейнерних портів на сьогоднішній день. Хоча автоматизація контейнерних терміналів знижує витрати на робочу силу, капітальні витрати вищі, оскільки автоматизоване обладнання дорожче, ніж обладнання з ручним керуванням.

Аналіз практичних та інноваційних рішень портів світу дозволяє виділити ті, які слід включити до стратегій автоматизації портів України за допомогою передових методологій.

Основний матеріал. Сильний тиск з боку споживачів і судновласників породжує великі очікування від портів щодо обробки все більшої кількості вантажів. Порти є основними вузлами ланцюга поставок, які змушені автоматизувати свої операції, щоб більш ефективно обробляти контейнери. Контейнерні термінали повинні відповідати двом проблемам, пов'язаним із продуктивністю: як збільшити трафік за годину та як зменшити витрати на переміщення.

Незважаючи на те, що найбільші контейнеровози перевозять понад 24 000 TEU, порти також повинні обслуговувати менші судна. Обсяги контейнерів, які

повинні обробляти термінали, є динамічними, тобто великі судна не заходять у порти щодня, що ставить перед портами проблему зниження витрат.

Термінали намагатимуться зменшити експлуатаційні витрати та підвищити продуктивність, щоб виправдати свої інвестиції в автоматизацію. За оцінками McKinsey, експлуатаційні витрати автоматизованого «нового» терміналу повинні бути приблизно на 25% нижчими, ніж витрати на звичайний термінал, або продуктивність потрібно збільшити на 30%, а експлуатаційні витрати – зменшити на 10%, щоб варто інвестувати.

Опитування в морській галузі показує, що існує помітна різниця між очікуваннями респондентів і реальністю. Аналіз даних, наведених у таблиці 1, показує, що на цьому етапі зниження операційних витрат є меншим за очікуване приблизно на 10 – 20%, а підвищення продуктивності менше очікуваного приблизно на 3 – 20%.

Таблиця 1

Очікувані та реальні значення операційних витрат і продуктивності після автоматизації контейнерних терміналів

Показники	Очікування	Реальність
1. Операційні витрати	зменшуються на 25 – 55%	зменшуються лише на 15 – 35%
2. Продуктивність	збільшення на 10 – 35%	зниження на 7 – 15%

Ключовим показником продуктивності, який контролюється, є показник «кількість рухів за годину». У повністю автоматизованих терміналах середня кількість рухів на годину для причальних кранів становить близько 20, а в багатьох звичайних терміналах близько 30. При таких значеннях показника

автоматизація не може подолати тягар початкових капітальних витрат. Крім того, реальність спростовує очікування, що продуктивність зростатиме разом із розміром суден і поставок.

Вирішення питань, пов'язаних з продуктивністю, шукають у застосуванні 5G і бездротового зв'язку, що допоможе портам у цифровій трансформації. Поєднання фізичних і цифрових активів портів покращить «прийняття рішень у реальному часі» та дозволить їм керувати більшою кількістю даних.

Висновки. Незважаючи на те, що автоматизація є світовим трендом у портових контейнерних терміналах, автоматизація не є універсальним засобом для більш ефективної роботи порту. Особливо не для портів, які стикаються з величезними піками та падіннями робочого навантаження.

У особливих обставинах, наприклад, на великих терміналах із високим власним і регулярним потоком контейнерів, автоматизація терміналу може бути економічно ефективним заходом. Це також може бути економічно ефективним там, де не вистачає робочої сили.

Однак рівень автоматизації, прийнятий у кожному терміналі, залежить від різних факторів, які є властивими його статусу розвитку, об'єкту підсистеми автоматизації та операційної системи двору, серед інших. Це призводить до широкого спектру рішень автоматизації терміналів.

Щоб визначити найбільш прийнятне рішення автоматизації для певного терміналу, необхідно використовувати методологію, яка поєднує функціональний підхід доступних на ринку технологій автоматизації та реінжиніринг процесу операцій терміналу. Ця методологія дозволяє розробляти рішення автоматизації, які відповідають фактичним вимогам роботи терміналу, оптимізуючи таким чином інвестиції та використання ресурсів.

Автоматизація контейнерних терміналів України набирає обертів і найближчими роками стане ще актуальнішою. Тому розуміння основних тенденцій цього процесу та впровадження передового досвіду реалізації великих

інфраструктурних проєктів, які випробували у портах по всьому світу, буде корисним для розвитку та модернізації морських портів України.

ivanovain92@gmail.com

reshetkov@ukr.net

УДК 656.2

Харченко Д.Р., асп.,

Золотарьов С.А., асп.,

Прохорченко А.В., д.т.н., проф.

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

АНАЛІЗ НЕДОЛІКІВ ПРОЦЕДУРИ РОЗПОДІЛУ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ В ЄС З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ІТАЛІЙСЬКОЇ ЗАЛІЗНИЦІ

***Анотація.** Проаналізовані підходи до розподілу пропускної спроможності в Україні та ЄС. Виявлені недоліки у нормативно-правових актах ЄС, згідно яких відбувається розподіл пропускної спроможності.*

Проблематика. Процес вступу України до Європейського Союзу (ЄС) передбачає проведення реструктуризації національного залізничного перевізника АТ «Укрзалізниця», а також реформування умов функціонування залізничного транспорту у відповідності до нормативно-правових документів ЄС. Кінцева ціль реформування передбачає впровадження недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури України для всіх зацікавлених стейкхолдерів. Важливою передумовою для функціонування відкритого ринку перевезень є запровадження єдиної та прозорої процедури розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури. Відсутність дієвої процедури є

передумовою до прийняття дискримінаційних рішень у відношенні залізничних перевізників, особливо в умовах наявності конфлікту за неї серед різних стейкхолдерів. Тому для впровадження ефективної процедури розподілу пропускної спроможності необхідно проаналізувати нормативно-правову базу ЄС, яка регулює процес узгодження маршрутів у країнах-ЄС, а також практичне її застосування в умовах відкритого ринку перевезень.

Основні матеріали дослідження. Ефективне функціонування залізничного транспорту передбачає ретельне та довгострокове планування його роботи з метою забезпечення раціонального розподілу наявних залізничних ресурсів під час здійснення перевезень. В умовах існування залізничного ринку перевезень за моделлю відкритого доступу, укладання рамкових угод між оператором інфраструктури та залізничними перевізниками покращують якість планування роботи залізничного транспорту. Однак, при плануванні в межах 5-10 років змінюються обсяги перевезень, що призводить до збільшення конкуренції за обмежені інфраструктурні активи залізничної інфраструктури, які зафрахтовані рамковими угодами. Це призводить до виникнення конфліктів з учасниками рамкових угод за право використання певних маршрутів та у певні часові інтервали.

З метою регулювання конфліктів за інфраструктурні активи та забезпечення недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури в довгострокових періодах планування, у ЄС було запроваджено єдину нормативно-правову базу, яка регулює укладання рамкових угод між оператором інфраструктури та залізничними перевізниками та критерії доступу. В рамках першого залізничного пакету (Директивою 2001/14/ЄС [1]) було встановлено загальні вимоги до процедури розподілу пропускної спроможності. Згідно з даною Директивою [1], оператором інфраструктури повинні бути розроблені та запроваджені прозорі критерії, згідно з якими відбувається процес розподілу пропускної спроможності. Однак, через збільшення обсягів перевезень і, як наслідок, збільшення конфліктів за наявні ресурси залізничної інфраструктури

серед перевізників виникла необхідність у визначенні процедури регулювання та узгодження конфліктів за нитки (маршрутами) у графіку руху поїздів. Тому, з метою узгодження суперечливих заявок, було запроваджено Регламент 2016/545 про процедури та критерії щодо рамок угод при розподілу пропускної спроможності залізничної інфраструктури [2], який вимагає проведення консультації між залізничними перевізниками та розкритті інформації щодо маршрутів поїздів та критерії, які були використані під час розподілу пропускної спроможності. Також було встановлено, що визначення та застосування критеріїв, за допомогою яких визначається остаточний «власник» суперечливої нитки, покладається на національного оператора інфраструктури.

На національному рівні кожної країни, впровадження правил пріоритету може регулюватися на рівні законодавства або на рівні кожного місцевого залізничного оператора інфраструктури. Наприклад, у Німеччині процес розподілу ниток у графіку руху регулюється Законом про залізничний транспорт (нім., Allgemeines Eisenbahngesetz) [3], де встановлені чіткий порядок розподілу пропускної спроможності. У країнах, де процедура розподілу пропускної спроможності регулюються оператором інфраструктури самостійно, положення щодо пріоритетності наведений у Положенні про мережу (англ., Network Statement). Слід зауважити, що у більшості країн визначення пріоритетності у наданні нитки у графіку руху ґрунтується на певних «простих критеріїв», які залежать від категорії поїзду та на критеріях, що враховують кількісні показники. Зокрема, окремої уваги заслуговує критерій, який враховує однорідні поїздки протягом тижня (італ., Criterio della numerosità delle tracce omologhe settimanal) [4] та визначається на основі регулярності здійснення перевезень, а також мають однорідну характеристику (однакові точки відправлення та призначення та зупинки, подібна одна до одного швидкість тощо). Застосування даного критерію надає перевагу маршрутам, які забезпечать високий рівень регулярності та однорідності протягом певного проміжку часу (тижня). Незважаючи на ефективність використання даного критерію з точки

зору оптимізації руху на залізничних ділянках, на нашу думку, його використання сприятиме до встановлення дискримінаційних рішень для залізничних перевізників, які не зможуть забезпечити стабільне курсування через брак ресурсів (або специфіку перевезень).

Практичним прикладом недосконалості використання даного критерію є судовий позов від французького пасажирського перевізника SNCF Voyages (SVI) до італійського оператора інфраструктури Rete Ferroviaria Italiana SPA (RFI) [4]. Суть позову полягає у встановлення дискримінаційних вимог до SVI під час розподілу залізничної інфраструктури. Згідно зі прес-релізу Італійського органу з конкуренції та ринкових гарантій [4] SVI, з метою організації міжнародних пасажирських перевезень між Францією та Італією, подала запит до RFI з проханням надати пропускну спроможність на ділянках Турин-Мілан-Венеція та Турин-Мілан-Рим-Неаполь. Однак, RFI було надано лише частину запитаної пропускну спроможності, надавши перевагу італійським перевізникам, використавши критерій який враховує загальну кількість однотипних маршрутів поїздів на тиждень на ділянці. Враховуючи те, що обсяги руху у італійських перевізників значно перевищує інших перевізників, використання даного критерію, фактично, створюють передумови до дискримінаційних рішень у відношенні перевізників, які не можуть забезпечити регулярне перевезення.

В сучасних умовах функціонування залізничного транспорту України, фактично, відправлення поїздів відбувається «за готовністю», без використання рамкових угод або заздалегідь запланованих маршрутів. Даний підхід до планування перевезень не дозволяє забезпечити довгострокове прогнозування потреб та планування перевезень, що значно знижує ефективність розподілу пропускну спроможності та планування необхідних для перевезень ресурсів.

Висновки. Отримані результати аналізу нормативно-правових актів, а також практична їх реалізація на прикладі італійської залізничної системи, показала необхідність в удосконаленні процедури розподілу пропускну спроможності з метою збільшення прозорості та ефективності, а також

забезпечення засадничої умови функціонування відкритого ринку перевезень – надання недискримінаційного доступу до залізничної інфраструктури. Особливо важливо враховувати недоліки існуючої процедури розподілу пропускної спроможності під час реформування залізничного транспорту України. Відсутність прозорих механізмів розподілу пропускної спроможності – не забезпечить повноцінне функціонування відкритого ринку перевезень.

Література:

1. Directive 2001/14/EC of the European Parliament and of the Council of 26 February 2001 on the allocation of railway infrastructure capacity and the levying of charges for the use of railway infrastructure and safety certification. Директива ЄС від 15.03.2001. №2001/14/ЄС. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2001/14/oj/eng> (дата звернення: 01.05.2025).
2. Commission Implementing Regulation (EU) 2016/545 of 7 April 2016 on procedures and criteria concerning framework agreements for the allocation of rail infrastructure capacity. Регламент ЄС від 08.04.2016. №2016/545. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2016/545/oj/eng (дата звернення: 01.05.2025).
3. Продаж нитки графіку. Як це відбувається. *Центр транспортних стратегій*. URL: https://cfts.org.ua/blogs/prodazh_nitki_grafiku_yak_tse_vidbuvaetsya_480 (дата звернення: 01.05.2025).
4. Network Statement. *Official website of the Italian railways*. URL: <https://www.rfi.it/en/railway-infrastructure-access-/Network-statement.html> (дата звернення: 01.05.2025).
5. A575 - The Italian Competition Authority launches investigation into suspected abuse of dominant position by RFI and FS. *Official website of the The Italian Competition Authority*. URL: <https://en.agcm.it/en/media/press-releases/2025/3/A575> (дата звернення: 01.05.2025).

prokhorchenko@kart.edu.ua

harchenko95@kart.edu.ua

szolotariov@gmail.com

УДК 656.025.4

Зеленько Ю. В., д.т.н., проф.,

Черкудінов В. Е.

Український державний університет науки і технологій, Україна

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЛОГІСТИЧНИХ СХЕМ ДОСТАВКИ НАФТОПРОДУКТІВ В УМОВАХ ОБМЕЖЕНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

***Анотація.** У статті розглядається комплексна методологія визначення тарифних та логістичних параметрів, необхідних для ефективного функціонування транспортно-логістичних систем доставки нафтопродуктів без накопичення на проміжних етапах транспортування, що дає змогу знизити ризики втрати нафтовантажу під час воєнного стану. Надано порівняльний аналіз процесу транспортування нафтопродуктів в залізничних цистернах, контейнер-цистернах з подальшим перевантаженням в автомобільний транспорт.*

Проблематика. У сучасних умовах, зокрема під час воєнного стану, організація ефективних і безпечних перевезень нафтопродуктів набуває особливої ваги. Вибір логістичної схеми транспортування безпосередньо залежить від тарифних та логістичних параметрів перевезення нафтопродуктів.

Незважаючи на переваги окремих логістичних рішень у практиці транспортування нафтопродуктів, врахування лише економічного чинника без урахування обмежень інфраструктури, екологічних наслідків чи специфіки вантажів призводить до зростання ризиків, втрат часу і ресурсів. Таким чином, існує проблема необхідності формалізації методики розрахунку тарифних і логістичних параметрів з урахуванням низки факторів: вартості, тривалості, інфраструктурних можливостей, безпеки та екологічних обмежень.

Основні матеріали дослідження. В умовах воєнного стану забезпечення безперебійного постачання нафтопродуктів набуває стратегічного значення, як для економіки країни, так і для її обороноздатності. Нафтопродукти є критично

важливими ресурсами для функціонування військової техніки, транспорту, промисловості, об'єктів критичної інфраструктури та гуманітарного забезпечення. Водночас воєнні дії значно ускладнюють логістичні процеси, порушують традиційні маршрути доставки, підвищують ризики та вимагають оперативного прийняття управлінських рішень. У таких умовах особливої актуальності набуває обґрунтування методів і підходів до визначення тарифних і логістичних параметрів перевезень нафтопродуктів.

Розглянуто дві моделі транспортування нафтовантажу – Бензин моторний (не етилований) код ЄТСНГ 211056, №ООН 1203 (віднесений до класу 3 за міжнародною класифікацією ООН для небезпечних вантажів).

Згідно першої моделі дослідження бензин транспортується з території Євросоюзу на прикордонну станцію в залізничних цистернах 15-776 і формуються у склад потяга на станціях Чоп, Мостиська 2, Ягодин, Вадул-Сірет, Дяково, який прямує до станції Запоріжжя-Кам'янське, де здійснюється перевантаження в автоцистерни ADR Kaessbohrer для перевезення нафтопродуктів K.STB E 39/5-11/24 та транспортування до кінцевих пунктів вивантаження, що знаходяться у містах Самар, Верхньодніпровськ, Кринички, Синельникове, Царичанка, Павлоград, Магдалинівка.

Згідно другої моделі дослідження бензин транспортується з території Євросоюзу на прикордонну станцію в контейнер-цистернах T11 (код типу та розмір за ISO 668:1995-22T4) на залізничних платформах 13-401-04 і формуються у склад потяга на станціях Чоп, Мостиська 2, Ягодин, Вадул-Сірет, Дяково, який прямує до станції Запоріжжя-Кам'янське, де здійснюється перевантаження в контейнеровоз-напівпричеп фітінговий DL-НПК 3812 відкритого типу та транспортування до кінцевих пунктів вивантаження, що знаходяться у містах Самар, Верхньодніпровськ, Кринички, Синельникове, Царичанка, Павлоград, Магдалинівка.

Проведений аналіз та розрахунки показали, що вартість перевезення нафтовантажу складається з плати за транспортування, плати за користування

вагонами відповідного типу, плати за користування контейнер-цистернами, плати за маневрові роботи та плати за використання автотранспорту.

Умовно прийнято об'єм вантажу 200 т. Враховані нормативні забезпечення, визначення тарифу, які базується на типі рухомого складу, класі вантажу, тарифній відстані та умовах перевезення. В результаті проведеного дослідження, отримані питомі показники вартості транспортування бензину моторного

Висновки. Результати розрахунків свідчать, що найменш витратною з фінансової точки зору є схема перевезення в контейнер-цистернах, що обумовлено нижчими витратами на транспортування, меншою потребою у додаткових перевантаженнях і відсутністю необхідності в оренді декількох типів транспортних одиниць. Питома вартість транспортування становить у середньому близько 2,24 – 2,63 тис. грн за тону вантажу, залежно від маршруту. Крім того, ця схема забезпечує оптимальний баланс між вартістю і тривалістю доставки, що варіюється в межах 9–11 діб, включно з усіма вантажними операціями.

Таким чином, розрахунок тарифних та логістичних параметрів дозволяє обґрунтовано здійснювати вибір схеми транспортування, орієнтуючись не лише на мінімізацію витрат, але й на критерії безпеки, екологічного впливу та технологічної реалізованості. Запропонований підхід може бути застосований для обґрунтування логістичних рішень у реальних умовах функціонування паливно-енергетичного сектора, особливо в умовах обмеженої пропускної спроможності інфраструктури та зростаючих екологічних вимог.

volodymyrcherkudinov@gmail.com

УДК 656.064

Шибасєв О.Г., д.т.н., проф.,

Берневек Т.І., к.т.н., доц.,

Вільшанюк М.С., ст. викл.

Одеський національний морський університет

ОРГАНІЗАЦІЯ ПОСТАЧАННЯ СУДЕН ШИПЧАНДЛЕРСЬКИМИ КОМПАНІЯМИ

***Анотація.** У тезах розглянуто особливості вибору шипчандлерської компанії для обслуговування суден. Враховуючи, що на судноплавному ринку існує велика кількість посередників, до яких відносять і шипчандлерські послуги, цей вид сервісної діяльності має свої особливості, які і розглянуто у тезах.*

Проблематика. До основних учасників судноплавного ринку можна віднести: судновласників, перевізників, фрахтувальників, експедиторів, морських агентів, митних брокерів, шипчандлерів та ін. Окремих учасників цього ринку відносять до сфери сервісної діяльності, а саме: агентів, експедиторів, брокерів та шипчандлерів.

Особливого значення шипчандлерські послуги набувають останнім часом, коли зменшується час стоянки суден в портах, а члени екіпажу досить часто не мають можливості зійти на берег. В таких умовах шипчандлерські компанії забезпечують судна не лише запчастинами, обладнанням, провіантом, а й усім необхідним для автономної роботи судна та екіпажу протягом рейсу або навіть декількох рейсів [1].

Особливо слід виділити специфіку надання шипчандлерських послуг для суден контейнеровозів, які в сучасних умовах збільшення розмірів суден, та дальності перевезення вантажів, іноді обслуговуються на спеціально обладнаних рейдах без підходу до причалів, мають власне обладнання, яке також потребує

відповідного обслуговування та досить високі норми вантажно-розвантажувальних робіт, що значно скорочує час стоянки судна.

В зв'язку з цим для судновласників та фрахтувальників постає реальна проблема щодо вибору надійного посередника (шипчандлерської компанії), яка зможе своєчасно, та в повному обсязі задовольняти усі потреби судна [2].

Таким чином **мета тез** полягає в обґрунтуванні та вибору шипчандлерської компанії для ефективного обслуговування суден.

Основні матеріали дослідження.

Шипчандлер походить від англійського *ship chandler* — «судновий постачальник» [7].

Великі компанії постачальники можуть обслуговувати частину чи всі порти великих країн шляхом створення філій або встановлення партнерських відносин з іншими компаніями, також вони створюють цілі мережі постачальників, які виступають під одним брендом і можуть обслуговувати значну частину світових портів [5].

Найбільші компанії-постачальники мають власні склади, на яких міститься найширша номенклатура закупленого у компаній-оптовиків постачання - як продукти, так і технічне постачання. Успіх у цій сфері вимагає інвестицій у склади з контрольованою температурою, рефрижератори, транспорт, портативні генератори, автоматизовані системи та постійне навчання персоналу.

Шипчандлерські функції дуже часто виконують агентські, транспортні, експедиторські компанії. Не маючи від менеджера або власника повних реквізитів агента, неможливо отримати інформацію про точний час приходу судна в порт, закінчення вантажних робіт, відходу судна від причалу та з порту, терміналу (причалу) та правил підвезення туди постачання. Агент також видає дозволи на відвідування судна шипчандлером.

Особливо важливим для шипчандлерських компаній є налагоджена робота з митницею, яка займається оформленням постачання, що поставляється на судно.

Ефективність обслуговування суден контейнеровозів може бути забезпечено на основі оптимізації різноманітних факторів та критеріїв, що впливають на процес постачання. Враховуючи, що взаємодію між шипчандлерською компанією та судном можна розглядати як інтегровану мережу важливо визначити основні критерії та забезпечити мінімальні витрати та час доставки. Розглянемо це на прикладі наступної моделі.

Нехай є N шипчандлерських компаній, причому n -я компанія забезпечує i -тий вид постачання (різних типів і різної спеціалізації), з можливим ризиком, що дорівнює y , та часом, що дорівнює t . У заданому порту може бути, безліч шипчандлерських компаній, кожна з яких спеціалізується на одному якому-небудь виді постачання, або на усіх відразу.

Перед власником, менеджером, або капітаном контейнеровозу стає задача як найкраще розподілити свої витрати між різними шипчандлерськими компаніями.

Дана задача може бути зведена до задачі цілочисленного лінійного програмування з векторним критерієм оптимізації.

Позначимо через x_{iytn} булеву перемінну, що має наступний зміст: $x_{iytn}=1$, якщо i -тий вид постачання надається компанією n , з можливим ризиком, що дорівнює y , та витратами, на час поставки, що дорівнює t , в іншому випадку $x_{iytn} = 0$.

Тоді сумарні витрати на постачання судна контейнеровозу, що обслуговуються N -ю шипчандлерською компанією, повинні мінімізуватися наступним чином:

$$\sum_{i=1}^I \sum_{y=1}^Y \sum_{t=1}^T c_{iytn} x_{iytn} \rightarrow \min, \quad n = 1, 2, \dots, N, \quad (1)$$

де c_{iytn} - витрати, пов'язані з постачанням i -го виду постачання, з y -ми витратами на ризик та витратами на час поставки t , шипчандлерською компанією n .

Для вирішення наведеної задачі необхідно скласти таблицю експертних оцінок, щодо вартості послуг постачання, витрат пов'язаних з ризиком (наприклад неможливість повернення поставки, або якість поставки), та витрат, пов'язаних з часом доставки (затримка митниці, портові формальності, та ін). Крім того, можна додати питому вагу кожного з цих показників, щоб визначити, які з них є найважливішими для судновласника.

Висновки. Шипчандлерська діяльність є особливою сферою сервісної діяльності на морському транспорті, де існує досить високий рівень конкуренції, та велике різноманіття посередницьких компаній, як великих, так і малих.

Діяльність шипчандлерських компаній буде залишатися актуальною ще довгий час, в зв'язку з тим, що морські вантажоперевезення вимагають ретельної комплектації судна всім необхідним. Сучасні автоматизовані системи дозволяють значно прискорити постачання корабля, але жодна нейронна мережа поки не має можливості замінити шипчандлера.

Література:

1. Пашковська Л.І. Поняття, особливості та характерні риси договору суднового постачання // *Зб. тез наук. робіт учасників III Міжнародної цивільно-наукової конференції студентів та аспірантів* (м. Одеса, 4–5 квітня 2008 р.) / Одеська національна юридична академія. О.: Фенікс, 2008. С. 204-205.
2. Пашковська Л.І. Поставка суднових запасів як комплексний інститут права // *Митна справа*, 2006. № 2. С. 23–25.
3. М.С. Вільшанюк. Застосування теорії запасів для ефективної організації надання шипчандлерських послуг // *Розвиток транспорту* № 1 (2), 2018 С. 125-135. URL: <https://journals.onmu.in.ua/index.php/journal/article/view/33/273> (дата звернення 16.05.2023).
4. Chopra, K. “Who is a ship chandler?”, 2019 URL: www.marineinsight.com/careers-2/who-is-a-ship-chandler/ (дата звернення 18.05.2023).

5. Muhammad Syafiq Essi, Yingsi Chen, Hui Shan Loh, Yimiao Gu Enhancing productivity of ship chandlers' trucks at the port for sustainability. Maritime Business Review: Volume 7 Issue 3 , 2022. P.222-238. URL: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/MABR-12-2020-0068/full/pdf?title=enhancing-productivity-of-ship-chandlers-trucks-at-the-port-for-sustainability> (дата звернення 18.05.2023).
6. Великий тлумачний словник сучасної мови. URL: <https://slovnyk.me/dict/vts/шипчандлер> дата звернення 15.05.2023).
7. Ship chandler — all you need to know about it. URL: <https://pss-services.com/2022/04/11/ship-chandler/> (дата звернення 18.05.2023).
8. Hanseatic Marine Services. Офіційний сайт компанії. URL: <https://www.hms-services.com/merchant-shipping-provision-supply-management-8.htm> (дата звернення 18.05.2023).

aleksshibaev54@gmail.com

bernevek-t@ukr.net

maramaxig2406@gmail.com

УДК 656.615:330.32

Шпак Н.Г., к.е.н., доц.,

Літачевський В.В., асп.

Одеський національний морський університет, Україна

АНАЛІЗ СОБІВАРТОСТІ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МІЖНАРОДНИХ ВАНТАЖОПОТОКІВ АУТСОРСИНГОВИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ УКРАЇНИ

Анотація. У роботі досліджено структуру собівартості транспортно-експедиторських послуг, наданих аутсорсинговими підприємствами України в умовах обслуговування міжнародних вантажопотоків. Визначено основні складові витрат, що

впливають на формування кінцевої вартості послуг. Окреслено шляхи оптимізації витрат та підвищення конкурентоспроможності підприємств на світовому ринку.

Проблематика дослідження. Зростаюча інтеграція України у світову економіку обумовлює стрімке збільшення міжнародних вантажопотоків. При цьому українські транспортно-експедиторські підприємства часто поступаються зарубіжним конкурентам у питаннях вартості та якості транспортних послуг. Для оптимізації витрат та підвищення конкурентоспроможності українські підприємства все частіше звертаються до аутсорсингу транспортно-експедиторських послуг. Основні проблеми полягають у наступному:

- висока вартість перевезень через застарілу інфраструктуру;
- недостатня автоматизація логістичних процесів;
- неефективне використання ресурсів;
- нестабільність регуляторного середовища та складність митного оформлення;
- низький рівень інтеграції в глобальні логістичні ланцюги.

Саме завдяки цим чинникам дослідження собівартості є надзвичайно актуальним для виявлення резервів підвищення ефективності діяльності аутсорсингових компаній.

Основний матеріал дослідження. Аналіз структури витрат транспортно-експедиторських підприємств показує, що найбільшу частку становлять витрати на перевезення вантажів (близько 60-70%), витрати на митне оформлення (10-15%), витрати на інформаційне забезпечення (5-10%), складські витрати та страхування вантажів (5-10%). Структура основних витрат транспортно-експедиторських компаній представлено на рис.1.



Рисунок 1 – Структура витрат транспортно-експедиторських компаній

До основних чинників зростання собівартості можна віднести:

- нестабільні ціни на паливо;
- висока залежність від імпортованих складових;
- простої на кордоні через затримки оформлення;
- недосконала інтеграція інформаційних систем із партнерами.

Ефективне управління собівартістю транспортно-експедиторського обслуговування вантажопотоків через аутсорсинг потребує детального аналізу витрат, систематичного моніторингу якості послуг і використання сучасних технологій управління, а саме:

1. Інвестиції в цифровізацію — впровадження TMS (Transport Management Systems), CRM-систем для управління клієнтськими запитами, використання блокчейн-технологій для прозорого документального супроводу вантажів. Це дозволяє мінімізувати людський фактор і зменшити витрати часу на обробку інформації. У майбутньому цифровізація сприятиме також кращому відстеженню вантажів у реальному часі та оперативному реагуванню на зміну умов транспортування.

2. Оптимізація маршрутів — впровадження алгоритмів планування перевезень із використанням GPS та аналітики Big Data для уникнення заторів та скорочення часу в дорозі. Ефективне планування сприяє економії палива та

підвищенню продуктивності автопарку. Додатково аналізуючи історичні дані про трафік, компанії можуть прогнозувати затримки та адаптувати логістичні стратегії.

3. Розвиток партнерства з перевізниками — укладання довгострокових договорів для отримання знижок і пріоритетного обслуговування. Надійні партнерські відносини також сприяють стабільності тарифів та покращенню якості транспортних послуг. Взаємовигідне співробітництво дозволяє гнучкіше реагувати на зміни попиту та забезпечувати безперебійне транспортування.

4. Удосконалення складської логістики — автоматизація обліку товарів, впровадження систем WMS (Warehouse Management Systems). Оптимізація складських процесів дозволяє знизити витрати на зберігання та пришвидшити обробку вантажів. Сучасні склади з системами штрихкодування та RFID забезпечують швидке знаходження та комплектування замовлень.

5. Розвиток мультимодальних перевезень — поєднання різних видів транспорту для зниження витрат. Гнучкість у виборі транспортних засобів дозволяє оптимізувати витрати залежно від конкретних умов доставки. Використання мультимодальних маршрутів також зменшує ризики затримок і дозволяє вибирати найвигідніші комбінації способів доставки.

Висновок. Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що зниження собівартості транспортно-експедиторських послуг можливе лише за умови комплексної модернізації логістичних процесів та активного впровадження інноваційних технологій. Основними напрямками оптимізації витрат є цифровізація управління перевезеннями, автоматизація складських процесів, інтеграція в глобальні інформаційні мережі та розвиток мульти-модальних перевезень. Аутсорсингові підприємства України мають орієнтуватися на побудову стратегічного партнерства із перевізниками, розширення спектру послуг та підвищення гнучкості рішень для клієнтів. Також важливим є безперервне навчання персоналу та удосконалення організаційної структури підприємств для швидкого реагування на зміни ринкової кон'юнктури. У

перспективі впровадження запропонованих заходів сприятиме зниженню рівня витрат, підвищенню конкурентоспроможності українських транспортно-експедиторських компаній на міжнародному ринку, розширенню їхньої клієнтської бази та укріпленню позицій України як важливого транспортного хабу у Східній Європі.

umitan2302@gmail.com

litachevskyivalerii@gmail.com

СЕКЦІЯ 2

ТРАНСПОРТНІ ЗАСОБИ ТА БЕЗПЕКА ПЕРЕВЕЗЕНЬ

УДК 629.331:534.8

Артюх О.М., к.т.н., доц.

Національний університет «Запорізька політехніка»

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПЛАВНОСТІ ХОДУ ТА МІНІМІЗАЦІЯ ВІБРАЦІЙ
АВТОБУСІВ В УМОВАХ СКЛАДНИХ ДОРОЖНИХ ПОКРИТТІВ
УКРАЇНИ**

***Анотація.** Проблема вібрацій і шуму в автобусах є критичною для України через незадовільний стан доріг, що знижує комфорт пасажирів і ефективність транспорту. Дослідження планує комплексний аналіз і моделювання для оптимізації плавності ходу. Новизна – у адаптації рішень до місцевих умов. Очікується покращення якості перевезень і зниження експлуатаційних витрат.*

Проблематика дослідження полягає у високому рівні вібрацій і шуму в автобусах, що експлуатуються на нерівних дорогах України, зокрема в прибережних регіонах, через незадовільний стан дорожнього покриття та корозійні впливи морського клімату. Це знижує комфорт пасажирів, підвищує витрати на ремонт і негативно впливає на екологію.

Основний матеріал дослідження. Проблема вібрацій і шуму в автобусах, що експлуатуються в прибережних регіонах України, таких як Запорізька, Миколаївська, Одеська область, має особливе значення через комбінацію незадовільного стану доріг і специфічних умов експлуатації (вологість, сіль, піщані домішки). Автобуси, задіяні в міських маршрутах, зазнають інтенсивних вібраційних навантажень, що знижують комфорт пасажирів, прискорюють знос агрегатів і підвищують витрати перевізників.

Основні аспекти актуальності. Стан доріг у прибережних зонах. Дорожня мережа зокрема Одеської області (понад 8 тис. км) характеризується значною кількістю нерівностей і дефектів, посилених корозійними впливами морського клімату. Це спричиняє вібрації, що передаються на кузов і пасажирів;

Вплив на пасажирів. Тривалі поїздки (2–4 години) на маршрутах, що поєднують міста, призводять до втоми, дискомфорту та потенційних проблем зі здоров'ям через вібрації частотою 4–8 Гц, які є шкідливими за медичними стандартами;

Економічні виклики. Вібрації скорочують термін служби підвіски (заміна амортизаторів кожні 40–60 тис. км замість 80–100 тис. км у стабільних умовах), підвищують витрати на паливо та ремонт, знижуючи рентабельність перевезень;

Екологічний аспект. Автобуси в портових зонах сприяють шумовому забрудненню (70–85 дБ), що перевищує норми ВООЗ (55 дБ удень). Зниження вібрацій і шуму зменшить вплив на довкілля.

Міжнародний досвід. У країнах із розвиненою транспортною інфраструктурою (наприклад, Нідерланди) застосовують адаптивні підвіски для автобусів у прибережних регіонах, але в Україні ці рішення потребують адаптації до місцевих умов.

Метою дослідження є розробка шляхів оптимізації плавності ходу та зниження вібрацій у автобусах, що експлуатуються в прибережних регіонах України, для підвищення комфорту пасажирів і ефективності транспортних засобів. Дослідження передбачає створення рішень, адаптованих до комбінованих маршрутів (міські + приміські) і кліматичних умов.

Методика дослідження базується на триетапному підході:

Вимірювання вібрацій. Використання акселерометрів (Brüel & Kjær) і віброметрів для аналізу вібрацій у ключових точках автобуса (підлога, сидіння, підвіска) на маршрутах Запорізької, Миколаївської, Одеської області з різним покриттям (асфальт, гравій, бруківка). Частотний діапазон – 1-100 Гц;

Математичне моделювання. Створення моделей автобусів (наприклад, Богдан А092) у Simulink і MATLAB з урахуванням маси, жорсткості підвіски та

впливу корозійних факторів. Порівняння традиційних, пневматичних і адаптивних підвісок за профілями доріг прибережних зон;

Полеві випробування. Обладнання автобусів датчиками (PCB Piezotronics) і шумомірами для збору даних на маршрутах (міських – до 40 км, приміських – до 100 км) зі швидкостями 20–70 км/год. Оцінка впливу покриття та вологості на вібрації й шум (дБ).

Очікувані результати:

Рекомендації щодо впровадження адаптивних підвісок (наприклад, Magneti Marelli) для автобусів у прибережних регіонах, що знизять вібрації на 25–35%.

Оцінка композитних матеріалів (склопластик, вуглеволокно) для кузова та сидінь, що зменшать шум на 7–12 дБ і вібрації на пасажирів.

Оптимізація шин для портових маршрутів (з урахуванням вологості та піску), що покращить плавність ходу на 12–18%.

Економічний ефект: скорочення витрат на ремонт підвіски (до 18%) і палива (до 12%) завдяки кращій динаміці.

Наукова новизна та практична значущість.

Наукова новизна:

Адаптація рішень до умов прибережних регіонів України з урахуванням корозії, вологості та нерівностей доріг.

Моделювання динаміки автобусів на комбінованих маршрутах (міські + портові) у Simulink/MATLAB.

Комплексний аналіз вібрацій і шуму з використанням сучасного обладнання для виявлення джерел у портових умовах.

Пропозиції щодо шин і матеріалів, оптимізованих для роботи в умовах морського клімату.

Практична значущість:

1. покращення комфорту пасажирів на маршрутах прибережних зон;
2. зниження витрат на ремонт (до 18 %) і паливо (до 12 %);
3. розробка стандартів для автобусів у портових регіонах;
4. екологічний ефект через зниження шуму;
5. можливість застосування результатів у країнах із подібними умовами.

Перспективи впровадження. Результати можуть бути використані виробниками автобусів (ЗАЗ, АТ «Черкаський автобус») для адаптації моделей до прибережних умов, а також для розробки регіональних стандартів експлуатації транспорту. Впровадження адаптивних підвісок і композитних матеріалів підвищить конкурентоспроможність українських перевізників.

Висновки. Дослідження вібрацій і шуму в автобусах прибережних регіонів України має високу актуальність і новизну. Воно враховує специфіку доріг і кліматичних умов, пропонуючи адаптовані рішення для підвищення комфорту й ефективності. Результати сприятимуть економії ресурсів, покращенню екології та матимуть міжнародну значущість.

artyukh74@gmail.com

УДК 629.11.01

Асташов О.В., маг.,

Климаш А.О., к.т.н., доц.,

Ворох А.О., к.п.н., доц.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Анотація. *Стаття присвячена визначенню технічної готовності автотранспортних засобів в процесі експлуатації. Удосконалення цих процесів з метою досягнення необхідного рівня експлуатаційної якості є важливим і на сьогоднішній день надзвичайно актуальним завданням.*

На сучасному етапі розвитку автотранспорту, з огляду на неможливість швидкого оновлення зношеного автопарку, особливої актуальності набуває завдання підвищення технічної готовності автотранспортних засобів та ефективності їх експлуатації. Значна мінливість умов експлуатації ускладнює реалізацію потенціалу автомобілів, закладеного на етапах проектування та

виробництва, оскільки наявні підходи до планування, організації та управління технічним обслуговуванням і ремонтом є недостатньо ефективними [1]. Чинна система технічного обслуговування не гарантує належного рівня технічної готовності автотранспорту. Відтак, підвищення ефективності використання автопарку тісно пов'язане з потребою врахування фактичного стану технічної готовності при визначенні термінів та обсягів технічного обслуговування.

Надійність автомобілів забезпечується переважно двома шляхами. Перший – це підвищення надійності транспортних засобів і їхніх вузлів на етапах проектування та виробництва шляхом використання сучасних матеріалів з високими експлуатаційними властивостями, впровадження ефективних технологічних процесів і впровадження інноваційних конструктивно-технологічних рішень. Другий шлях полягає в удосконаленні систем технічного обслуговування та ремонту, а також у створенні сприятливіших умов експлуатації. Це включає раціональне визначення режимів роботи з урахуванням особливостей змащування, температурних впливів і силових навантажень [2].

Аналіз існуючих методів визначення потреби у проведенні технічного обслуговування дозволяє відзначити, що всі вони призначені для реалізації тактики проведення технічного обслуговування та поточного ремонту з напрацювання, тобто розраховані для середньостатистичного автомобіля [3].

Найбільш перспективним напрямом вважається перехід від планово-попереджувальної системи до стратегії технічного обслуговування за станом [4]. Такий підхід дає змогу оптимізувати витрати на обслуговування автотранспортних засобів (АТЗ), особливо в умовах непередбачуваних навантажень і змінних експлуатаційних умов. У випадках зниження навантаження на АТЗ, що призводить до часткового використання його ресурсу, планово-попереджувальна стратегія не дозволяє адекватно враховувати ці особливості під час планування наступного етапу технічного обслуговування.

Технічна готовність формується на основі сукупності певних властивостей (рис. 1). Кожна з цих властивостей описується одним або кількома параметрами,

які під час експлуатації можуть набувати різних кількісних значень, що називаються показниками.

На основі аналізу таких властивостей, як динамічність (середня швидкість), паливна економічність, безвідмовність, потрібно розробити систему оцінювання доцільності виконання експлуатаційно-технічних заходів для автотранспортних засобів.



Рисунок 1 – Логічна структура поняття технічної готовності

З огляду на те, що існуюча система передбачає контроль лише фактичного пробігу, актуальним завданням є вдосконалення методів та засобів моніторингу техніко-експлуатаційних характеристик автотранспортних засобів. Дослідження показали, що в умовах експлуатації транспорту для контролю фактичного технічного стану найбільш ефективним підходом є контроль умов експлуатації АТЗ і фіксація техніко-експлуатаційних характеристик для кожного окремого автотранспортного засобу.

Література:

1. Говорущенко Н.Я. Основы теории эксплуатации автомобилей/ Н.Я. Говорущенко. -Киев: Высшая школа, 1971.-32 с.
2. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигринець А.Д. «Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів». У 3 кн. Кн.1. Теоретичні основи. Технологія: Підручник / В.Є. Канарчук, О.А. Лудченко, А.Д. Чигринець – К.: Вища шк., 1994. – 342 с.
3. Бедняк, М. Н. Моделирование процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей / М. Н. Бедняк. – Киев : Выща шк., 1983. – 130 с.
4. Семенченко Ж., Кузнецов В. Автомобіль на підприємстві: від придбання до ліквідації. – Х.: Фактор, 2004. – 386 с.
5. Khaled E., Said A. Comparison of Reliability Characteristics of Two Systems with Preventive Maintenance and Different Modes - Information and Management Sciences Volume 19, Number 1, pp. 107-118, 2008

alexua7@gmail.com

УДК 629.331:534.8

Могила В.І., к.т.н., доцент,

Безлуцький В.О., аспырант

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

**ВИМОГИ ДО СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН
ВІТЧИЗНЯНОГО ПАРКУ ТА ЇХ КОТЛІВ**

Для дослідження обрано одну із розповсюджених моделей [1-3]. вагонів-цистерн. Яка має характеристики, які наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Найменування параметру	Позначення	Значення
Внутрішній радіус котла, м	R	1.60
Довжина циліндричної обичайки, м	L	9.775
Днища еліптичні: внутрішня висота овалоїдної частини, м	$h_{ов}$	0.64
висота циліндричної частини, м	$h_{ц}$	0.06
Довжина вагону по осях зчеплення автозчеплень, м	$2L_c$	12.02
Глибина ухилу, м	$h_{укл}$	0.03
Об'єм ухилу, м ³	$V_{укл}$	0.02
Число осей у візку	n	2
Вантажопідйомність, т	$Q_{гр}$	70.5
Маса тари і допуск на тару, т	$T \pm \Delta T$	23.3
Прискорення вільного падіння, м/с ²	g	9.81

Зображення котла вагона-цистерни, що досліджується наведено на рисунку 1.

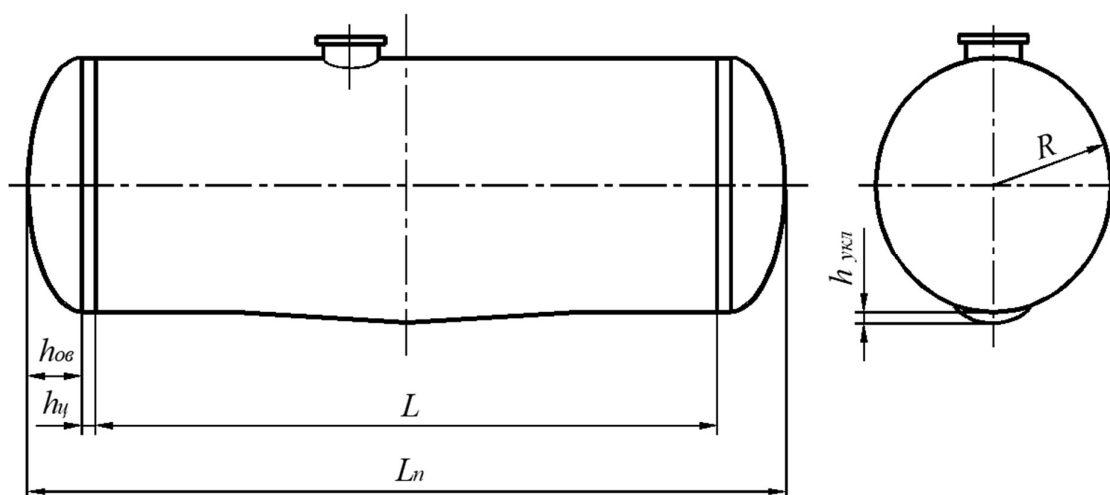


Рисунок 1 – Котел вагона-цистерни з еліптичними днищами

Вагон-цистерна призначена для перевезення нафтопродуктів. Вагони-цистерни слід використовувати за призначенням відповідно до правил технічної експлуатації залізниць і експлуатаційної документації. Використання цистерн для перевезення інших небезпечних вантажів повинно бути узгоджено із заводом-виробником, головною організацією з продукту, що перевозиться, та органами, які контролюють безпеку руху та експлуатацію на пунктах зливу-наливу. Експлуатаційні навантаження не повинні перевищувати встановлених діючими нормативними документами. Не допускається заміна під час

експлуатації елементів вагона-цистерни іншими, які відрізняються за конструкцією або матеріалами від передбачених у кресленнях виробника, без його згоди.

Відбір проб із цистерн, що містять небезпечний нафтопродукт, треба проводити без виходу продукту в атмосферу, якщо це не передбачено стандартом на продукт, що перевозиться.

Вагони-цистерни [2-5], що містять небезпечний вантаж, повинні мати маркування, яке характеризує транспортну безпеку вантажу. Маркування повинне містити: знак безпеки, серійний номер ООН, номер аварійної картки.

Виробник гарантує відповідність вагонів-цистерн вимогам стандарту за умови дотримання правил експлуатації, обслуговування та ремонту. Гарантійний термін експлуатації вагонів-цистерн установлюють в технічних умовах на конкретні моделі вагонів-цистерн, але не менше ніж 18 місяців, від дня введення в експлуатацію. Гарантійний термін на змінні складальні одиниці, деталі та комплектувальні вироби для вагонів-цистерн встановлюють відповідними нормативними документами на конкретні вироби.

Випробування вагонів-цистерн слід виконувати за значень кліматичних факторів зовнішнього середовища виконання «У» згідно з діючими нормативними документами.

Складові частини вагонів-цистерн та вагона-цистерни в цілому, що виготовляються, повинні бути перевірені на відповідність вимогам нормативної і технічної документації під час проведення технічного контролю.

Під час контролю вагонів-цистерн слід використовувати засоби вимірювання відповідно до вимог технічної документації.

Вписування в габарит перевіряють шляхом проходження вагонів-цистерн крізь габаритну рамку.

Складання й установку котла [6, 7], рами, візків, драбин, помостів, зливно-наливної арматури, запобіжних пристроїв, дієздатність механізму автозчеплення, гальмівного та іншого обладнання вагонів-цистерн,

герметичність котла із зливо-наливною арматурою та запобіжними пристроями, маркування, колір і якість фарбування контролюють візуально та вимірами під час випробувань вагонів-цистерн згідно з конструкторською документацією та технічними умовами.

Контроль якості зварних з'єднань котла виконується згідно з діючими нормативними документами. Механічні випробування зварних з'єднань котлів вагонів-цистерн виконуються згідно з діючими нормативними документами.

Якість зварних з'єднань котлів вагонів-цистерн, що працюють під надмірним тиском понад 0.07 МПа, слід випробовувати відповідно до діючих вимог.

Вимоги до надійності контролюють за результатами випробувань на надійність за спеціально розробленою та узгодженою програмою і методикою.

Пропускна здатність запобіжних клапанів повинна бути обрана за розрахунком відповідно до діючих нормативних документів.

Вхідний контроль матеріалів і комплектувальних виробів, які надходять для виготовлення вагонів-цистерн, повинен провадитися в порядку, встановленому підприємством-виробником відповідно до діючих вимог.

Виготовлення, випробування і приймання котла вагонів-цистерн повинні відповідати вимогам діючих нормативних документів.

Котел повинен складатися з обичайки, двох днищ, люка-лазу, бонки для установки запобіжно-впускного клапана, зливного приладу. Матеріал, що застосовується для виготовлення основних елементів котла – відповідно до діючих нормативних документів.

Котел повинен бути обладнаний огороженням, зовнішніми сходами з майданчиком, що дозволяють вести обслуговування, ремонт і контроль операцій зливу-наливу вагона-цистерни, а також внутрішніми сходами, закріпленими на обичайці люку-лазу для проведення огляду та ремонту всередині котла.

Відхилення внутрішнього діаметра днища котла вагона-цистерни від номінального має бути в межах допуску ± 6 мм.

На поверхні котла вагона-цистерни не допускаються забоїни, подряпини та інші дефекти (вищербини, раковини тощо), якщо їх глибина перевищує мінусові граничні відхилення, передбачені відповідними стандартами або технічними умовами на поставку металу.

Відхилення від прямолінійності твірної котла вагона-цистерни не повинно перевищувати 2 мм на 1 м довжини, але не більше 20 мм на всій довжині обичайки без урахування місцевого відхилення від прямолінійності в зварних швах.

На корпусі котла вагона-цистерни допускаються місцеві вм'ятини і випучини висотою не більше 5 мм на 1 м довжини, але не більше 2 одиниці на кожний бік обичайки.

Зміщення кромок листів в стикових з'єднаннях, точність стикування кінців обичайки з днищами повинні бути забезпечені в межах допусків на зміщення і відведення кромок, передбачених діючими нормативними документами.

Зварювання котла вагона-цистерни і його елементів, а також приварювання деталей до котла, повинні проводитися зварниками, атестованими відповідно до діючих нормативних документів.

У стикових зварних швах котла вагона-цистерни допускається спільне відведення кромок (всередину і назовні) в межах 10% товщини листа плюс 3 мм, але не більше 5 мм, при цьому відведення кромок в поздовжніх швах визначається за шаблоном, довжина якого (по хорді) дорівнює $\frac{1}{3}$ радіуса обичайки. Незграбність кільцевих швів визначається лінійкою довжиною 300 мм.

Котел вагона-цистерни повинен бути симетрично розташований на шкворневих балках. Допустиме зміщення поздовжньої осі котла щодо поздовжніх осей хребтових балок в горизонтальній площині не більше 5 мм.

На котлі вагона-цистерни повинна бути встановлена зливо-наливна і запобіжна арматура.

Зливо-наливна арматура повинна включати в себе: зливний прилад, який повинен забезпечувати злив і налив продукту на пунктах зливу-наливу, збереження продукту при транспортуванні вагона-цистерни і включати три встановлених послідовно запірних пристрої:

- внутрішній (основний) запірний пристрій для забезпечення повного злиття вантажу і герметизації котла вагона-цистерни при русі;
- додатковий запірний пристрій – затвор дисковий для герметизації котла вагона-цистерни в разі несправності основного запірного пристрою;
- зовнішній запірний пристрій для герметизації котла вагона-цистерни в разі несправності внутрішнього (основного) і додаткового запірних пристроїв.

Відстань від поверхні зливного приладу до рівня головки рейки має відповідати діючим нормативним документам.

Корпус зливного приладу перед приварюванням до обичайки котла вагона-цистерни повинен бути вставлений всередину врівень з внутрішньою поверхнею котла. Потім повинне бути забезпечене повне проварювання з'єднання по всій товщині обичайки котла вагона-цистерни.

Злив продукту з котла вагона-цистерни повинен бути забезпечений ухилом до зливного приладу з перепадом висот в межах 25...30 мм.

Кришка люку котла вагона-цистерни повинна забезпечувати щільність котла (з урахуванням гідроудару і тиску парів) при тиску не менше 0.25 МПа (2.5 кгс/см²). На кришці має бути встановлено кільце ущільнювача.

На кришці люку котла вагона-цистерни повинно бути пристосування для установки запірно-пломбувального пристрою.

Кришка люку вагона-цистерни повинна бути обладнана пристроєм для підризу кришки в разі її примерзання або наявності вакууму в котлі, а так само для забезпечення безпечного відкриття кришки при наявності в котлі надлишкового тиску.

Запобіжна арматура повинна включати в себе клапан запобіжно-впускний.

Клапан запобіжно-впускний повинен бути встановлений у верхній частині котла і служити для виключення можливого підвищення тиску всередині котла понад допустимого, а також для запобігання утворенню вакууму. Клапан запобіжно-впускний не може виступати для ліквідації вакууму після проведення пропарювальних робіт.

Конструкція клапана запобіжно-впускного і його розміщення на котлі повинні виключати можливість аварійного викиду або розкрадання продукту з цистерни. Клапан запобіжний після регулювання повинен бути опломбований.

Література:

1.Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних) : ДСТУ 7598:2014. – [Чинний від 2015-07-01]. – ДП «УкрНДІВ», 2014. – 162 с.

2.Дослідження корозійних пошкоджень елементів вагонів під час технічного діагностування / Федосов-Ніконов Д.В., Стринжа А.М., Шамшей Д.О., Полулях В.М., Федоров В.В., Шушмарченко В.О. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий Журнал. – 2019. – №3(251) – С. 181-185.

3.Дослідження процесів корозії металів та їх інгібування в середовищах з різним солевмістом / М. Космина, Т. Левчук, Ю. Носачова, В. Вембер // Матеріали XXI Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство» (21-22 травня 2020 р., Київ, Україна). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – С. 176–180.

4.Особливості експлуатаційної деградації конструкційних сталей “в об’ємі” за дії агресивних середовищ / Г.М. Никифорчин, О.Т. Цирульник // *Strength of Materials*. — 2009. — № 6. — С. 79-94.

5.Особливості проведення випробувань вагона-цистерни для перевезення небезпечних вантажів / Кельріх М.Б., Брайковська Н.С., Фомін О.В., Прокопенко П.М. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий Журнал. – 2019. – №3(251) – С. 77-83.

6. Положення про продовження термінів служби вантажних вагонів, які курсують в міжнародному сполученні. // Протокол Ради залізничного транспорту країн СНД № 52 від 13-14 травня 2010 р., 26 с.

7. Розрахункова модель корозійного пошкодження сталевих залізничних цистерн. / Макаренко В.Д., Тараборкін Л.А., Лукач В.С., Василюк В.І., Козаченко Н.В. // Проблеми тертя та зношування. – 2015. – № 4 (69). – С. 82-87.

УДК629.4

Воробйов О.В., асп.,

Сапронова С.Ю., д.т.н., проф.

СНУ ім. В. Даля, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНЬ ТОНКОГО ГРЕБЕНЯ КОЛЕСА ЛОКОМОТИВА

***Анотація.** У дослідженні розглянуто напружений стан гребеня колеса локомотива за умов його експлуатаційного зносу. Змодельовано три варіанти профілю гребеня (новий, середній знос, критичний знос) та визначено розподіл напружень у зоні контакту з рейкою. Дослідження виявило істотне підвищення еквівалентних напружень у разі зменшення товщини гребеня до граничних значень. Підтверджено виникнення зон локальної концентрації напружень, що створює умови для утворення мікротріщин і втомних руйнувань. Результати відповідають реальним випадкам пошкодження коліс на локомотивах та можуть бути використані для вдосконалення технічного обслуговування та нормативної бази.*

***Ключові слова:** локомотив, колесо, гребінь, знос, напруження, втома матеріалу.*

Постановка проблеми. Однією з головних задач у забезпеченні надійної та безпечної експлуатації локомотивного рухомого складу є контроль технічного стану елементів колісних пар, зокрема гребеня колеса. Саме гребінь є критично важливою частиною профілю, що забезпечує направлення локомотива по рейках. У процесі експлуатації гребінь зазнає інтенсивного зношення та дії

складних силових навантажень, що зумовлює його поступове стоншення. Це призводить до зміни геометрії зони контакту «колесо-рейка» та локального зростання напружень, які можуть спричинити розвиток втомних тріщин і навіть руйнування гребеня. В умовах підвищених швидкостей руху та навантажень на вісь ці ризики стають особливо актуальними.

Незважаючи на критичність цієї проблеми, на сьогодні відсутня достатньо детальна кількісна оцінка напруженого стану тонкого гребеня при різних експлуатаційних умовах. Це ускладнює визначення граничного рівня допустимого зношення та розробку дієвих рекомендацій щодо профілактичного обслуговування та технічної діагностики.

Аналіз останніх досліджень та публікацій: В роботі[1] подано загальні рекомендації щодо геометричних меж допустимого зносу, але відсутня конкретна механічна оцінка наслідків стоншення профілю. У дослідженні[2] розглянуто питання впливу зносу колеса на контактний тиск і ризики локального руйнування, однак модельні дослідження зазвичай виконуються для середньостатистичних профілів без глибокої деталізації геометрії зношеного гребеня. У наукових працях [3-4] розглядаються питання контактної взаємодії «колесо–рейка», зокрема розподіл контактних напружень, вплив профілю гребеня на динаміку руху та стійкість. Проте недостатньо уваги приділено локальному аналізу напружено-деформованого стану саме тонкого гребеня в умовах реальних експлуатаційних навантажень.

Публікації останніх років вказують на необхідність більш глибокого дослідження локального напруженого стану гребеня з урахуванням як реальної геометрії, так і реалістичних навантажень. Особливо актуальним стає застосування чисельного моделювання, яке дозволяє визначити зони пікових напружень та прогнозувати термін безпечної експлуатації колеса.

Формулювання цілей роботи: Метою даної роботи є дослідження напруженого стану тонкого гребеня колеса локомотива з урахуванням впливу експлуатаційного зносу на контактну взаємодію з рейкою.

Основні матеріали дослідження. Для аналізу напруженого стану гребеня колеса локомотива в умовах реальної експлуатації було побудовано тривимірну геометричну модель колеса з урахуванням зони контакту з рейкою. У моделюванні застосовано профіль за креслеником з ДСТУ ГОСТ 11018-2005 та геометрію гребеня у трьох станах: новий профіль, середній знос (50% допуску), критичний знос (гранична допустима товщина гребеня ~25 мм згідно з нормами УЗ).

Розрахунки виконано у середовищі SOLIDWORKS, з урахуванням наступних умов:

- вертикальне навантаження на колесо: 100 кН (розрахункове статичне навантаження локомотивної осі);
- бічне навантаження (імітація руху в кривій): 30-50 кН;
- контакт між гребенем і головкою рейки змодельовано з врахуванням коефіцієнта тертя $\mu = 0,3$.

Результати моделювання показали, що зменшення товщини гребеня призводить до зростання максимальних контактних напружень на 20-35% залежно від типу профілю. Найвищі напруження спостерігаються в основі гребеня, що підтверджує наявність зони небезпечного накопичення втомних пошкоджень. Зафіксовано також локальні піки напружень у верхній частині гребеня при дії бокових навантажень.

У результаті чисельного аналізу виявлено, що у зоні переходу від бічної поверхні гребеня до контактної поверхні колеса формується максимум головних напружень, що при критичному зносі зростає на 35-45% у порівнянні з новим профілем; у критичному випадку спостерігається локальна концентрація напружень у тонкій частині гребеня, що створює ризик зародження втомних тріщин при багаторазовому навантаженні; для профілю зі зносом більше ніж 60% допустимого, напруження в зоні контакту стають нерівномірними, що ускладнює передбачення траєкторії зносу та зменшує керованість у русі по кривих.

Висновки:

1. В ході дослідження встановлено, що ступінь зносу гребеня колеса локомотива суттєво впливає на розподіл напружень у контактній зоні з рейкою.
2. Тонкий гребінь колеса є критичним елементом, що потребує особливої уваги при оцінці технічного стану колісного центру.
3. Застосування чисельного аналізу дозволяє точно визначити розподіл напружень і виявити потенційні зони руйнування.
4. Результати можуть бути використані для вдосконалення нормативів допуску зношення профілю та профілактичного обслуговування коліс.
5. Моделювання складних умов навантаження та геометричних змін гребеня дозволило ідентифікувати критичні області напруженого стану.
6. Отримані результати підтверджують необхідність регулярного моніторингу технічного стану колісних пар, зокрема параметрів профілю гребеня, не лише з точки зору геометрії, але й з огляду на ризики напруженого руйнування.

Література

1. e Silva, J. S., Antonioli, F. A., Endlich, C. S., Pires, A. C., Scandian, C., & Dos Santos, G. F. M. (2023). Influence of wheel tread wear on Rolling Contact Fatigue and on the dynamics of railway vehicles. *Wear*, 523, 204735.
2. Savinkin, V. V., Zhumekenova, Z. Z., Sandu, A. V., Vizureanu, P., Savinkin, S. V., Kolisnichenko, S. N., & Ivanova, O. V. (2021). Study of wear and redistribution dynamic forces of wheel pairs restored by a wear-resistant coating 15Cr17Ni12V3F. *Coatings*, 11(12), 1441.
3. Sapronova, S., Tkachenko, V., Braikovska, N., & Zub, Y. (2021). Науковий підхід до методів збільшення життєвого циклу колісних пар рухомого складу залізниць. *Transport systems and technologies*, (38), 164-172.
4. Ткаченко, В. П. (2009). До оптимізації системи нормативно-допускових параметрів зносу гребенів бандажів локомотивів. *Залізничний транспорт України*.—Київ, (1), 37-39.

asp-273-23-146@snu.edu.ua

doc.sapronova@gmail.com

УДК 629.4.02.001.76

Дьомін Р.Ю.¹, д.т.н.,

Дьомін Ю.В.², д.т.н., проф.,

Ковтун О.М.³, к.т.н., с.н.с.,

Маркова О.М.³, к.т.н., с.н.с.

¹Кременчуцький сталеливарний завод, Кременчук, Україна

²Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Київ, Україна

³Інститут технічної механіки НАН України і ДКА України, Дніпро

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНТЕЙНЕРНОЇ ПЛАТФОРМИ З ВІЗКАМИ РІЗНИХ ТИПІВ

***Анотація.** Шляхом комп'ютерного моделювання надано оцінку показників динаміки контейнерної платформи на швидкісних візках у зіставленні з випадком обладнання платформи візками серійного виробництва.*

Динамічні якості рухомого складу суттєво залежать від характеристик ходових частин. Вантажні вагони колії 1520 мм обладнуються візками триелементної структури моделі 18-100. Через конструкційні недоліки цих візків фактична швидкість вантажних поїздів обмежується до 70 км/год, що значно нижче від закладеної у технічних характеристиках вагонів – 120 км/год [1].

За технічними вимогами, викладеними у роботі [2], запропоновано технічне рішення швидкісного візка вітчизняної розробки з умовною назвою TFT (track friendly truck). Особливість конструкційної схеми нового візка полягає у використанні суцільнозварної рами і буксового ресорного підвішування [3].

Основні матеріали дослідження

Для отримання динамічних показників вагона-платформи на візках моделі 18-100 як просторової системи з 11-ти твердих тіл використано модель представлену в монографії [4]. Розроблена математична модель динаміки руху вагона-платформи на візках TFT як механічної системи семи твердих тіл (кузов,

2 рами візків, 4 колісні пари) представляє систему 42-х нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку. В обох випадках ураховано пружно-в'язко-інерційні характеристики колії. Для імітації вимушених коливань вагонів внаслідок руху колією з нерівностями зовнішні збурення сформовано у вигляді випадкових стаціонарних процесів з гаусовським розподілом за амплітудою та спектральною щільністю, що має монотонно падаючий характер.

За результатами комп'ютерного моделювання визначено динамічні показники платформи за двома варіантами обладнання ходовими частинами. Основну увагу приділено показникам вібронавантаженості кузова, а саме прискоренням рами в районах п'ятникових вузлів в горизонтальному і вертикальному напрямках – j_{Γ} і $j_{\text{в}}$. Крім того, розглянуто показники безпеки руху, тобто коефіцієнти горизонтальної динаміки $k_{\text{дг}}$ і коефіцієнти запасу стійкості колісної пари від сходження з рейок за умовою відсутності вкочування гребеня колеса на головку рейки $k_{\text{сс}}$.

В таблиці 1 представлено екстремальні значення динамічних показників, отриманих для випадку, коли платформа знаходиться у навантаженому стані. Тут у чисельнику подано розрахункові дані для платформи на візках моделі 18-100, а в знаменнику – для платформи на візках типу TFT.

Таблиця 1 – Динамічні показники завантаженої платформи

V , км/год	j_{Γ} , м/с ²	$j_{\text{в}}$, м/с ²	$k_{\text{дг}}$	$k_{\text{сс}}$
60	1,716/0,937	2,074/0,571	0,284/0,053	1,424/3,100
80	1,765/0,888	2,053/0,695	0,276/0,055	1,484/3,058
100	1,889/0,853	2,454/0,696	0,273/0,052	1,455/3,083
120	2,460/0,910	2,417/0,821	0,298/0,061	1,466/2,984
140	3,583/0,935	1,944/0,969	0,295/0,065	1,479/2,949
160	8,071/0,926	1,993/1,130	0,853/0,069	0,805/2,807

За табличними даними рівень горизонтальних прискорень j_{Γ} платформи на візках типу TFT незначно залежить від швидкості руху V і суттєво нижче у порівнянні з випадком платформи на візках моделі 18-100. Ця різниця

збільшується з ростом швидкості руху. При $V = 160$ км/год прискорення, отримані для платформи з візками моделі 18-100, досягають $8,1 \text{ м/с}^2$, що значно перевищує гранично допустиме значення $0,45 \text{ g}$ [5]. Залежність вертикальних прискорень $j_v(V)$, отриманих для платформи на візках моделі 18-100, носить змінний характер, залишаючись за рівнем вище прискорень, визначених для платформи на візках типу TFT.

Значення коефіцієнта горизонтальної динаміки $k_{\text{дг}}$ отримані для вагона на візках типу TFT мало чутливі до зміни швидкості руху. До швидкості 140 км/год значення $k_{\text{дг}}$ для платформи на візках TFT не менше як у 4,5 рази нижче отриманих для платформи на візках 18-100. При $V = 160$ км/год значення $k_{\text{дг}}$ для останньої більше як у два рази перевищує гранично допустиму величину 0,4.

За отриманими результатами обчислень значень коефіцієнта запасу стійкості $k_{\text{сс}}$ виходить, що платформа на візках 18-100 має незначний запас стійкості в рейковій колії. У цьому випадку при $V = 160$ км/год значення $k_{\text{сс}}$ у 1,6 рази нижче гранично допустимого 1,3, тоді як найменше значення цього коефіцієнта отримане для вагона на візках TFT більше у два рази допустимого.

Динаміка вагонів у порожньому стані є предметом чисельних досліджень, що пояснюється схильністю порожніх вагонів до втрати стійкості в рейковій колії. Тому, оцінюючи динамічні якості вагона-платформи у порожньому стані, головну увагу приділено показникам, за якими оцінюється безпека руху (таблиця 2).

Таблиця 2 – Динамічні показники порожньої платформи

$V, \text{ км/год}$	$k_{\text{дг}}$	$k_{\text{сс}}$
60	0,326/0,101	1,445/2,466
80	0,345/0,135	1,422/2,312
100	0,353/0,161	1,419/2,216
120	0,406/0,203	1,405/2,177
140	0,443/0,192	1,303/2,086
160	– /0,181	– /2,068

З аналізу приведених в таблиці 2 динамічних показників безпеки руху $k_{дг}$ виходить, що при $V = 120$ км/год значення $k_{дг}$ для платформи на візках 18-100 перевищує гранично допустиму величину, тоді як для платформи на візках TFT цей показник у два рази нижче. Стосовно показника $k_{сс}$ можна зазначити, що запас стійкості в рейковій колії платформи на візках TFT при $V = 120$ км/год у 1,5 рази вищий за встановлений для платформи на візках 18-100. З розрахунків випливає, що при $V = 140$ км/год значення $k_{сс}$ для платформи на візках 18-100 виходить на межу допустимого, а при $V = 150$ і 160 км/год зафіксовано втрату платформою стійкості в рейковій колії.

Висновки. Результати дослідження динамічних властивостей вагона-платформи для перевезення контейнерів у двох варіантах обладнання ходовими частинами – візками моделі 18-100 і візками типу TFT – свідчать про значні переваги другого варіанту як за показниками віброзахисту вантажів, так і за показниками безпеки руху. Отримані результати динамічних розрахунків переконливо доводять перспективність проєкту створення швидкісних візків з суцільнозварними рамами і буксовим ресорним підвішуванням.

Література:

1. Мельничук В.О. Проблема підвищення швидкості вантажних поїздів / В.О. Мельничук, О.М. Пшінько, О.М. Савчук // Вісник ДНУЗТ. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 22. – С.40-45.
2. Дьомін Р.Ю. Вимоги до ходових частин швидкісного рухомого складу та колійної структури на лініях швидкісного руху / Р.Ю. Дьомін // Українська залізниця. – 2018. – № 1-2 (55-56). – С. 18-21.
3. Дьомін Р.Ю. Візок для вагонів швидкісних контейнерних та контрейлерних поїздів / Р.Ю. Дьомін, Ю.В. Дьомін // Залізничний транспорт України. – 2024. - №2. – С. 4-15. DOI: 10.34029/2311-4061-2024-151-2-04-15
4. Автоколебания и устойчивость движения рельсовых экипажей / Ю.В. Демин, Л.А. Длугач, М.Л. Коротенко, О.М. Маркова. – Киев: Наукова думка, 1984. – 160 с.

5. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних) : ДСТУ 7598:2014. – [Чинний від 2015-07-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014. – 162 с. – (Нац. стандарт України).

domin1520.1435mm@gmail.com

УДК 629.11.01

**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

ВИБІР АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ КОНТЕЙНЕРНОЇ ДОСТАВКИ БУДІВЕЛЬНИХ ВАНТАЖІВ

***Анотація.** Досвід та широкі перспективи застосування спеціалізованих контейнерів та засобів пакування будівельних вантажів у поєднанні з масовим використанням автомобілів-самонавантажувачів вимагали вирішення низки складних завдань, які розглянуті авторами статті.*

Постановка цих завдань зумовлена одночасною дією багатьох взаємозалежних факторів. До них, перш за все, відносяться: обсяг і дальність перевезень, їх партійність, терміновість, кількість об'єктів будівництва, що одночасно обслуговуються, дорожні умови, наявність у пунктах навантаження та вивантаження засобів механізації вантажних операцій, вантажопідйомність контейнерів і автомобілів-самовантажників і т. д.

Контейнерні та пакетні перевезення будівельних вантажів завжди порівнюють зі способом їх доставки без контейнерів та засобів пакування (рис. 1).

Вибір параметрів контейнерів та засобів пакування (КіСП) багато в чому обумовлений вимогою забезпечення їхньої стійкості під час транспортування (мал. 2).

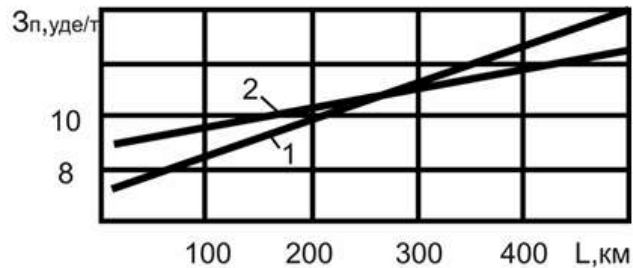


Рисунок 1 – Залежність наведених витрат ЗП на доставку вантажу (керамічна плитка) автомобільним транспортом у контейнерах або пакетами (1) та безконтейнерним способом (2) від відстані перевезення L

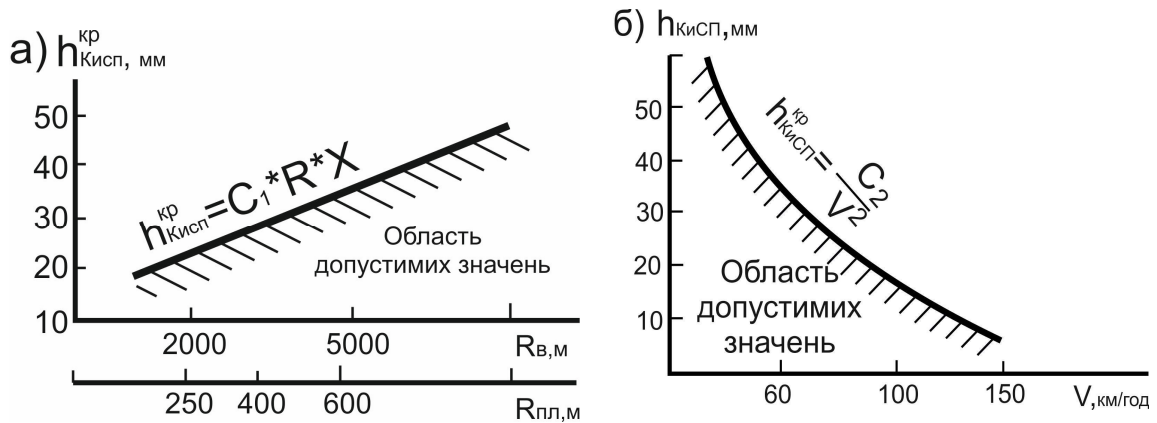


Рисунок 2 – Залежність висоти контейнера (пакета):

а – від радіуса вертикальних кривих K_v і кривих у плані $K_{пл}$ автомобільних доріг; б – від швидкості транспортування V ($h_{кр}$ - критична висота контейнера, пакета; C_1 і C_2 – постійні величини відповідно для даних швидкості транспортування та радіусів кривизни доріг; x – лінійні розміри контейнера, пакета)

Для автомобілів-самонавантажувачів зазвичай визначають ефективну дальність їх поїздок порівняно з використанням універсального рухомого автомобільного складу (мал. 3).

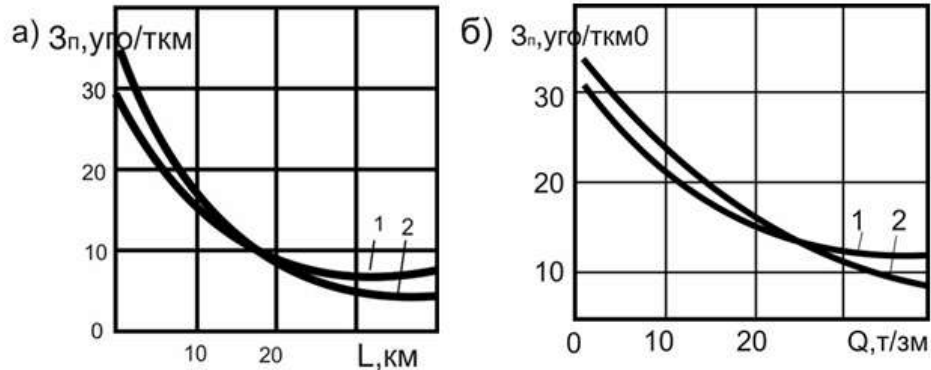


Рисунок 3 – Залежність наведених витрат ЗП на доставку вантажів:

а) автомобілем-самовантажувачем (1) та універсальним рухомих складом (2) від відстані перевезення L ; б) автомобілем (автопоїздом)-самонавантажувачем (1) та автопоїздом загального призначення з автокраном (2) від змінного обсягу Q перевезення вантажів, т/зм.

Іншими словами, вибір оптимальних автотранспортних засобів є одним багатофакторним завданням з цільовою функцією — забезпечення мінімальних питомих наведених витрат на доставку будівельних вантажів.

Способи розв'язання цієї задачі базуються на векторній оптимізації та комбінаториці з використанням багатофакторних моделей. У такій постановці завдання, що розглядається, можна виразити в наступному вигляді:

$$З_{\Pi} = f(G_i, n_i, g_i, m_{\text{бр}}, l_{\text{ц}}) \rightarrow \min \quad (1)$$

де $З_{\Pi}$ - наведені витрати на функціонування контейнерної транспортної системи;
 G_i - Інтенсивність поставок або змінний обсяг перевезень будівельних вантажів;

n_i - кількість об'єктів у зоні будівництва;

g_i - вантажопідйомність автомобіля - самонавантажувача;

$m_{бр}$ - маса брутто контейнера або засоби пакування;

$l_{ц}$ - відстань перевезення за кільцевим маршрутом.

Математичний експеримент з оптимізованого плану та обробка результатів дозволили знайти емпіричні залежності типу (1) при чотирьох та п'яти факторах. Їх значення змінюються в експерименті в межах, встановлених при аналізі перевізної системи в будівництві ($G_i = 0,5-7,5$ т/дн; $n_i = 1-9$; $g_i = 2,5 - 22,5$ т; $m_{бр} = 0,5 - 2,5$ т; $l_{ц} = 5-135$ км). Прирівнявши до нуля першу похідну Z_p по g_i ; можна отримати формулу для випередження оптимального значення шуканого фактора.

Вид отриманої формули, отже, і результат розв'язання завдання, залежить від обраного ступеня адекватності умов експерименту реальним умовам експлуатації. Так, при припущенні про повне завантаження автомобіля-самонавантажувача у всіх їздках (відповідність партійності доставки вантажів вантажопідйомності автомобілів - ідеальний випадок), його оптимальну вантажопідйомність можна вибрати за формулою

$$g_j^{opt} = 7,444 + 0,615n_i - 0,054m_{бр} + 0,0065l_{ц} \quad (2)$$

При розгляді реальних умов завантаження технічних засобів, що змінюються, ця залежність набуває вигляду

$$g_j^{opt} = 40,014 + 7,391G_i + 6,582n_i - 24,86m_{бр} - 0,382l_{ц} \quad (3)$$

Шляхом підстановки у формулу (2) різних значень факторів було встановлено, що оптимальне значення g_j^{opt} практично не змінюється в будь-яких умовах - розрахункові результати лежать в інтервалі 7,7—8,7 т, тобто $g_j^{opt} =$

$const$ і дорівнює 8 або 8,5 т. Це є наслідком спрощеного підходу. Використання формули (3) дозволило визначити в конкретних умовах експлуатації оптимальне значення g_i , що змінюється в області факторного простору експерименту $g_{jmin} \leq g_j^{opt} \leq g_{jmax}$. При $g_j^{opt} < g_{jmin}$ приймається граничне значення g_{jmin} (див. таблицю).

Таблиця 1 – Фрагмент результатів розрахунків оптимальних значень вантажопідйомності автомобілів-самонавантажувачів за формулою (3)

Значення факторів- аргументів				Питоме значення функції
$G_i, \text{т/дн}$	$n_i, \text{шт.}$	$m_{бр}, \text{т}$	$l_{ц}, \text{км}$	$g_j^{opt}, \text{т}$
2,5	3	2,5	50	2,5
2,5	3	2,5	30	4,5
4,0	1	2,0	50	7,5
2,5	3	2,5	20	8,5
2,5	3	2,5	15	10
3,0	4	2,5	40	11
2,5	3	2,5	10	12,5
2,5	3	2,5	5	14,2
2,5	3	2,5	2	15
3,0	4	2,5	30	15
5,0	2	2,0	50	21
5,0	7	2,5	70	34

Розрахунки показали, що найбільше застосування в сільському будівництві, наприклад ($G_i=2$ т; $n_i=1-2$; $m_{бр}=1-1,25$ т; $l_{ц}=70-135$ км) повинні знайти автомобілі-самонавантажувачі вантажопідйомністю $g_j^{opt}=4,5-5$ т. У зосередженому міському будівництві раціонально використовувати автотранспортні засоби з влаштуванням самонавантаження, встановленим на напівпричепі вантажопідйомністю близько 25 т, при інтенсивному міському будівництві - на напівпричепі вантажопідйомністю 35-45 т.

Отримані дані дозволяють не тільки обґрунтовано вибирати автотранспортний засіб із типорозмірних рядів спеціалізованих

автотранспортних засобів з вантажно-розвантажувальними пристроями для доставки контейнерів та пакетів з будівельними вантажами, а й уточнювати, доповнювати або змінювати їх.

Досвід та широкі перспективи застосування спеціалізованих контейнерів та засобів пакування будівельних вантажів у поєднанні з масовим використанням автомобілів-самонавантажувачів вимагали вирішення низки складних завдань, які розглянуті авторами статті. Отримані дані дозволяють не тільки обґрунтовано вибирати автотранспортний засіб із типорозмірних рядів спеціалізованих автотранспортних засобів з вантажно-розвантажувальними пристроями для доставки контейнерів та пакетів з будівельними вантажами, а й уточнювати, доповнювати або змінювати їх.

Література:

1. Автоматизовані системи управління автомобільними перевезеннями: Навчальний посібник/В.А. Гудков, С.А. Ширяєв, С.В. Ганзін; Волгоград. держ. техн. ун-т. - Волгоград, 1993. - 128 с.
2. Адлер, Ю.П. Планування експерименту під час пошуку оптимальних умов / Ю.П. Адлер, О.В. Макарова, Ю.В. Грановський. - М.: Наука, 1976. - 279 с.
3. Артинов, А.П. Автоматизація процесів планування та управління транспортними системами / А.П. Артинов, В.В. Скалецький. Скалецький. - М.: Наука, 1981. - 280 с.
4. Афанасьєв Л.Л., Цукерберг С.М. Вантажні автомобільні перевезення. - М.: Транспорт, 1973. - 178 с.

zawerkin@ukr.net

УДК629.424.1

Ігнатов Д.В., студ.,
Воробйов О.В., студ.,
Климаш А.О., к.т.н., доц.
СНУ ім. В. Даля

ЗАСТОСУВАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ПАЛИВА ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ТЕПЛОВИЗНИХ ДВИГУНІВ

***Анотація:** У роботі розглядаються перспективи використання альтернативних видів палива з метою зниження рівня шкідливих викидів тепловизних дизельних двигунів. Зокрема, досліджено екологічні характеристики біодизелю, синтетичного дизельного палива та воднево-дизельних сумішей. Визначено, що біопалива можуть зменшити викиди CO, CO₂ та твердих частинок без істотної модернізації силових агрегатів. Використання водню дає змогу майже повністю уникнути викидів CO₂, однак потребує технічного переоснащення та розвитку інфраструктури. Систематизовано переваги й недоліки кожного типу палива та наведено приклади практичного застосування у світовій залізничній галузі. Результати дослідження свідчать про високу актуальність впровадження альтернативного палива для декарбонізації рухомого складу та покращення екологічної безпеки транспорту..*

***Ключові слова:** тепловиз, дизельний двигун, альтернативне паливо, біодизель, синтетичне паливо, зниження CO₂*

Постановка проблеми. Тепловизні дизельні двигуни є потужними джерелами шкідливих викидів, зокрема оксидів азоту (NO_x), вуглекислого газу (CO₂), оксидів вуглецю (CO) та твердих частинок. Зважаючи на посилення екологічного законодавства та необхідність зниження вуглецевого сліду транспортної галузі, актуальним є пошук альтернатив до традиційного дизельного палива, що мають кращі екологічні характеристики.

Аналіз останніх досліджень та публікацій: У роботах [1-4] зазначається, що заміна традиційного дизельного палива на альтернативні суміші (біодизель, синтетичне паливо, біогаз, водень) дозволяє зменшити викиди CO, HC та

твердих частинок до 30-80%. Біодизель, отриманий з рослинних або відпрацьованих олій, має високу біорозкладність і не містить сірки. Дослідження показують, що при використанні суміші B20 (20% біодизелю, 80% ДП) викиди CO_2 зменшуються на 15-20%. Водночас є загрози підвищення NO_x .

Використання воднево-дизельних сумішей або повного переходу на H_2 -подвійне паливо дозволяє суттєво знизити викиди CO_2 , оскільки при згорянні водню утворюється лише водяна пара. Однак це вимагає модернізації паливної системи, впровадження високого тиску подачі та безпечного зберігання водню.

Формулювання цілей роботи: Оцінити потенціал використання альтернативних видів палива (біодизель, синтетичне дизельне паливо, водень) у тепловозних дизельних двигунах як засобу зниження викидів шкідливих речовин та адаптації до сучасних екологічних стандартів.

Основні матеріали дослідження: Однією з актуальних проблем залізничного транспорту є значний рівень шкідливих викидів у довкілля від роботи дизельних двигунів тепловозів. Основними забруднювачами є оксиди азоту (NO_x), чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO_2), сажа та інші тверді частинки, що негативно впливають на екологічну ситуацію в регіонах, де активно експлуатуються теплотягові локомотиви. У зв'язку з цим виникає потреба у пошуку шляхів зменшення негативного впливу на довкілля, зокрема шляхом впровадження альтернативних видів палива.

До основних альтернативних палив, що можуть бути використані у тепловозних дизельних двигунах, належать:

1. Біодизель— це паливо, вироблене з рослинних олій або тваринних жирів, що має близькі до мінерального дизелю характеристики. Використання біодизеля або його сумішей з традиційним паливом дозволяє зменшити викиди CO_2 на 40-70%, а також знизити рівень сажі, CO та HC . Перевагою є можливість застосування у існуючих двигунах без значних конструктивних змін. Недоліки включають більшу в'язкість, що може впливати на систему впорскування палива, а також сезонні обмеження через температуру застигання.

2. Синтетичне паливо, виготовлене за технологією Fischer-Tropsch, має покращені екологічні характеристики: практично не містить сірки, ароматичних вуглеводнів та поліциклічних сполук. Його використання сприяє зниженню викидів NO_x і твердих частинок. GTL («Перехід від газу до рідини») синтезується з природного газу, тоді як BTL («Біомаса в рідину») – з біомаси. Недоліком є висока вартість та обмежена доступність через складність виробництва.

3. Воднево-дизельні суміші. Технології спільного використання водню та дизельного палива набувають популярності як перехідний етап до повністю водневого транспорту. Водень подається у впускний колектор, а дизель використовується для ініціації запалювання. Така схема дозволяє зменшити викиди CO_2 до 60%, а також значно знизити кількість продуктів неповного згоряння. Основними труднощами є забезпечення безпеки використання водню, потреба у дорогому паливному обладнанні та відсутність розвиненої інфраструктури.

4. Використання метану. Стиснений або скраплений природний газ використовується в якості основного або додаткового палива. Утворення викидів при його згорянні суттєво нижче, ніж у випадку дизельного палива. Застосування у тепловозах можливе за наявності газових установок та відповідної сертифікації. Проблеми – це зберігання газу, об'єм балонів, а також ризик витоків.

Порівняльний аналіз (табл. 1) свідчить, що жоден вид альтернативного палива не є універсальним рішенням. Для досягнення найбільш ефективного результату доцільно впроваджувати комплексний підхід, що включає адаптацію конструкції двигунів, розвиток відповідної інфраструктури та економічне стимулювання енергоефективних технологій.

Світова практика (наприклад, США, Німеччина, Японія) демонструє позитивний ефект від застосування біодизелю та синтетичних палив у залізничній галузі. В Україні ці технології мають потенціал, але потребують подальших техніко-економічних досліджень, пілотних проєктів та законодавчої підтримки.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця альтернативних видів палива для тепловозних двигунів

Вид палива	Джерело	Екологічна ефективність	Технічна сумісність	Доступність / Вартість	Особливості та недоліки
Біодизель (B20-B100)	Рослинні олії, жири	Зниження CO ₂ (до - 70%), твердих частинок, CO ¹	Можливе використання в існуючих двигунах ¹	Помірна/ середня ²	В'язкість, стабільність, сезонність
Синтетичне дизпаливо (GTL/BTL)	Природний газ / біомаса	Низькі викиди NO _x , сірки, сажі ^{1,1}	Сумісне з дизельними двигунами ¹	Висока вартість / обмежена наявність ³	Складність виробництва
Воднево-дизельна суміш	Водень + дизель	До -60% CO ₂ , значне зниження CO, сажі ^{1,1}	Потребує модифікації паливної системи ²	Дуже обмежена / дорога ³	Безпека, інфраструктура, новизна
Метан (CNG/LNG)	Природний газ	Зниження CO ₂ , NO _x , сажі ¹	Необхідні газові установки ²	Середня / залежить від регіону ²	Зберігання, об'єм балонів
Звичайний дизель	Нафтопродукти	Високі рівні усіх викидів ⁴	Повна сумісність ¹	Найдоступніший ¹	Основне джерело забруднення

Примітка: 1 – позитивна характеристика; 2–умовноприйнятна характеристика; 3– обмеження / негативна характеристика; 4–негативний вплив.

Висновки: Альтернативні палива мають високий потенціал у зниженні екологічного впливу тепловозного транспорту. Найбільш реалістичним для впровадження у короткостроковій перспективі є використання біодизельних сумішей (до B20), які не потребують істотної модернізації двигуна. Синтетичне паливо забезпечує чистіше згоряння та може стати основою для перехідного періоду. Використання водню – перспективний, проте інфраструктурно складний напрям, який потребує державно-промислової підтримки. Розширення використання екологічних видів палива сприятиме декарбонізації залізничної галузі без втрати потужності та надійності тепловозів.

Література:

1. Клецька, О. В. (2019). Удосконалення конструкції маневрових тепловозів за рахунок впровадження сучасних енергозберігаючих технологій автореферат дисертації к.т.н. 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів, 23 с.
2. Жалкін, Д. С., & Жалкін, С. Г. (2016). Хімотологія дизельних палив. Альтернативні види палива.
3. Фалендиш, А.П. Розробка енергозберігаючих заходів при заміні візків локомотивів / А.П. Фалендиш, М.Ю. Кухарчук, О.В. Клецька // Зб. наук. праць. – Х: УкрДАЗТ, 2015. -Вип.152. -С.160-167.
4. Підпригора, А.І. Шляхи підвищення ефективності роботи паливно-енергетичного комплексу ПАТ «Українські залізниці» / А.І. Підпригора, О.В. Клецька, О.В. Хижа // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля / Науковий журнал. – Сєверодонецьк, ПП «Поліграф-сервіс», 2016. -№1. –С.170-174.

asp-273-24-58@snu.edu.ua

asp-273-23-146@snu.edu.ua

УДК 621.891

Ковтанець М.В.¹, к.т.н., доц.,

Бурейка Г.², д.т.н., проф.,

Марченко Д.М.¹, д.т.н., проф.

¹ Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

² Вільнюський технічний університет ім. Гедімінаса, Литва

**СПОСІБ РЕГУЛЮВАННЯ МЕХАНІЧНОЮ ЧАСТИНОЮ СТЕНДОВОЇ
УСТАНОВКИ «МАШИНА ТЕРТЯ»**

***Анотація.** У статті розглядається конструкція та принцип дії спеціально розробленої машини тертя для дослідження фрикційних властивостей контакту «колесо–рейка». Актуальність дослідження зумовлена необхідністю точного вимірювання коефіцієнта*

тертя в умовах, наближених до реальних. Представлено стендову установку, що дозволяє здійснювати експерименти як у режимі ковзання, так і кочення з ковзанням. Особливу увагу приділено електричній схемі регулювання напруги на базі мікроконтролера ATMEGA8, яка забезпечує точне керування робочим двигуном. Запропонований підхід дозволяє підвищити достовірність результатів експериментів за рахунок плавного регулювання напруги відповідно до заданої кривої.

Взаємодія колеса та рейки є фізичною основою руху локомотивів, вагонів і поїздів по залізницях. Від параметрів цієї взаємодії багато в чому залежать безпека руху й основні техніко-економічні показники господарств шляху й рухомого складу.

Для дослідження процесу зчеплення колеса з рейкою і коефіцієнта зчеплення існують різні стендові установки. Але єдина складність дослідження полягає в тому, що важко відтворити у лабораторних умовах реальне забруднення рейки продуктами («третім тілом»), які існують на різних ділянках рейкового шляху. Тому для такого роду вимірів з метою подальшого відтворення результатів на лабораторних установках потрібні пристрої, які вимірюють фрикційні властивості поверхонь і називаються машинами тертя або трибометрами [1].

На кафедрі залізничного транспорту Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля розроблена спеціальна, оригінальна по конструкції, машина тертя для вивчення фрикційних властивостей контакту «колесо-рейка» (рисунок 1), яка дозволяє вимірювати фрикційні характеристики контакту «колесо-рейка» в режимі чистого тертя ковзання (юза) контактуючих поверхонь та в режимі кочення з ковзанням.

Стендова установка функціонально складається з вимірювального вузла та орієнтуючого візка. Для передачі результатів виміру в реальному часі на комп'ютер, вимірювальні вузли з'єднані через інформаційний кабель з СОМ-портом комп'ютера.

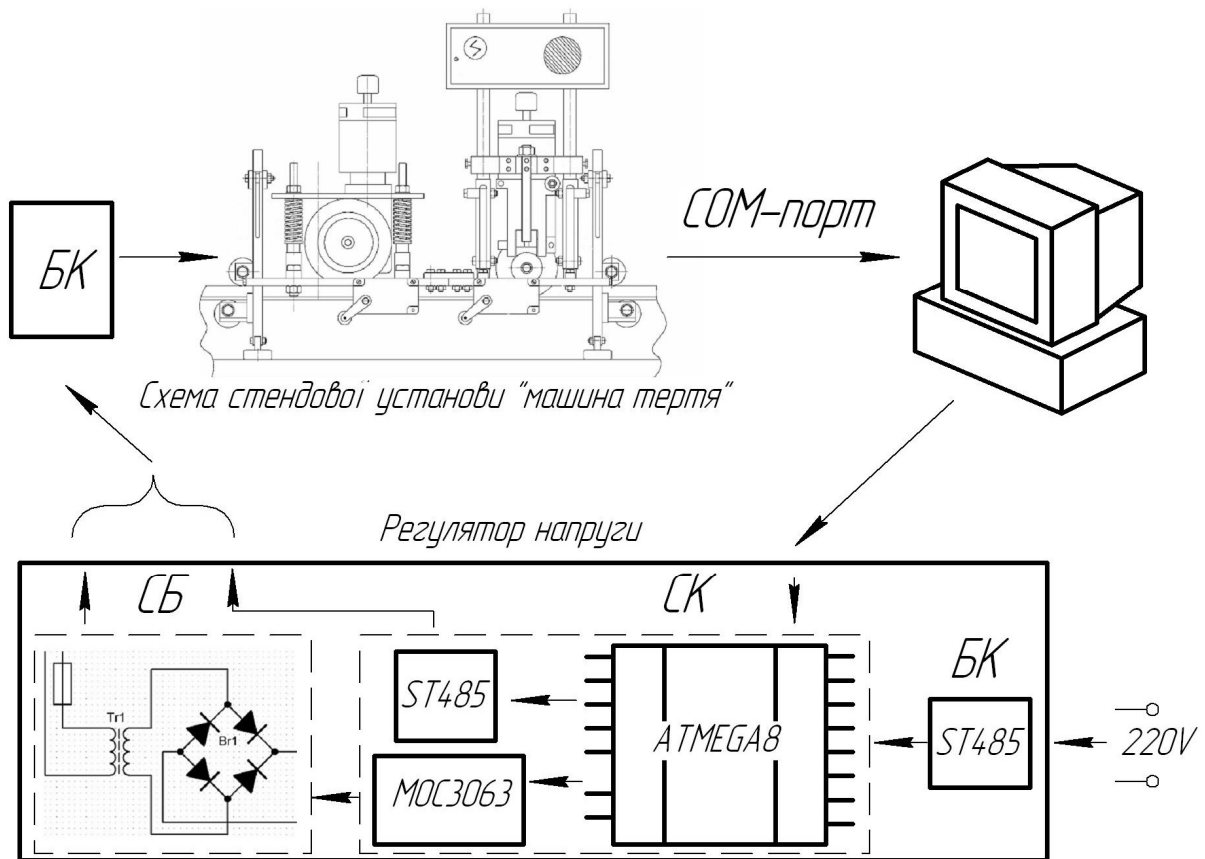


Рисунок 1 – Блок-схема роботи стендової установки «Машина тертя»

Для чистоти експерименту необхідний плавний набір швидкості обертання робочого ролика по заданій кривій. З цією метою для стендової установки «Машина тертя» була розроблена електрична схема (рисунок 2), а також пристрій регулювання напруги на мікроконтролері АТМЕГА8. Пристрій складається із силової частини і системи керування, що включає: оптопару з транзисторним виходом РС817, оптопару МОС3063, мікроконтролер АТМЕГА8, прийомопередатчик ST485. Система включення регулятора напруги зображена на блок-схемі (рисунок 1).

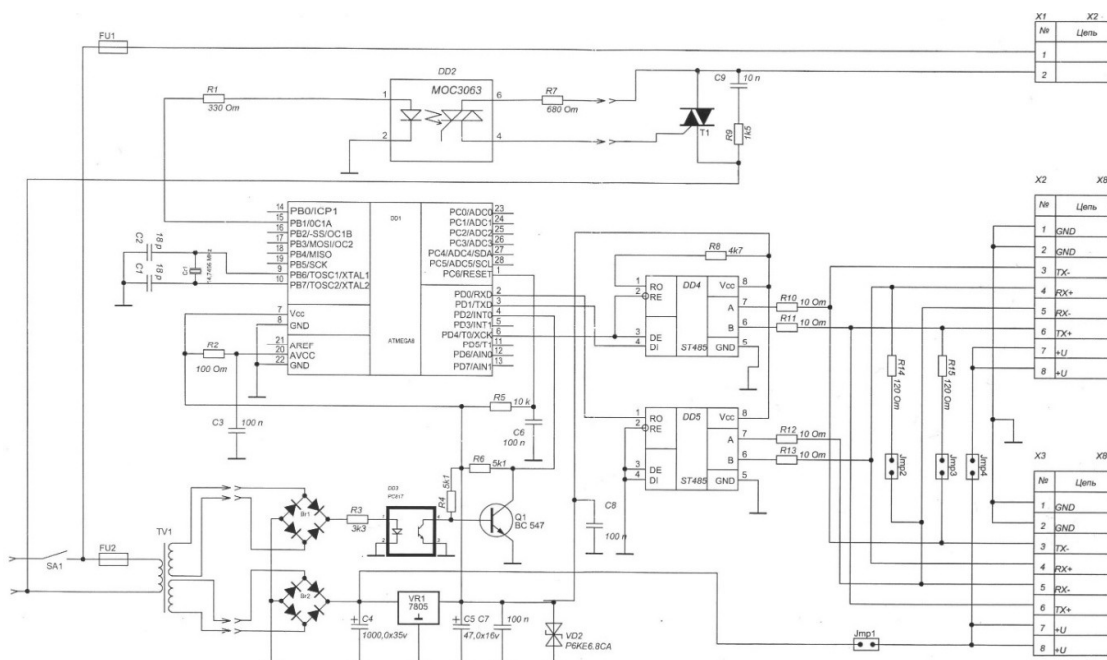


Рисунок 2 – Електрична схема регулятора напруги на мікроконтролері ATMEGA8

Пристрій працює наступним чином.

Живлення на регулятор напруги подається з мережі промислової частоти 50 Гц, 220В. Через понижуючий трансформатор TV1 220/5 діодний міст Br1 випрямлена напруга подається через оптопару із транзисторним виходом PC817 на мікроконтролер ATMEGA8. Керуючий сигнал подається з комп'ютера через СОМ-порт у систему керування (СК) на мікроконтролер AVR ATMEGA8, де обробляється сигнал керування і через гальванічну розв'язку силового блоку (СБ) та оптопару MOC3063, подається сигнал на блок керування (БК) двигуном машини тертя.

Оптопара з транзисторним виходом PC817 призначена для перетворення електричного сигналу у світло, його передачі по оптичному каналу і наступному перетворенні назад в електричний сигнал. Регулятор змінної напруги керує двигуном, який є індуктивним навантаженням при току якоря 50 А, напрузі 30 В. Головною задачею оптопари PC817 являється гальванічна розв'язка вхідних і вихідних ланцюгів між собою.

Прийомопередатчик ST485 забезпечує напівдуплексну двунаправлену передачу на великій відстані з високою швидкістю передачі даних. Оптопара МОС3063 призначена для гальванічної розв'язки силових частини регулятора напруги на мікроконтролері ATMEGA8.

Застосування даного пристрою дозволило підвищити точність експериментальних досліджень коефіцієнта тертя за рахунок регулювання напруги на двигуні стендової установки «Машина тертя» у межах 0...220В плавно і по заданій кривій, з різною швидкістю зростання напруги.

Висновок. У результаті проведеного дослідження було розроблено й реалізовано стендову установку «Машина тертя» для вивчення фрикційних властивостей контакту «колесо-рейка» в умовах, максимально наближених до реальних експлуатаційних. Конструкція установки забезпечує можливість вимірювання коефіцієнта тертя як у режимі чистого ковзання, так і в режимі кочення з ковзанням.

Особливістю системи є застосування мікроконтролера ATMEGA8 для точного регулювання напруги на двигуні, що дозволяє плавно змінювати швидкість обертання робочого ролика за заданою кривою.

Впровадження такого підходу сприяє підвищенню точності експериментальних вимірів і створює передумови для подальшого вдосконалення лабораторних методів дослідження взаємодії «колесо-рейка» на сучасному етапі розвитку залізничного транспорту.

Література:

1. 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.
2. Горбунов Н.И. Методика проведения экспериментальных исследований на автоматизированную измерительно-модернизированную стендовую установку / Н.И. Горбунов, А.И. Костюкевич, В.С. Ноженко, М.В. Ковтанец,

И.А. Цыгановский // Научно-практический журнал Залізничний транспорт України № 2. Вид-во ДНДЦ, – Київ, 2012. – С. 9-13.

3. Патент України №65999 на корисну модель Машина тертя для вивчення фрикційних властивостей контакту «колесо-рейка» МПК (2006.01) G01N 3/40 / Костюкевич О.І., Горбунов М.І., Ковтанець М.В., Ноженко В.С., Черніков В.Д., Цигановський І.О.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u201105040; заявл. 20.04.2011; опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24. – 4 с.

4. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 63934 06.01.2016 бюлетень № 40 від 29.04.2016 «Комп'ютерна програма «Система автоматизованої реєстрації та обробки експериментальної інформації отриманої на стендовій установці «Машина тертя» / Ковтанець М.В., Горбунов М.І., Костюкевич О.І., Просвірова О.В., Ноженко В.С., Ноженко О.С., Кара С.В., Гриндей П.О.

ovtanetsm@gmail.com

УДК 621.891

**Ковтанець М.В.¹, к.т.н., доц.,
Сладковський О.В.², д.т.н., проф.,
Могила В.І.¹, к.т.н., проф.**

¹ Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

² Сілезький технологічний університет, Польща

ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ТЕРТЯ КОЛЕСА З РЕЙКОЮ ШЛЯХОМ СТРУМИНО-АБРАЗИВНОГО ВПЛИВУ НА ЗОНУ ЇХ КОНТАКТУ

***Анотація.** У статті розглянуто вплив забруднень на фрикційні властивості контакту «колесо–рейка» та досліджено ефективність різних методів очищення поверхонь у залізничному транспорті. Зазначено, що забруднення, зокрема листя, мастильні матеріали та окисні плівки, істотно знижують коефіцієнт тертя, погіршуючи зчеплення і збільшуючи*

гальмівний шлях. Проаналізовано сучасні методи очищення контактуючих поверхонь, з яких найбільш перспективним визнано піскоструминний (струмино-абразивний) метод із використанням вільного абразиву. Проведено експериментальні випробування на стендовій установці «Машина тертя», що підтвердили ефективність запропонованого підходу: внаслідок застосування струмино-абразивної обробки коефіцієнт тертя зріс до 0,34, що забезпечує покращення тягових і гальмівних характеристик локомотивів.

При русі колеса по рейці прямий контакт сталь-сталь відсутній через наявність на їхніх поверхнях різних забруднень: плівок органічних матеріалів, окислів і навіть шару абсорбованого газу. Листя на рейках, що розкатуються колесами поїздів, тонкі шари окислів у з'єднанні з водою і мастильними матеріалами утворюють на поверхні кочення плівку, що погіршує зчеплення коліс із рейками, та стає причиною подовження гальмового шляху і збільшує електричний опір між колесом і рейкою. Змінні умови зчеплення вимагають значних додаткових витрат на засоби контролю коефіцієнта зчеплення, змушують знижувати швидкість руху поїздів і тим самим зменшують ефективність використання залізничної мережі. Наведені приклади ілюструють важливу роль, що грає стабільний і постійно високий коефіцієнт тертя у фрикційній системі «колесо-рейка». Це, в свою чергу, доводить важливість проблеми створення високоефективної установки для очищення поверхонь кочення коліс та рейок [1, 2].

Таким чином, одним з основних завдань, пов'язаних з підвищенням коефіцієнта тертя, є очищення контактуючих поверхонь колеса та рейки в режимі руху.

Поверхні очищають механічними, хімічними, термічними та іншими методами [3].

На основі проведеного аналізу наукових напрацювань і здобутків в галузі обробки поверхонь була розроблена класифікація методів очищення, яка показана на рисунку 1.

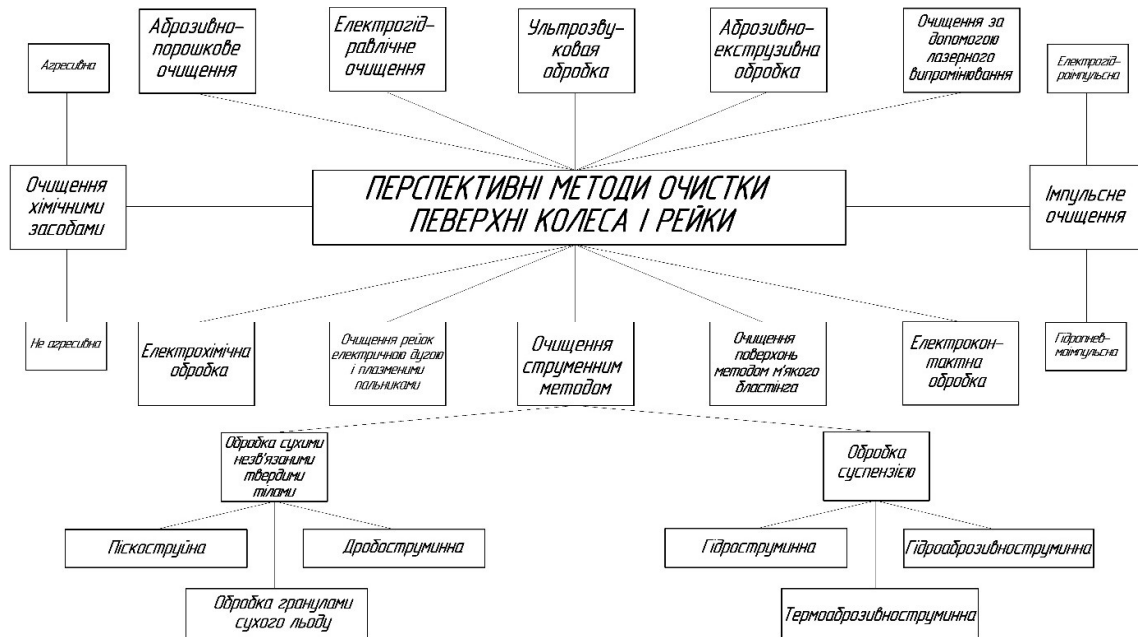


Рисунок 1 – Перспективні методи очищення поверхонь

Проаналізувавши перспективні методи очистки поверхонь, визначивши їх переваги та недоліки, можна зробити висновок, що найбільш ефективним є обробка поверхонь піскоструминним методом з використанням вільного абразиву. Перевага цього методу полягає не тільки в можливості значного підвищення зчеплення за рахунок утворювання ефективної шорсткості та збільшення площини контакту, але й в не значній собівартості й простоті використання на локомотиві.

При піскоструминному (струмино-абразивному) методі обробки поверхонь застосовуються різні витратні матеріали, такі як електрокорунд і гранат, скляні кульки, дріб сталеві і чавунні колота, дріб сталеві литі зміцнені, карбонати кальцію і натрію. Але для умов експлуатації локомотива найбільш ефективним є пісок, який заготовляють у депо для застосування у пісочних системах і низька його собівартість. При піскоструминному методі абразивні частинки взаємодіють з поверхнею колеса та рейки. При цьому відбувається продавлювання плівок забруднень зусиллям прямого удару струмино-абразивного потоку та ріжеться шар забруднень, відшарування і відрив виконується відображеним ударом, що відносить продукти очищення з зони контакту. Чим більші часточки, тим вище сила їхнього зіткнення з поверхнею,

що очищається, і навпаки. За рахунок високої швидкості руху абразивних часток, яка невід’ємно залежить від тиску подачі стисненого повітря, відбувається зміна мікрорельєфу контактуючих поверхонь колеса та рейки, яка становиться більш згладженою. При цьому збільшується контурна площа плями контакту взаємодіючих поверхонь, що забезпечує підвищення зчеплення колеса з рейкою.

Експериментальні випробування проводилися на стендовій установці «Машина тертя» з метою визначення коефіцієнта тертя на рейці з різним поверхневим забрудненням, у даному випадку – дизельним мастилом, при наявності на поверхні рейки якого коефіцієнт тертя склав 0,16, а розрахункова температура у контакті колеса з рейкою – 200 °С. При подачі піску з продуктивністю, що відповідає штатній пісочній системі, в контакт рейки з робочим роликком «Мащини тертя» коефіцієнт тертя склав 0,24, при цьому розрахункова температура у контакті колеса з роликком збільшилась до 265 °С. При обробці контакту струмино-абразивним методом (на основі застосування розробленої конструкції сопла пісочниці та під більш високим тиском подачі абразивного матеріалу) спостерігалось зняття шару забруднення (дизельного мастила) і коефіцієнт тертя збільшився до 0,34, а розрахункова температура у контакті колеса з рейкою збільшилась до 350 °С (рисунок 2). За рахунок підвищення коефіцієнту тертя можна досягнути високих тягово-зчіпних та гальмівних якостей локомотиву, підвищити ефективність його експлуатації.

Висновок. У результаті проведених досліджень встановлено, що забруднення контактуючих поверхонь колеса та рейки істотно впливають на зменшення коефіцієнта тертя, що призводить до погіршення зчеплення, збільшення гальмового шляху та підвищення електричного опору в системі «колесо-рейка».

Проаналізовано та класифіковано основні методи очищення поверхонь, серед яких найбільш ефективним виявився піскоструминний метод з використанням вільного абразиву. Проведені експерименти засвідчили, що застосування цього методу забезпечує значне покращення фрикційних характеристик контакту: коефіцієнт тертя збільшився з 0,16 до 0,34, а температура в зоні контакту – з 200 °С до 350 °С.

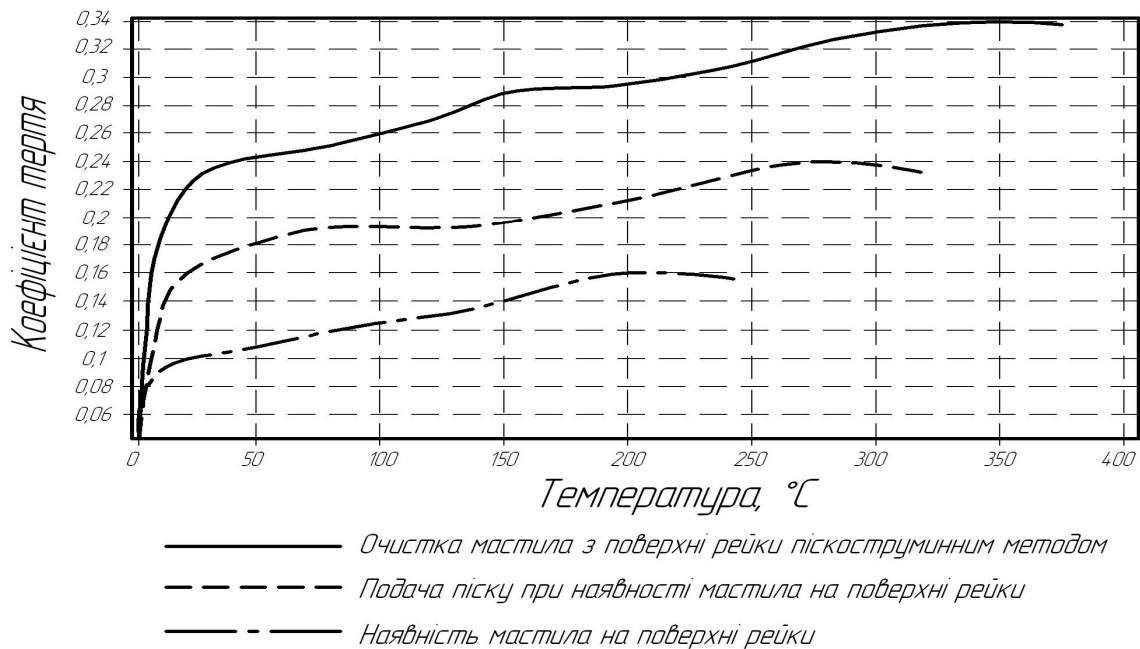


Рисунок 2 – Залежність коефіцієнта тертя від різноманітних забруднень

Застосування піскоструминної обробки безпосередньо на локомотивах є доцільним завдяки простоті реалізації, невисокій собівартості абразивного матеріалу (піску) та підвищенню ефективності експлуатації залізничного транспорту.

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 СХУ 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 СХУ 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 III-ї Міжнародної інтернет конференції молодих учених та студентів «Проблеми розвитку транспортних систем в Євразійському регіоні», 25-27 травня 2015 р., м. Сєверодонецьк. – Сєверодонецьк: СНУ ім. В.Даля, 2015. – С. 16-19.

kovtanetsm@gmail.com

УДК 621.891

**Kovtanets M.V.¹, PhD, Assoc. Prof., Kučera P.², Ing., Ph.D.-researcher,
Sergienko O.V.¹, PhD, Assoc. Prof., Kovtanets T.M.,¹ Research Assistant**

¹Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine

²Brno University of Technoogy, Brno, Czech Republic

IMPROVING THE ADHESION QUALITIES OF LOCOMOTIVES BY CONTROLLING THE FRICTIONAL INTERACTION BETWEEN THE WHEEL AND THE RAIL

Annotation. *The paper examines methods for improving the adhesion of the wheel to the rail. A technical solution is proposed that enables effective cleaning of the wheel and rail rolling surfaces during operation.*

Railway transport is one of the most powerful and technically advanced types of freight and passenger transportation. When designing new rolling stock, a primary task is to improve the traction-adhesion and braking qualities of locomotives, which largely determine the overall techno-economic efficiency of the locomotive. Analysis of research works [1, 2] showed that the traction-adhesion qualities of rolling stock largely depend on the processes occurring at the contact interface between the wheel and rail surfaces. Contamination of the railway track significantly affects the adhesion coefficient, especially if the contamination layer is thick enough to separate the contacting surfaces of the wheel and rail.

Currently, many devices and methods have been proposed to improve wheel-to-rail adhesion, including [3]:

- Improving the connection between the bogie and wheelset;
- Systems for detecting and preventing wheel slip;
- Redistribution of traction motor torque;
- Redistribution of traction (braking) forces among wheelsets;
- Use of load-increasing devices;
- Use of inclined linkages;
- Slip regulation;
- Use of balanced spring suspension;
- Use of electromagnetic increase of adhesion weight;
- Variation of vertical load;
- Interaction of magnetic field with the wheel-rail contact;
- Passing electric discharge through the wheel-rail contact zone;
- Mechanical rail cleaning;
- Use of sand;
- Use of friction modifiers.

One of the most common methods to increase the adhesion coefficient is the use of sand. However, its application has several drawbacks, including:

- increased wear of rails and some rolling stock components due to sand being an abrasive material;
- excessive sand supply may reduce the reliability of signaling devices and electric turnout drives;
- sand preparation involves significant costs.

If rails are covered with frost, snow, fallen leaves, a thin oil film, or other contaminants, sand application is less effective and may be futile due to unstable cleaning quality of the wheel and rail surfaces.

Purpose of the Article. Development of a promising, energy-efficient method to improve wheel-to-rail adhesion.

Based on an analysis of cleaning methods, the most effective and promising method was developed, involving jet treatment with dry ice pellets. Dry ice is solid carbon dioxide (CO₂), a low-temperature product. It sublimates directly from solid to gas, bypassing the liquid phase. Dry ice temperature is -79°C . As a non-abrasive material, dry ice has significant advantages over consumables such as sand, slag, glass beads, garnet, shot (steel, cast iron), and electrocorundum.

Operation of the Proposed System. In case of wheel slip risk, the adhesion enhancement system is activated, which supplies dry ice pellets to the contaminated surface using compressed air. Dry ice pellets have a much lower temperature (-79°C) than the surface being cleaned. Upon contact with the contaminated surface, the temperature of the surface layer (contamination) drops sharply, causing a “thermal shock” effect, which makes the contaminated layer brittle and breaks it into small pieces. The temperature difference between the cleaned surface and contamination reduces the adhesive properties of the contamination, weakening the adhesion between the surface material and contaminants. During sublimation, dry ice pellets expand gas about 800 times, which removes cleaning residues from the surface. The bulk of the cleaned material (wheel or rail) is not cooled significantly, so its mechanical properties remain unaffected. Additionally, dry ice smoothes the abrasive rail surface, increasing the wheel-rail contact patch, which further improves rolling stock adhesion.

Main Advantages of Dry Ice Cleaning Are:

- Dry ice is non-abrasive and does not damage the cleaned surface;
- Sublimation of dry ice causes micro-explosions on the surface, greatly enhancing cleaning efficiency;
- The temperature difference creates a thermal shock and a gas layer between contamination and surface, accelerating cleaning;
- Studies show temperature reduction occurs only on the surface, with no thermal stress to the bulk material;
- Dry ice pellets leave no moisture, thus preventing corrosion;

- Operational costs reduce by 70-80% due to high efficiency and no need for consumables preparation;
- Ice jet does not damage wheel or rail surfaces.

Conclusion. This work proposes a method of surface cleaning from various contaminants using dry ice pellets. This method is the most effective and promising means of cleaning the wheel-rail contact, enabling increased wheel-to-rail adhesion.

References:

1. Горбунов Н.И. Применения технологии очистки сухим льдом в железнодорожном транспорте / Н.И. Горбунов, Д.В. Соболев, М.В. Ковтанец, О.В. Просвирина // Актуальні проблеми сучасного управління в соціально-економічних, технічних та гуманітарних системах: збірник тез конференції, 24-26 листопада 2016 р., м. Одеса (Україна). – Сєвєродонецьк: СЛУ ім. В. Даля, 2016. – С. 43-46.
2. Щербаков В.Ю. Математическая модель движения гранул сухого льда и их распределение по поверхности головки рельса / В.Ю. Щербаков, М.В. Ковтанец // Збірник наукових праць студентів «Молодий науковець». – №1. – К.: ДУІТ, 2017. – С. 105-114.
3. Горбунов Н.И. Повышение сцепных качеств локомотивов управлением фрикционным взаимодействием «колесо-рельс» / Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец, Е.А. Кравченко, М.А. Крысанов // Збірник наукових праць першої студентської науково-практичної конференції «Інноваційні технології на залізничному транспорті» (23-25 вересня 2010 р., Красний Лиман) – Луганськ, 2010. – С. 46-49.

kovtanetsm@gmail.com

UDC 621.891

**Nozhenko V.S.¹, PhD, Assoc. Prof., Kovtanets M.V.², PhD, Assoc. Prof.,
Kravchenko K.A.³, PhD, Assoc. Prof., Kovtanets T.M.,² Research Assistant**

¹Taurida National University named after V. I. Vernadsky

²Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ukraine

³University of Žilina, Slovakia

AUTOMATED MEASURING AND MODELING BENCH INSTALLATION «FRICTION MACHINE» FOR STUDYING THE FRICTION PROPERTIES OF THE «WHEEL-RAIL» CONTACT

***Annotation.** This article describes an automated measuring and modeling test stand designed to determine the coefficient of friction on a real rail, in the presence of a third body in the «wheel–rail» contact, as well as to assess factors that influence the friction coefficient.*

Adhesion issues are among the most relevant for railway transport. Therefore, alongside theoretical studies, experimental investigations are also conducted [1, 2, 3]:

- using physical and mathematical models in laboratory conditions;
- on roller test stands with actual rolling stock units;
- on railway sections using existing types of locomotives.

When studying the adhesion force of locomotives on actual rail tracks, discrepancies between experimental and operational conditions are eliminated. However, such experiments require significant time and financial resources.

In operating conditions, the frictional state of wheel and rail surfaces is assessed using specialized devices – tribometers. Unfortunately, tribometers cannot separately analyze the effect of sliding speed and temperature on the coefficient of sliding friction.

Thus, the creation of a modern, automated test stand to study wheel-rail adhesion under real contact conditions is highly relevant.

Based on the «Friction machine» test stand developed by the Department of Railway Transport, an Automated Measuring and Modeling Unit «Friction Machine»

(AMMU «Friction Machine») was developed for researching the frictional properties of the wheel-rail contact [4], enabling the following tasks:

- determination of the wheel-rail friction coefficient under realistic contamination conditions (rain, oil, diesel fuel);
- evaluation of surface activation effects on the realized friction coefficient;
- automatic modeling, using microcontrollers, of the torque build-up process leading to wheel slip;
- determination of the coefficient of sliding friction under pure sliding conditions, with simultaneous rolling and slipping.

The AMMU «Friction Machine» consists of mechanical and electrical assemblies. The mechanical unit includes the main and additional trolleys. The main trolley (Fig. 1) contains a frame (1), a lever and roller system (2), enabling linear motion along the rail axis (3). The trolley also houses the orientation and measurement units.

The orientation unit of the AMMU ensures the working roller (8) is perpendicular to the contact point on the rail (3). It includes guides (4), segments (5), levers (6), and a crossbar (7).

The measurement unit transfers vertical load and torque to the working roller (8), and measures vertical force, angular speed, and friction force between roller and rail. It includes two housing parts (9 and 10), with part 9 rigidly attached to shaft 11 and connected to part 10 via bearings, allowing rotation in the plane perpendicular to the rail. Lever 12, with strain gauges attached, serves as a vertical force sensor. Spring 13 and electromagnet 14 regulate the applied force. Part 9 is mounted on shaft 15, fixed to the crossbar (7), allowing controlled horizontal rotation limited by lever 16, also fitted with strain gauges, serving as a tangential force sensor. Angular gearbox (19) connects the motor to the working roller (8) via a cardan shaft.

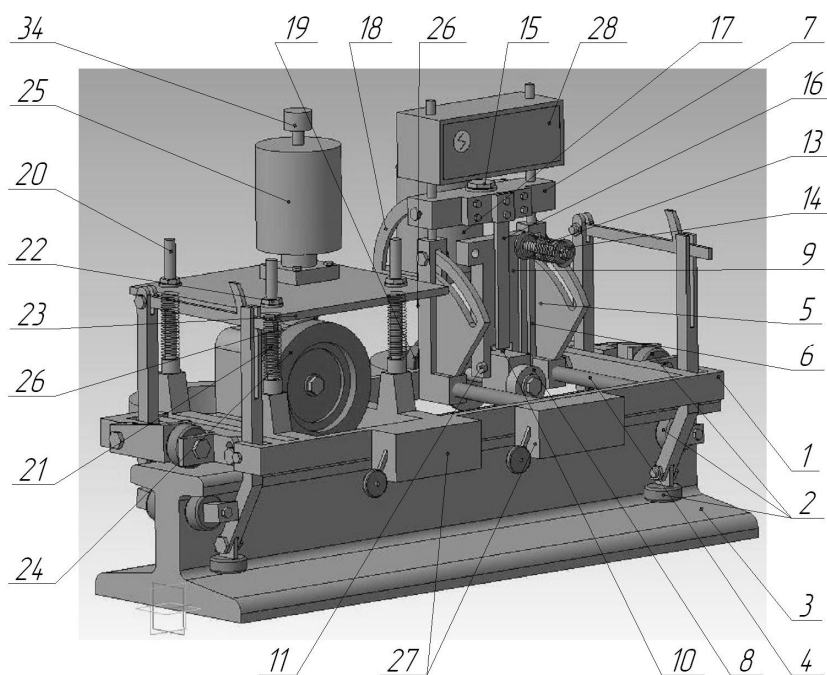


Fig. 1 – General layout of the automated measuring-modeling unit «Friction Machine» for researching the frictional properties of the «wheel-rail» contact

To drive the AMMU, an additional trolley is rigidly attached to the main one. It applies vertical load and torque to the drive roller (24), and measures its angular speed. The motor (25), mounted on plate (23), drives the roller through a worm gearbox (26), with vertical force regulated by spring (21). The worm gear ensures the drive speed is set by motor RPM and is independent of the traction force generated by the working roller. Limit switches (27) on frame (1) prevent derailment. A microprocessor unit (28) with microcontrollers, power supply, galvanic isolation modules, and a COM-port connector is mounted on the levers (6).

The friction machine allows a wide range of angular ($0-70 \text{ s}^{-1}$) and linear ($0-2 \text{ m/s}$) velocities for the working roller. This broad range complicates determination of the roller's sliding velocity relative to the rail.

Friction between surfaces causes heating in the «roller-rail» contact. By independently adjusting translational and angular velocities, one can separately study the effect of sliding speed and temperature on the coefficient of sliding friction during rolling with slip.

Thus, the proposed stand design and research method enable the acquisition of critical dependencies for adhesion theory (see Fig. 2).

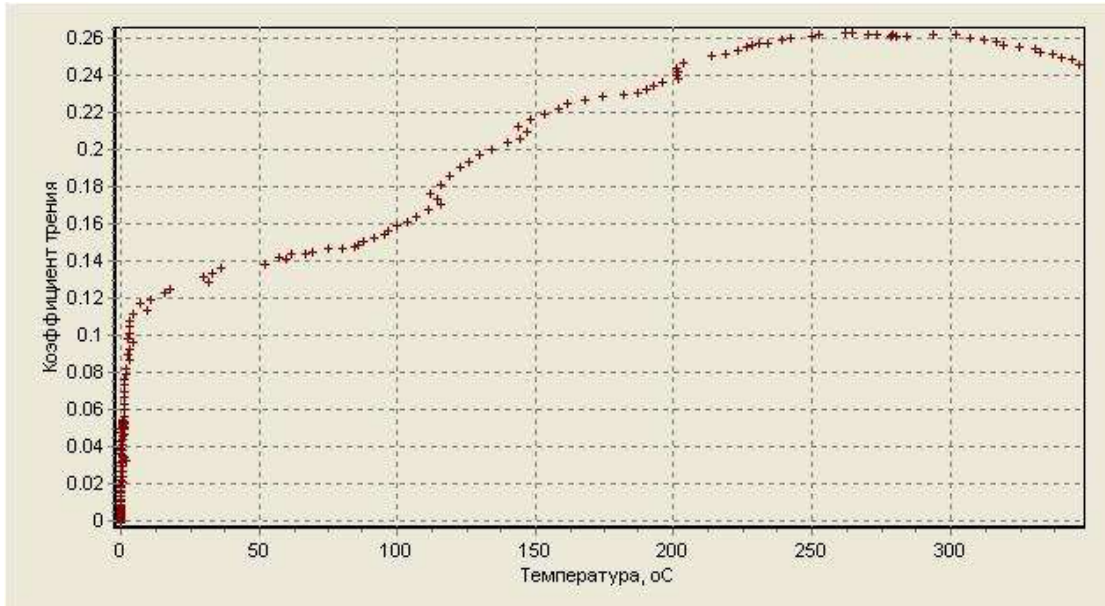


Fig. 2 – Sample experimental dependence of sliding friction coefficient on temperature during rolling with slip

Conclusions. An automated measuring and modeling test stand has been created to determine the friction coefficient on a real rail under the influence of a third body in the «wheel-rail» contact.

A methodology has been developed to study frictional properties of the «wheel-rail» contact under various interaction modes and frictional conditions.

References:

1. Ковтанець М.В. Автоматизована вимірювально-моделююча стендова установка «Машина тертя» для дослідження фрикційних властивостей контакту «колесо-рейка» / М.В. Ковтанець, В.С. Ноженко, Т.М. Ковтанець, М.М. Вакулік, О.О. Винокуров // Прогресивні технології засобів транспорту. Матеріали першої міжнародної науково-технічної конференції, 23-24 вересня 2021 р. Харків-Миргород: УкрДУЗТ, 2021. – С. 119-121.

2. Патент України №65999 на корисну модель Машина тертя для вивчення фрикційних властивостей контакту «колесо-рейка» МПК (2006.01) G01N 3/40 /

Костюкевич О.І., Горбунов М.І., Ковтанець М.В., Ноженко В.С., Черніков В.Д., Цигановський І.О.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u201105040; заявл. 20.04.2011; опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24. – 4 с.

3. Патент на корисну модель № 115547 G01N 3/56 (2006.01), G01N 19/02 (2006.01), B61C 15/14 (2006.01) Машина тертя для вивчення фрикційних властивостей контакту «колесо-рейка» / Горбунов М.І., Ковтанець М.В., Ноженко В.С., Мокроусов С.Д., Просвірова О.В., Анофрієв А.Д.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u 2016 09295; заявл. 06.09.2016; опубл. 25.04.2017, Бюл. № 8. – 4 с.

kovtanetsm@gmail.com

УДК 629.4.015

Могила В.І.¹, к.т.н., проф., Ковтанець М.В.¹, к.т.н., доц.,

Плотніков В.Д.¹, асп., Куртов Д.В.¹, асп.

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОЦІНКИ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ КОЛЕСА ТА РЕЙКИ

***Анотація.** У статті розглянуто методи та засоби реєстрації сил взаємодії між колесом і рейкою як ключового аспекту забезпечення безпеки руху рухомого складу. Представлено огляд сучасних методів вимірювання сил, зокрема тензометричних колісних пар, способів із використанням деформацій елементів візків, а також методів контролю напружено-деформованого стану колісного диска. Особливу увагу приділено альтернативному підходу, який полягає у використанні ємнісних пластин та вихрострумового перетворювача для визначення положення колісної пари відносно головки рейки. Описано принцип дії пристрою, конструктивні особливості та алгоритм роботи системи оповіщення про критичні відхилення. Запропоноване рішення дозволяє підвищити точність контролю, забезпечити своєчасне виявлення аварійних ситуацій та активувати гальмівну систему, що є важливим чинником для підвищення рівня безпеки на залізничному транспорті.*

Забезпечення безпеки руху рухомого складу є однією з найбільш важливих проблем, для вирішення якої необхідно приділити велику увагу реєстрації та аналізу сил взаємодії колеса з рейкою. На випадковий процес взаємодії колеса з рейкою надає суттєвий вплив два фактори – конструкція рухомого складу та стан залізничної колії.

При взаємодії колеса з рейкою виділяють три компоненти сил: вертикальну, горизонтальну та поздовжню [1, 2]. Процеси цих складових, як правило, розглядають у системі координат рейки, де вісь x – дотична до осі колії, що проходить через центр рейки; вісь y – горизонтальна вісь, паралельна поперечній осі рейки; вісь z – вертикальна вісь рейки. При цьому поздовжня сила не має істотного впливу на стійкість колеса на рейці, тому цією складовою нехтують, а основним завданням при випробуваннях є визначення вертикальної та горизонтальної сил.

Вимірювання сил взаємодії безпосередньо в контакті «колесо-рейка» практично неможливо, тому всі основні способи виміру діючих сил пов'язані з виміром деформацій рейок та елементів конструкції рухомого складу. Для цього використовують тензорезистори, які були винайдені в США в 1938 р. та запропоновані для використання на залізничній дорозі у 1944 р.

Найбільш простим способом вимірювання вертикальних та горизонтальних сил є метод, при якому тензорезистори наклеюють у перерізах рейок [1, 2]. Недоліком цього методу є можливість безперервної реєстрації сил протягом усього шляху рухомого складу. Велику популярність та широке застосування отримав спосіб виміру вертикальних і горизонтальних сил взаємодії колеса з рейкою по деформаціям бічних рам візків вантажних вагонів [1, 3]. Для цього тензорезистори наклеюють на зовнішні та внутрішні сторони бічних рам і збирають у мостові схеми. Такі схеми забезпечують високу чутливість у вибраному напрямку, наприклад при вимірі поперечних сил з компенсацією температурних деформацій та низьку чутливість до деформацій за іншими напрямками. Цей спосіб дозволяє проводити безперервну реєстрацію сил під час

руху рухомого складу по ділянці будь-якої тривалості, але його недоліками є невисока точність вимірювання сил через можливість затискання рами візка в буксових отворах, значного видалення місць наклейки тензорезисторів від точок застосування сил та інші фактори.

Ще одним методом вимірювання сил у контакті колеса з рейкою є реєстрація деформацій осі колісної пари у чотирьох перерізах [2]. За рахунок близького розташування місць наклейки тензорезисторів забезпечується більш точне визначення сил, проте через складність обчислень, цей спосіб не знайшов широке застосування.

Професор М.Ф. Веріго запропонував метод оцінки динамічного впливу рухомого складу на шлях, використовуючи вимір напруженого стану диска колеса [1]. На основі цього було проведено безліч досліджень з визначення сил взаємодії колеса з рейкою з використанням тензометричної колісної пари. Експериментальні та теоретичні дослідження у цьому напрямі розпочалися у 50-х роках минулого століття і продовжуються до теперішнього часу.

Шведські вчені П.Є. Олсон та С. Йонссон встановили, що радіальні деформації диска колеса чутливі до горизонтальних і не чутливі до вертикальних сил. Це дозволило їм розробити метод безперервної реєстрації горизонтальних сил за допомогою виміру радіальних деформацій диска колеса та апаратуру для статистичної реєстрації середніх значень сил. Також були проведені вимірювання сил з використанням ТКП на залізницях ФРН та Японії [2]. Ці дослідження дозволили зіставити дані теоретичних розрахунків вписування рухомого складу в криві ділянки шляху з експериментальними даними, розробити рекомендації щодо покращення конструкцій рухомого складу, уточнити допустимі швидкості їх експлуатації, експериментально визначити величину коефіцієнта тертя при поперечному ковзанні колеса по рейці при русі в кривих ділянках колії тощо.

Теоретичні та експериментальні стендові дослідження з визначення напруги в диску цільнокатаного колеса, що проводяться різними інститутами, показали, що найнебезпечнішими є радіальні напруги, але в диску колеса є зони переходу, тобто зони, де навантаження, прикладене до колеса, має найменший вплив на

деформації. У 1960-1961 роках проводилися експлуатаційні випробування у яких основу було взято методику шведських залізниць. Співробітниками відділення з вивчення роботи підшипників кочення вперше було отримано записи бічних сил. Однак похибка виміряних сил за один оберт колеса досягала 30 %. Це було викликано різною товщиною диска в точках наклейки тензорезисторів, неточністю розміщення тензорезисторів, а також тим, що не враховувався вплив дії вертикальних сил. Усі подальші теоретичні та експериментальні дослідження проводилися з метою вирішення наступних завдань:

- пошук оптимального розташування тензорезисторів, при якому виключалося б взаємний вплив вимірюваних вертикальних та бічних сил;
- забезпечення точності розмітки місць під наклейку та розміщення тензорезисторів;
- розробка схеми для безперервної реєстрації сил взаємодії колеса із рейкою;
- відпрацювання технології захисту тензорезисторів від води, мастила, забруднень та вібрацій;
- вдосконалення способів реєстрації показань з обертається колісної пари.

Крім вітчизняних пристроїв, існують різні варіанти виконання тензометричних колісних пар за кордоном. Більшість цих розробок засновано також на вимірі напружено-деформованого стану диска колеса за допомогою тензорезисторів, розташованих у певних місцях та зібраних різними способами у вимірювальні схеми.

Є пристрій що дозволяє вимірювати не тільки вертикальні та бічні сили, а й направляючу, що передається горизонтально від гребеня колеса на рейку. Для цього використовують тензометричну колісну пару зі складовим бандажом. При набіганні колеса на рейку у разі двоточкового контакту сумарна бічна сила складається з сили на поверхні кочення та спрямовуючої сили, що діє на реборду колеса. Останній фактор є важливим при визначення стійкості від сповзання колеса на рейку, що є одним з основних критеріїв безпеки руху. Визначити ці складові бічної сили за допомогою традиційних тензометричних колісних пар неможливо.

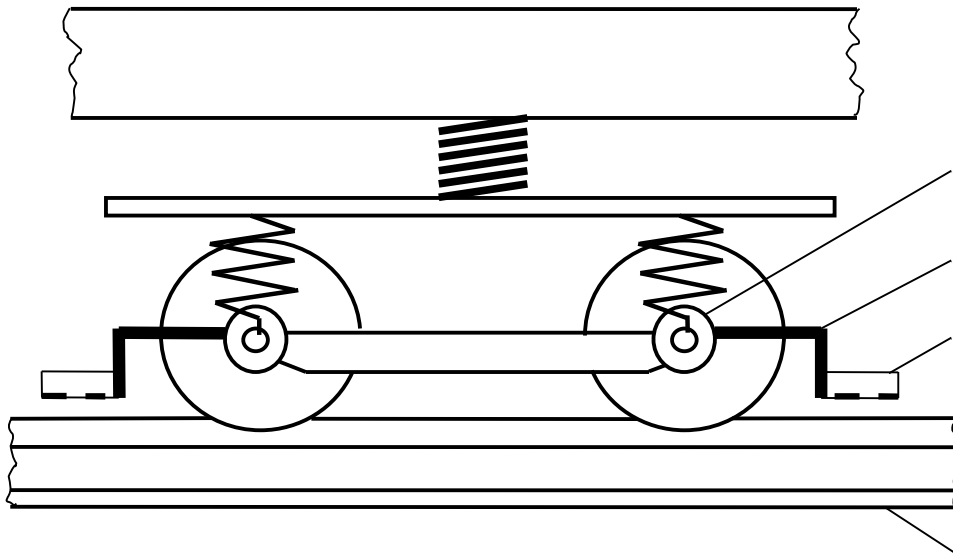


Рисунок 1 – Загальний вигляд пристрою для контролю положення колісної пари на рейковій колії

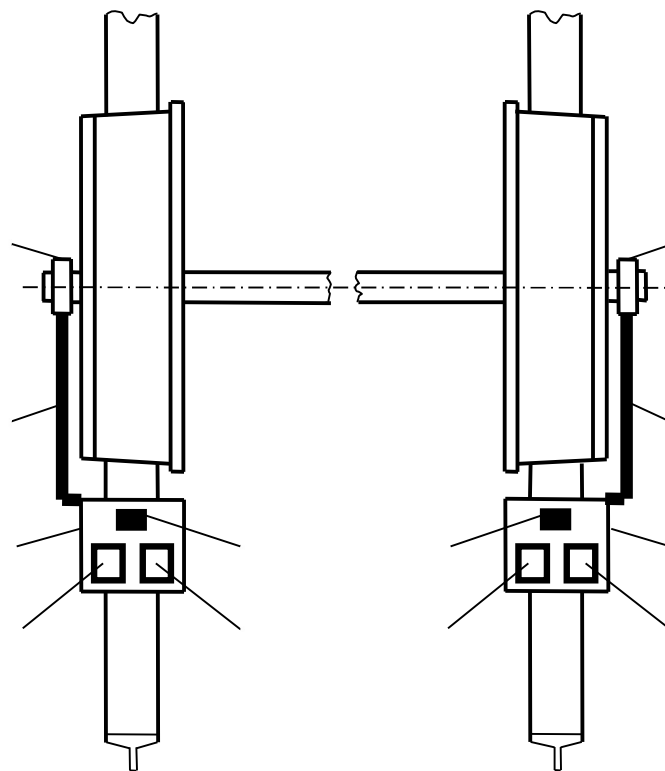


Рисунок 2 – Схема встановлення ємнісних пластин та вихрострумового перетворювача у датчикових коробках відносно колісної пари і рейкової колії

Аналіз способів оцінки процесів взаємодії колеса та рейки показав, що альтернативною тензометричній колісній парі є розробки науковців Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, наприкладі пристрою для контролю положення колісної пари на рейковій колії [3, 4]. На рисунку 1 зображено загальний вигляд пристрою для контролю положення колісної пари на рейковій колії, а на рисунку 2 – схема встановлення ємнісних пластин та вихрострумowego перетворювача у датчикових коробках відносно колісної пари і рейкової колії.

Пристрій для контролю положення колісної пари на рейковій колії містить прикріплені до букс 1 жорсткі рами 2, на яких за допомогою болтового з'єднання кріпляться датчикові коробки 3. В пазах датчикових коробок 3 закріплено ємнісні пластини 4, 5 та вихрострумований перетворювач 6, причому ємнісні пластини 4, 5 орієнтовані уздовж головки рейки 7, а вихрострумований перетворювач 6 розташований по центру головки рейки 7. Кожна з ємнісних пластин 4, 5 утворює з поверхнею рейки 7 конденсатор. Ємнісні пластини 4, 5 сполучені з сумуючо-реєструючим блоком 8 вимірювальної апаратури, до складу якого входять підблоки 9, 10, 11 та 12, які реєструють бічний зсув колісної пари (підблок 9), кутове переміщення колісної пари в горизонтальній площині (підблок 10), зміну відстані між голівками рейок 7 (підблок 11) та величину зазору між безконтактними перетворювачами та поверхнею голівки рейки 7 (підблок 12), та генератори з електронним містком 13, а також містить систему оповіщення 14 (рис. 3).

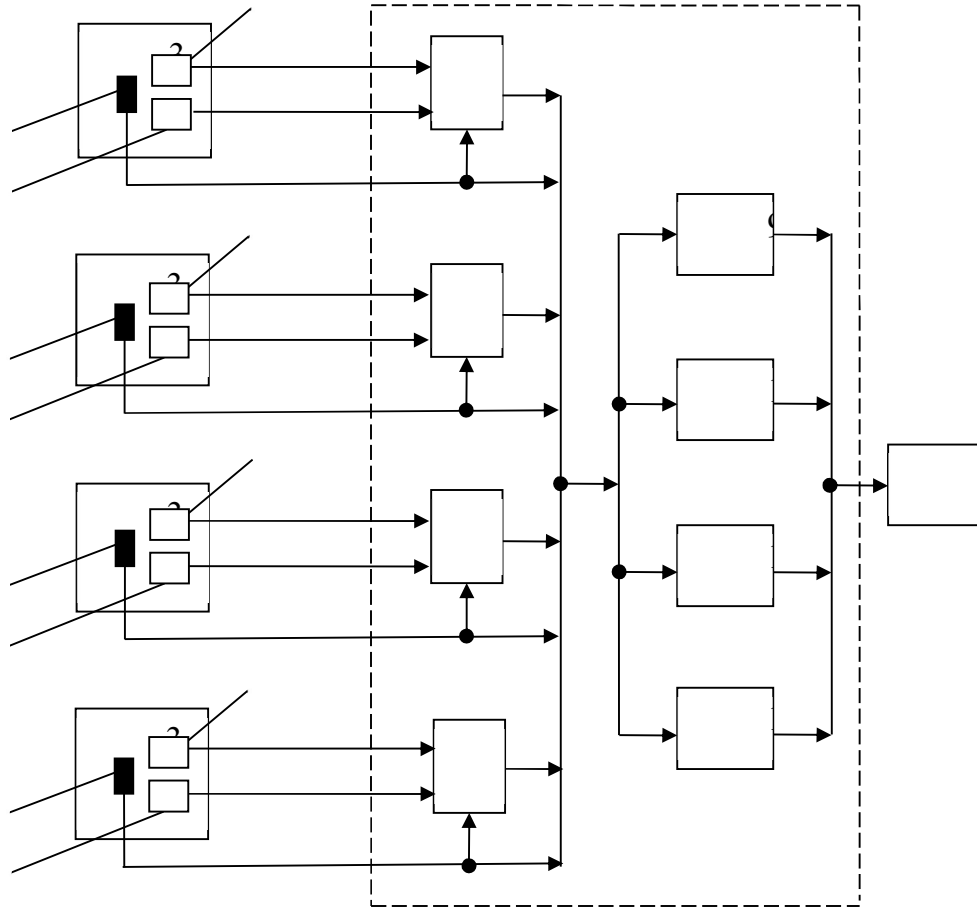


Рисунок 3 – Схема системи оповіщення

Пристрій для контролю положення колісної пари на рейковій колії працює наступним чином. Конструкція жорсткої рами 2 пристрою дозволяє виконати регулювання положення ємнісних пластин 4, 5 та вихрострумове перетворювача 6, які закріплені в датчикових коробках 3 за допомогою болтових з'єднань, у трьох напрямках: вздовж осі шляху, упоперек осі шляху, а також регулювання по висоті відносно головок рейок 7. Ємнісні пластини 4, 5 приєднуються до генераторів, коливання з яких подаються на електронний місток 13. Принцип роботи перетворювача заснований на зміні електричної ємності конденсатора, утвореного поверхнею кочення рейки 7 та ємнісними пластинами 4, 5, розташованими над нею. Причому під час переміщення ємнісних пластин 4, 5 відносно головки рейки 7 у горизонтальній площині значення однієї ємності зростає, а другої – зменшується. Таким чином, ємнісні

пластини 4, 5 визначають переміщення колісної пари у горизонтальній площині. Далі сигнали з електронних містків 13 подаються на входи підблоків 9, 10 та 11, на виході яких формується напруга постійного струму, пропорційна лінійним переміщенням ємнісних пластин 4, 5. Вихрострумний перетворювач 6 вимірює величину зазору між перетворювачами та поверхнею головки рейки 7. При цьому при його збільшенні та одночасному бічному зсуві колісної пари вихрострумний перетворювач 6 виробляє сигнал, який подається на вхід регулювання коефіцієнта підсилювання електронного містка 13, електронним чином компенсуючи збільшення зазору та автоматично з ним пов'язане зниження рівня інформаційних сигналів. Крім того, цей сигнал з виходу вихрострумного перетворювача 6 поступає у підблок 12, який додатково реєструє величину зазору між безконтактними перетворювачами та поверхнею головки рейки 7, що може мати місце при наїзді гребеня колеса на поверхню голівку рейки 5.

Досягнення максимальної величини різниці між ємностями обох пластин 4, 5 та певної величини зазору свідчить про те, що обод колеса зміщений відносно головки рейки 7 на критичну відстань. Це служить приводом для подачі системою оповіщення 14 сигналу про можливу аварійну ситуацію, пов'язану зі сходом колісної пари з рейкової колії. У випадку, якщо ці переміщення досягають критичної величини, автоматично приводиться у дію гальмівна система потягу.

Висновок. Застосування розробленого пристрою для контролю положення колісної пари на рейковій колії можна використовувати з метою: оцінки стану шляху та оцінки динамічних якостей і показників впливу на шлях нового та модернізованого самохідного та несамохідного рухомого складу.

Література:

1. Горбунов Н.И. Пути решения проблемы повышения тягово-сцепных и динамических качеств локомотивов / Н.И. Горбунов, Е.А. Кравченко, В.А. Левандовский, В.И. Нестеренко, М.В. Ковтанец, В.С. Ноженко // Международный информационный научно-технический журнал «Локомотивинформ», №5, 2010. – С. 38-41.

2. Коразза М.Г. Измерение динамических сил между колесом и рельсом / М.Г. Коразза // Железные дороги мира. – 1986. – № 8. – С. 31-35.

3. Патент на корисну модель № 120245 B61L 3/00, G01M 17/08 (2006.01) Пристрій для контролю положення колісної пари на рейковій колії / Смирний М.Ф., Могила В.І., Горбунов М.І., Ковтанець М.В.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u 2017 04363; заявл. 03.05.2017; опубл. 25.10.2017, Бюл. № 20. – 4 с.

4. Патент на корисну модель № 120252 B61L 3/00, B61L 3/22 (2006.01) Пристрій аварійної зупинки поїзда при сході вагона з рейок / Смирний М.Ф., Могила В.І., Горбунов М.І., Ковтанець М.В.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – u 2017 04395; заявл. 03.05.2017; опубл. 25.10.2017, Бюл. № 20. – 3 с.

vimogila1@ukr.net

УДК 629.4.015

Могила В.І.¹, к.т.н., проф., Ковтанець М.В.¹, к.т.н., доц.,

Плотніков В.Д.¹, асп.

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

СПОСОБИ ОЦІНКИ ПРОЦЕСІВ ВЗАЄМОДІЇ КОЛЕСА ТА РЕЙКИ

***Анотація.** У статті досліджено актуальну проблему забезпечення безпечної експлуатації залізничного транспорту шляхом аналізу взаємодії «колесо-рейка». Проаналізовано сучасні методи вимірювання взаємодіючих сил, зокрема з використанням тензометричних колісних пар. Представлено критерії оцінки стійкості колеса проти сходу з рейок за допомогою коефіцієнта запасу стійкості. Підкреслено доцільність оцінки стану колії не лише за геометричними, а й за силовими параметрами взаємодії з рухомим складом. Запропоновано подальший розвиток теми через вдосконалення тензометричного обладнання та методів обробки вимірюваних даних.*

Забезпечення безпечної експлуатації залізничного транспорту – одна з ключових актуальних задач, а своєчасна оцінка взаємодії «колесо-рейка» є її

невіддільною складовою. Питання стійкості безстикових колій, динаміки рухомого складу та силових контактів колеса з рейкою уже багато років досліджуються низкою українських науково-дослідних інститутів і вишів.

Від точного вимірювання й аналізу контактних сил значною мірою залежить рівень безпеки поїздів. На випадковий процес взаємодії колеса і рейки вирішальний вплив мають два чинники: конструктивні особливості рухомого складу та фактичний стан колійного полотна.

У контакті «колесо-рейка» розрізняють три складові сил: вертикальну, горизонтальну та поздовжню [1]. Зазвичай їх аналізують у рейковій системі координат (x – дотична до осі шляху, y – поперечна горизонтальна, z – вертикальна). Оскільки поздовжня сила майже не впливає на утримання колеса на рейці, під час випробувань головну увагу приділяють саме вертикальній та горизонтальній складовим.

Теоретичні й стендові експерименти з оцінки напруженого стану суцільнокатаного колеса [2, 3] засвідчили, що найбільшу небезпеку становлять радіальні напруження, хоча в диску є перехідні зони, де вплив навантаження мінімальний.

Безпосередньо у зоні контакту точно зафіксувати сили практично неможливо, тому всі поширені методики спираються на вимір деформацій рейок або елементів візка. Для цього застосовують тензорезистори, винайдені у США 1938 р. і запроваджені на залізниці у середині XX ст.

Найпростішою технологією є наклеювання тензорезисторів у перерізах рейки [1]. Її головний недолік – неможливість безперервно реєструвати сили протягом усього маршруту. Альтернативою стали різні конструкції тензометричних колісних пар: вони дозволяють вимірювати не лише вертикальні й бічні навантаження, а й напрямну силу, що передається гребенем на рейку. Під час двоточкового контакту сумарне бічне зусилля складається з сил кочення й гребеневої компоненти, остання ж критично важлива для оцінки стійкості проти сходу з рейок.

Проведений аналіз показав, що при використанні тензометричних колісних пар математичне моделювання або взагалі не виконувалося, або враховувало лише статичні режими. Досі бракує робіт із верифікації відновлених вертикальних та поперечних сил з боку рейок. Також залишаються відкритими питання оптимального розташування тензорезисторів на обертових дисках та визначення мінімально необхідної, але достатньої їх кількості.

Одним із визначальних показників при оцінці динамічних якостей рухомого складу є коефіцієнт запасу стійкості K_c колеса проти сходу з рейок, що розраховується за формулою, в основі якої лежить критерій Надаля [4]:

$$K_c = (tg\beta - \mu / 1 + tg\beta) \cdot F_z / F_y$$

де β – кут нахилу твірної гребеня колеса до горизонтальної осі, що приймається, $\beta=60^\circ$;

μ – коефіцієнт тертя ковзання, що приймається, $\mu=0,25$;

F_z – вертикальна сила, що діє від колеса на рейку;

F_y – вертикальна сила, що діє від колеса на рейку.

Для відпрацювання технології оцінки стану колії геометрично-силовим способом проводилися експлуатаційні випробування з використанням порожніх вантажних вагонів, обладнаних тензометричними колісними парами та іншим вимірювальним обладнанням [2].

Проте аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду показує, що методи обробки інформації про детерміновані нерівності шляху та методи оцінок спектральних характеристик геометрії рейкової колії не забезпечують окремо вирішення задач безпеки руху [5]. Використання тільки геометричних характеристик окремих нерівностей не може дати повної оцінки стану шляху, оскільки при однаковій геометрії жорсткість шляху може бути різною, як різні і реакції різних екіпажів по конструкції, а це визначає відмінності в величинах сил взаємодії шляху і рухомого складу. Тому стан шляху доцільно оцінювати не

лише за його геометрією, а й за показниками взаємодії шляху та рухомого складу [5].

В результаті виконаного аналізу способів оцінки процесів взаємодії колеса і шляху встановлено, що застосування тензOMETричного обладнання є найкращим з точки зору точності визначення та можливості вимірювання на ділянці шляху будь-якої протяжності. Похибка вимірювання сил із застосуванням тензOMETричної апаратури є допустимою для вирішення таких прикладних завдань як:

- оцінка стану шляху;
- оцінка динамічних параметрів нового та модернізованого самохідного та несамохідного рухомого складу;
- реєстрація сил взаємодії колеса з рейкою, до яких можна віднести профілі рейки;
- розташування точки контакту щодо колеса та рейки;
- кута нахилу нормальних сил.

Перспективою подальшої розробки теми є комплексне вдосконалення тензOMETричного інструментарію та аналітичного моделювання, з розробкою нових структурних схем та методів, що дозволяють враховувати вплив додаткових факторів на точність визначення сил взаємодії колеса із рейкою.

Література:

1. Горбунов Н.И. Обеспечение безопасности эксплуатации железнодорожных транспортных средств созданием инновационных решений песочной системы локомотива / Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец, Н.Н. Горбунов, В.С. Ноженко, Е.А. Кравченко // Наукові вісті Далівського університету. Технічні науки. Електронне наукове фахове видання. №3, 2011. - http://www.nbuu.gov.ua/e-journals/Nvdu/2011_3/Tehno/1. – Дата доступа: 22.12.2011.
2. Коразза М.Г. Измерение динамических сил между колесом и рельсом / М.Г. Коразза // Железные дороги мира. – 1986. – № 8. – С. 31-35.

3. Коссов В.С. Результаты эксплуатационных испытаний геометрически-силового метода оценки состояния пути / В.С. Коссов, А.Л. Бидуля, О.Г. Краснов, М.Г. Акашев // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2013, вип. 5 (47). – С. 97-104.

4. Погорелов Д.Ю. Показатель для оценки опасности схода подвижного состава путем вкатывания колеса на головку рельса / Д.Ю. Погорелов, В.А. Симонов // Вісник СХУ ім. В. Даля. – 2010. – № 5. Ч. 1. – С. 64-70.

5. 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

vimogila1@ukr.net

УДК 629.451:531

**Ковтанець М.В.¹, к.т.н., доц., Могила В.І.¹, к.т.н., проф.,
Плотніков В.Д.¹, асп.**

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗЧЕПЛЕННЯ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ЙОГО ПОКРАЩЕННЯ

***Анотація.** У статті розглядаються проблеми забезпечення максимальної реалізації потужності локомотивів за рахунок підвищення коефіцієнта зчеплення колеса з рейкою, який суттєво залежить від умов експлуатації, забруднень колії та кліматичних факторів. Описано механізми формування сил тертя у зоні контакту, що включають молекулярну та механічну складові, та наведено відповідне математичне моделювання. Аналізуються сучасні і перспективні методи підвищення зчеплення, зокрема, довантаження, конструктивні зміни екіпажної частини, системи керування ковзанням і застосування модифікаторів тертя.*

Обґрунтовано доцільність поєднання методів фізичного впливу на зону контакту та оптимізації силових характеристик, запропоновано конкретні технічні рішення для впровадження у майбутніх локомотивах.

Для реалізації максимальної провізної здатності локомотивів необхідно забезпечити максимально можливе використання потужності тягового рухомого складу. Повне використання потужності локомотивів у ряді режимів роботи ускладнене недостатнім зчепленням коліс із рейками.

Величина коефіцієнта зчеплення формується з кількох показників: зусиль, що передаються від колеса на рейку, плями контакту та геометричного стану контактуючих поверхонь. Значне зниження коефіцієнта зчеплення виникає у разі забруднення шляху та при різних кліматичних умовах. До забруднюючих факторів можна віднести такі: опале листя, опади, іній, бруд, сніг, мастило і т.п. Досвід експлуатації вітчизняних та зарубіжних локомотивів вказує на широку зміну коефіцієнта зчеплення, що залежить від різних умов, в межах від 0,1 до 0,6 [1].

З урахуванням підвищення ваги складу вантажних поїздів реалізація потужності локомотивів значною мірою залежить від коефіцієнта зчеплення, який своєю чергою залежить від коефіцієнта тертя. Проведений аналіз дозволяє виділити такі шляхи збільшення коефіцієнта зчеплення:

- ❖ зміною конструкції шляху та локомотива;
- ❖ зміною фізичних характеристик плями контакту колеса та рейки.

Способи, що входять до першої групи, можна об'єднати у способи, що використовують довантажуючі пристрої та способи, де збільшення коефіцієнта зчеплення досягається шляхом покращення зчіпних властивостей (без довантаження). До допоміжних методів довантаження можна віднести:

– використання ваги, що припадає на необмоторені осі рухомого складу, та довантаження за рахунок ваги вагона, що причіплюється через автозчеплення;

– використання механічних апаратних комплексів, що працюють за принципом притискання коліс колісної пари до рейкового полотна,

використовуючи ролики, які, у свою чергу, впливають на нижню частину головки рейки. У свою чергу, подібні конструкції не стали використовуватися через те, що великий шанс виходу з експлуатації пристроїв при проходженні стрілочних переводів [1, 2, 3]. У зв'язку з цим такого роду пристрої доцільно використовувати у вузькопрофільному напрямку, зокрема, на промисловому транспорті, де відсутні стрілочні переводи;

- використання пристроїв, що створюють електромагнітні сили, які у свою чергу, створюють додаткове навантаження;

- використання пневматичних довантажувачів.

Довантажуючи ефективні при малій зчіпній вазі тягової рухомої складу, що експлуатується при швидкостях до 30-40 км/год. Поліпшення використання зчіпних властивостей можна досягти за рахунок реалізації необхідних сил тяги та сил зчеплення, а також за рахунок реалізації різних кінематичних факторів. Відповідність тяги та тягової здатності досягається за рахунок рівномірного розподілу навантаження на осі, а також перерозподілу тяги по осях. Рівномірність по осях можна реалізувати в таких випадках:

- за допомогою зміни конструктивних особливостей екіпажної частини (підвішування тягових електродвигунів по відношенню до осі колісної пари, застосування як похилих, так і низьких горизонтальних тяг, застосування конструктивного варіанта з низьким опусканням шворня локомотива);

- за рахунок розподілу навантаження по осях при використанні довантажувачів.

Однак слід зазначити, що такі рішення мало доступні для сучасних локомотивів через високий коефіцієнт використання зчіпної ваги, яка дорівнює 0,95. Що стосується ковзання (абсолютного та відносного), то поява сучасних систем виявлення початку буксування, мікропроцесорних систем та датчиків потужності зробило технічно можливим оптимізувати його величину задля досягнення максимального тягового зусилля. Цей метод перетинається з методами повісного регулювання. Зниження тягових характеристик через

компонент бокового ковзання у кривих може бути зменшено за рахунок конструкції транспортного засобу, зменшення кута набігання, у якому колісні пари наїжджають на рейки. Виходячи з концепції дискретних контактних структур [1], сила тертя F може бути розрахована за сумою опорів, що виникають у результаті молекулярних та механічних взаємодій в окремих точках контакту:

$$F = \tau_{\text{мол}} \cdot A_{\text{мол}} + \tau_{\text{мех}} \cdot A_{\text{мех}}$$

де $\tau_{\text{мол}}$, $\tau_{\text{мех}}$ – питомі молекулярні та механічні складові сили тертя;

$A_{\text{мол}}$, $A_{\text{мех}}$ – фактична площа молекулярних та механічних контактів.

З цього зроблено висновок, що загальний коефіцієнт тертя F складається з молекулярної та механічної складових. Необхідні заходи для підвищення та стабілізації коефіцієнта зчеплення в трибологічній системі «колесо-рейка» умовно поділено на дві групи, приналежність до яких визначається способом впливу на молекулярні $f_{\text{мол}}$ та механічні $f_{\text{мех}}$ складові коефіцієнта зчеплення, але можна бачити, що одні й самі методи можуть впливати як на молекулярну, так і на механічну складову. Таким чином, зміну значення фізичних властивостей тертя можна розділити на такі види:

- зміна властивостей поверхні поза зоною контакту «колесо-рейка»;
- зміна властивостей поверхонь в області контакту системи «колесо-рейка» [1, 4].

У роботі [4] детально розглянуті існуючі та перспективні методи покращення та стабілізації зчеплення колеса та рейки, розглянуті їх переваги та недоліки, розроблена класифікація.

Слід врахувати, що з оцінки результативності способів необхідно брати до уваги синергійний ефект від одночасного застосування кількох способів, а також те, що споживача цікавить не так величина коефіцієнта зчеплення, скільки можливість підвищити вагу складу без порушення графіка руху поїздів.

У зв'язку з цим вдамося до наступного алгоритму вибору. Для початку відкинемо всі рішення, що мають явно виражене «нішеве» застосування. До них, очевидно, увійдуть:

- всі способи, пов'язані з використанням інших принципів створення тяги;
- способи, засновані на збільшенні зчіпної ваги та механічному довантаженні (у зв'язку з обмеженнями осьового навантаження);
- способи, пов'язані із застосуванням іншого матеріалу для колеса чи рейки.

Крім того, слід зазначити, що методи, засновані на очищенні рейок у різний спосіб, фактично еволюціонували для використання як засіб обслуговування шляхів колійною технікою, а не обладнанням локомотивів або рухомого моторвагонного складу.

Модифікатори тертя, як згадувалося вище, ризиковано використовувати, коли умови експлуатації невідомі. Це означає, що залишається два способи максимізувати природне зчеплення та збільшити фізичне зчеплення у зоні контакту. Легко помітити, що ці методи доповнюють одне одного. При цьому всередині підкласу методів максимального використання зчіпних властивостей методи, що забезпечують відповідність сил тяги і зчеплення по осях так само природно взаємодоповнюювані з методами оптимізації ковзання, а всередині підкласу методів збільшення фізичного зчеплення методи, засновані на використанні третього тіла, що взаємодоповнюються з методами, заснованими на інших фізичних принципах.

У результаті приходимо до наступного прогнозу раціональної комбінації основних способів покращення зчіпних властивостей для перспективних залізничних екіпажів, призначених для постачання в умовах глобального ринку:

- екіпажна частина, що забезпечує рівномірний розподіл навантажень по осях;
- система оптимізації відносного ковзання коліс під час реалізації тяги/гальмування;

– система збільшення коефіцієнта зчеплення за рахунок концентрації впливу у зонах контакту. При цьому зберігається також використання подачі абразивного матеріалу у зону контакту колеса з рейкою.

У зв'язку з цим пропонується для впровадження спосіб покращення фізико-механічних властивостей поверхні головки рейки [5], та пристрій безконтактного керування фрикційною взаємодією у трибологічному двохточковому контакті колеса з рейкою [6].

Література:

1. Голубенко А.Л. Повышение сцепных качеств локомотивов управлением фрикционным взаимодействием «колесо-рельс» / А.Л. Голубенко, Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец, И.А. Цыгановский, Е.А. Гаркушин, М.А. Крысанов // Вісник Східноукраїнського Національного Університету імені В. Даля № 5 (147). Ч.1. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2010. – С. 7-14.
2. Ковтанец М.В. Усовершенствование способа работы песочной системы локомотива в стрелочных переводах / М.В. Ковтанец, Н.М. Найш, Е.А. Кравченко, С.В. Кара // Вісник СХУ ім. В. Даля. [Наук. журнал]. – №4 (158). Ч.1. – Луганськ: СХУ ім. В. Даля, 2011. – С. 74-78.
3. Горбунов Н.И. Модернизация метода повышения тягово-тормозных качеств локомотива при прохождении стрелочных переводов / Н.И. Горбунов, М.В. Ковтанец, Т.Н. Ковтанец, О.В. Просви́рова // Наукові вісті Дніпровського університету, № 19, 2020. Електронне наукове фахове видання. DOI: <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2020-19>
4. Ковтанец М.В. Применение экспертного оценивания для принятия технического решения [Електронний ресурс] / М.В. Ковтанец, Е.А. Кравченко, Н.Н. Горбунов, Г.А. Бойко, О.В. Просви́рова // Наукові вісті Дніпровського університету: зб. наук. праць. – 2012. – № 7. – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nvdu/2012_7/Tehno/12kmvptr.pdf. – Назва з екрану.

5. Патент на корисну модель № 155372 В61С 15/04 (2006.01) Спосіб покращення фізико-механічних властивостей поверхні головки рейки / Ковтанець М.В., Могила В.І., Ноженко В.С., Морнева М.О., Ковтанець Т.М., Папуков А.М.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – и 2023 04199; заявл. 06.09.2023; опубл. 22.02.2024, Бюл.№ 8. – 2 с.

6. Патент на корисну модель № 116583 В61С 15/04 (2006.01) Пристрій безконтактного керування фрикційною взаємодією у двоточковому контакті колеса з рейкою / Горбунов М.І., Ковтанець М.В., Ноженко В.С., Мокроусов С.Д., Кравченко К.О., Просвірова О.В., Кара С.В.; заявник і власник СНУ ім. В.Даля. – и 2016 12830; заявл. 16.12.2016; опубл. 25.05.2017, Бюл. № 10. – 2 с.

kovtanetsm@gmail.com

УДК 629.46

**Могила В.І.¹, к.т.н., проф., Ковтанець М.В.¹, к.т.н., доц.,
Плотніков В.Д.¹, асп., Тарасов Д.В.¹, студ.**

¹Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна

ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

***Анотація.** У статті розглянуто технічні параметри високошвидкісного рухомого складу залізниць з метою формування концепції створення вітчизняного поїзда, здатного до експлуатації зі швидкостями понад 300 км/год. Проаналізовано вимоги до конструкції, тягових характеристик, масо-габаритних показників, пасажиромісткості, типів візків, підвісок і систем амортизації. Наведено порівняльний аналіз існуючих моделей електропоїздів провідних виробників з урахуванням досвіду країн Європи та Азії. Особлива увага приділяється застосуванню сучасних технологій, таких як розподілена тяга, пневматичні ресори, системи демпфування та шарнірно-повідкові буксові вузли. Визначено перспективні технічні рішення для проектування вітчизняного високошвидкісного складу з урахуванням українських науково-технічних напрацювань.*

Згідно Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року планується «розроблення та виконання програми (плану заходів) оновлення залізничного рухомого складу, у тому числі для високошвидкісних пасажирських та мультимодальних вантажних перевезень» [1].

До високошвидкісного рухомого складу, пред'являються основні вимоги, це стійкість безпечного руху та надійність конструкції, комфорт для пасажирів та мінімальний вплив на навколишнє середовище [1, 2].

Провідними країнами високошвидкісного руху є Німеччина, Іспанія, Італія, Китай, Південна Корея, Франція, Японія та відповідні компанії виробники рухомого складу, такі як Siemens, Bombardier, Talgo, Sifang, Hitachi, Alstom, Hyundai, Kawasaki. Розроблено та успішно експлуатуються кілька поколінь високошвидкісних електропоїздів, швидкість яких 300 км/год і вище [3-6]. Це електропоїзди, збудовані на базі локомотивної тяги з довгими вагонами на двовісних візках – ICE1 Німеччина, з короткими зчленованими вагонами на одновісних візках – AVE Іспанія, із зчленованими вагонами на двовісних візках – TGV Франція.

Методологія розподіленої тяги домінує у більшості сучасних електропоїздів: ICE3, ICE4, Velaro – Німеччина, ETR – Італія, CRH, CR – Китай, TGV, AGV – Франція. Shinkansen – Японія.

Особливий інтерес викликає клас високошвидкісних електропоїздів, обладнаних системою нахилу кузова – технологія Pendolino італійських поїздів та конструкцією з радіальною установкою колісних пар – іспанські Talgo [7].

При проектуванні та створенні Українського високошвидкісного поїзда та відповідної інфраструктури необхідно враховувати досвід проектування та експлуатації поїздів зарубіжних країн, в яких експлуатаційна швидкість руху вище 300 км/год.

А головне, незважаючи на складну військово-економічну ситуацію в нашій країні, намагатися продуктивно використовувати передові досягнення та

унікальні розробки в галузі залізничного транспорту, зроблені українськими вченими та спеціалістами вузів, науково-дослідних організацій та галузевих виробничих об'єднань, таких як: УДУНТ, УкрДУЗТ, НТУ «ХПІ», ДУІТ, СНУ В. Даля, Національний університет «Львівська політехніка», НДКТІЗТ, ДП «УкрНДІВ», ТОВ «Дизельний завод», Завод імені В.О. Малишева, ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод», Львівський локомотиворемонтний завод, Дніпровський електровозобудівний завод та інші.

Для попереднього вибору діапазону характеристик вітчизняного поїзда, що проектується, а також оцінки впливу даних параметрів на безпеку і комфорт руху проведено регресійний аналіз технічних параметрів високошвидкісних електропоїздів різних країн [3-6].

Основою компоновання високошвидкісного рухомого складу є використання зчленованих вагонів, що дозволяє знизити загальну кількість візків при збереженні тієї ж місткості, локомотивної і моторвагонної тяги.

Порівняння показників питомої маси тари (відношення маси тари поїзда до довжини поїзда, т/м, або до пасажирів, т/пас) свідчить про те, що зі збільшенням конструкційної швидкості поїзда, дані показники зменшуються, найменші значення складають 1,5 т/м і 0,5 т/пас, що свідчить про загальну тенденцію зниження маси складу та збільшення місткості вагонів.

Такий показник як питома пасажиромісткість (ставлення числа пасажирів до довжини поїзда, пас/м) зі збільшенням швидкості поїзда зменшується. Для поїздів із конструкційною швидкістю понад 300 км/год становить від 1,5 пас/м до 3,25 пас/м.

Одним з найважливіших параметрів технічної специфікації (TSI) [4] є максимальне навантаження на вісь, величина якої для рухомого складу 1 класу зі швидкостями руху понад 300 км/год не повинна перевищувати 17 т на вісь.

Як тягові двигуни доцільно використання асинхронні тягові двигуни або синхронні тягові двигуни на постійних магнітах, які мають найкращий показник співвідношення потужності та маси, що дорівнює 1,3 кг/кВт. Діапазон вибору

потужності двигунів високошвидкісних електропоїздів для локомотивної тяги становить до 1250 кВт, а для розподіленої тяги до 625 кВт, залежно від максимальної швидкості руху та частки осей моторного складу.

Величина питомої потужності (відношення сумарної потужності всіх двигунів поїзда до маси складу), яка залежить від характеристик тягових двигунів, їх маси та потужності, не повинна перевищувати 30 кВт/т.

Найважливіша частина високошвидкісного поїзда – візки, конструкції яких повинні відповідати найсуворішим вимогам до міцності, безпеки, надійності та ходових якостей, при цьому мати малу масу тари та безпружинних частин.

Найбільш відповідальний елемент візків високошвидкісного поїзда – їх буксові вузли, які крім розташування в них підшипників та передачі навантажень від ваги екіпажу, а також динамічних навантажень на колісну пару, виконують функції зв'язку колісної пари та рами візка, передачі тягових та гальмівних зусиль.

Доцільно використовувати шарнірно-поводкові буксові вузли розроблені українськими фахівцями, які забезпечують необхідні характеристики жорсткості у поздовжньому та поперечному напрямках. Рекомендується центральний ступінь ресорного підвішування високошвидкісного поїзда виконувати із застосуванням регульованої пневматичної ресори діафрагмового типу, що дозволить регулювати вертикальну жорсткість центрального ступеня ресорного підвішування, а також перешкоджати поширенню високочастотних коливань і шуму від візків до кузова.

Керована жорсткість центрального ступеня дозволяє підтримувати незмінною висоту кузова над рівнем підлоги при різному завантаженні вагона, що у свою чергу перешкоджає такому явищу, як розчеплення суміжних вагонів, характерному для мотор-вагонного рухомого складу.

Для забезпечення демпфуючих властивостей ходових частин, обмеження резонансних коливань у первинній та вторинній ступені ресорного підвішування потрібно використовувати регульовані гідравлічні гасники коливань з високим

значенням ступеня демпфування, які розташовуються в поздовжньому напрямку між траверсою (кузовом) та рамою візка.

Проведений аналіз технічних параметрів зарубіжних моделей високошвидкісних електропоїздів [3-6] показав, що найкращими питомими показниками маси тари, пасажиромісткості та потужності володіють високошвидкісні електропоїзди, побудовані за принципом розподіленої тяги із застосуванням шарнірно-повідкової букси, регульованих пневматичних ресор у вторинному ступені ресорного підвішування, керованих гідравлічних гасників коливань виляння візка з високим коефіцієнтом дисипації.

Висновок. Проведений аналіз показав, що найоптимальнішими характеристиками для високошвидкісного рухомого складу є використання принципу розподіленої тяги, легких конструкцій кузова та ходових частин, а також впровадження інноваційних технічних рішень у системи підвішування і демпфування. Враховуючи досвід провідних країн та технічні можливості вітчизняної залізничної галузі, Україна має потенціал для створення конкурентоспроможного високошвидкісного поїзда. Успішна реалізація проєкту потребує інтеграції сучасних технологій із напрацюваннями українських науково-дослідних установ та промислових підприємств.

Література:

1. Національна транспортна стратегія України до 2030 року – https://publications.chamber.ua/2017/Infrastructure/UDD/National_Transport_Strategy_2030.pdf – Дата доступу: 10.03.2025.
2. Курган Н. Предпосылки создания высокоскоростных магистралей в Украине / Н. Курган // Українські залізниці, № 5-6 (23-24). – 2015. – С. 16-21.
3. ТОП-5 найшвидших потягів у світі – <https://eventukraine.com/travel/top-5-najshvidshih-potyagiv-u-sviti/> – Дата доступу: 10.03.2025.
4. Швидше за вітер. ТОП-10 найшвидших поїздів світу – <https://techno.nv.ua/ukr/popscience/nayshvidshi-pojizdi-u-sviti-50443944.html> – Дата доступу: 10.03.2025.

5. Найшвидший поїзд у світі: рекорди, технології –
<https://www.msktransbud.com/najshvydshyj-poizd-u-sviti-rekordy-tekhnohii/> –
Дата доступу: 10.03.2025.

6. Надшвидкі потяги світу: топ 10 існуючих на сьогодні –
<https://futurenow.com.ua/nadshvydki-potyagy-svitu-top-10-isnuyuchykh-na-sogodni/> –
Дата доступу: 10.03.2025.

7. Система наклона кузовов вагонов поезда Talgo Pendular // Железные дороги мира. – 2005. – № 4. – С. 39-41. (К. Beucker, A. Netzel. Glasers Annalen, 2002, Tagungsband SFT Graz, S. 75, 79-81).

vimogila1@ukr.net

УДК 621.002

Кузьменко С.В., к.т.н., доц.,

Мілов С.О., асп.,

Бричак О.В., студ.

Східноукраїнський національний університет

імені Володимира Даля, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ УЗГОДЖЕНОЇ РОБОТИ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ З ТЕПЛОВИМ АКУМУЛЯТОРОМ ДЛЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Визначення переважної конструкції акумулятора теплоти, безпосередньо теплоакумулюючого матеріала та його потрібної маси дозволяє забезпечити його застосування на пасажирському рухомому складі. Між тим слід, приділити достатньої уваги на взаємодію акумулятора теплоти та системою опалення вагону, а саме режимів їх узгодженої роботи у взаємодії із теплофізичними властивостями теплоакумулюючого матеріалу та рідиною системи опалення, а також конструктивними параметрами теплообмінного устаткування.

Потужність системи кондиціювання:

$$N_{\kappa} = c_p \Delta t \rho_p \bar{v}_p F ,$$

де c_p – теплоємність рідини; Δt – температурний напір рідини системи опалення; ρ_p – щільність рідини; $\bar{v}_p$ – середня швидкість течії рідини; F – еквівалентна площа перетину трубопроводів системи опалення.

При умові ламінарної течії рідини в трубопроводі та заданому розподілу швидкості, визначимо середню швидкість течії на підставі визначення її розподілу таки чином:

$$\bar{v}_p = \frac{1}{d} \int_{-d/2}^{d/2} \left[v_{\max} \left(1 - \frac{2y}{d} \right)^2 \right] dy = \frac{v_{\max}}{d} \left(y - \frac{2y^2}{d} + \frac{4y^3}{3d^2} \right) \Bigg|_{-d/2}^{d/2} = \frac{v_{\max}}{3} .$$

де $v_{\max}$ – максимальна швидкість течії рідини; d – внутрішній діаметр трубопроводу; y – поточна координата.

Для можливості подальшого визначення в тепловому прикордонному шарі витрати рідини та переданої кількості теплоти, отримаємо залежність середньої швидкості рідини в тепловому прикордонному шарі наступним чином:

$$\bar{v}_{\delta} = \frac{1}{\delta} \int_{-d/2}^{d/2} \left[3\bar{v}_p \left(1 - \frac{2y}{d} \right)^2 \right] dy = \frac{3\bar{v}_p}{\delta} \left(y - \frac{2y^2}{d} + \frac{4y^3}{3d^2} \right) \Bigg|_{-d/2}^{d/2} = 4\bar{v}_p \frac{\delta^2}{d^2} .$$

Масова витрата рідини в тепловому прикордонному шарі визначається наступним чином:

$$G = \rho_p \bar{v}_{\delta} \left[\frac{\pi d^2}{4} - \frac{\pi (d - \delta)^2}{4} \right] = \pi \rho_p \bar{v}_p \frac{\delta^3}{d^2} (2d - \delta) .$$

Диференціал від залежності витрати рідини:

$$dG = d \left[\pi \rho_p \bar{v}_p \frac{\delta^3}{d^2} (2d - \delta) \right] = 2\pi \left(\frac{\delta}{d} \right)^2 \rho_p \bar{v}_p (3d - 2\delta) d\delta.$$

Визначимо середній температурний напір всередині теплового прикордонного шару:

$$\bar{\vartheta}_\delta = \frac{1}{\delta} \int_0^\delta \vartheta_c \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^2 dy = \frac{\vartheta_c}{3}.$$

де ϑ_c – різниця температури між стінкою трубопроводу та рідиною за межами прикордонного шару.

Визначимо елементарну кількість теплоти, що приймає рідина в тепловому прикордонному шарі в наслідок теплоємності:

$$dQ = c_p \bar{\vartheta}_\delta dG 2\pi c_p \frac{\vartheta_c}{3} \left(\frac{\delta}{d} \right)^2 \rho_p \bar{v}_p (3d - 2\delta) d\delta.$$

З іншого боку, елементарна кількість теплоти, що може бути переданою внаслідок тепловіддачі, визначається наступним чином:

$$dQ = \alpha \vartheta_c dF = \pi d \alpha \vartheta_c dx,$$

де α – локальний коефіцієнт тепловіддачі.

Оскільки локальний коефіцієнт тепловіддачі визначається як:

$$\alpha = -\frac{\lambda}{\vartheta_c} \left(\frac{d\vartheta}{dy} \right)_{y=0},$$

то похідна від зміни температури в прикордонному шарі:

$$\frac{d\vartheta}{dy} = \frac{d}{dy} \left[\vartheta_c \left(1 - \frac{y}{\delta} \right)^2 \right] = -2\vartheta_c \left(1 - \frac{y}{\delta} \right).$$

Для умов поставленої задачі:

$$\left. \frac{d\vartheta}{dy} \right|_{y=0} = -\frac{2\vartheta_c}{\delta}.$$

Таким чином,

$$\alpha = \frac{2\lambda}{\delta},$$

та, відповідно, кількість теплоти:

$$dQ = \alpha \vartheta_c dF = 2\pi d \frac{\lambda}{\delta} \vartheta_c dx.$$

Прирівнювання правих частин, які визначають елементарну кількість теплоти, дозволяє визначити наступне рівняння:

$$2\pi c_p \frac{\vartheta_c}{3} \left(\frac{\delta}{d} \right)^2 \rho_p \bar{v}_p (3d - 2\delta) d\delta = 2\pi d \frac{\lambda}{\delta} \vartheta_c dx.$$

Розділяючи змінні в наведеному рівнянні та проводячи інтегрування обох частин рівняння за умови того, що при $x = 0$ товщина прикордонного теплового шару $\delta = 0$, отримуємо:

$$\delta = 4 \sqrt{\frac{4d^2 \lambda x}{c_p \rho_p \bar{v}_p}}.$$

При зіткненні теплових шарів $\delta = d/2$, тому мінімальне значення локального коефіцієнту тепловіддачі становить:

$$\alpha = 4\lambda / d.$$

Довжина трубопроводу, яка характеризується зіткненням теплових шарів визначиться як:

$$x_{\max} = \frac{c_p \rho_p \bar{v}_p}{80\lambda} d^2.$$

Середній коефіцієнт тепловіддачі можна визначити як:

$$\bar{\alpha} = \frac{4}{3} \alpha_{x=x_{\max}} = \frac{16\lambda}{3d}.$$

Кількість теплоти, що передається від поверхні трубопроводу становить:

$$Q = \bar{\alpha} \pi d L \vartheta_c,$$

де L – довжина трубопроводу.

Із урахуванням визначення середнього коефіцієнта теплопередачі

$$Q = \frac{16}{3} \pi L \lambda \vartheta_c.$$

Прийнявши із конструктивних урахувань співвідношення довжини та діаметру трубопроводу в теплоакумуючому пристрої, маємо:

$$L = \frac{N_{\kappa} d^2}{80 \lambda \Delta t_p F}.$$

Потрібна кількість трубопроводів у теплоакумуючому пристрої становить:

$$n = 15 \frac{\Delta t_p F}{\pi \lambda \vartheta_c N_{\kappa} d^2}.$$

В результаті проведених досліджень отримані аналітичні залежності течії рідини в системі опалення пасажирського вагону в залежності від споживаної потужності, процесів теплопередачі в циліндричному трубопроводі, що розташований в теплоакумуючому пристрої. Ці залежності в кінцевому випадку дозволили розрахувати коефіцієнт тепловіддачі, споживану теплову потужність та потрібну кількість трубопроводів в пристрої акумулювання теплоти, який працює на нагрівання рідини системи опалення.

kuzmenko@snu.edu.ua

УДК 656.6

Кучеренко В.Ю., асп.

Одеський національний морський університет, Україна

СУДНО ЯК ДЖЕРЕЛО АКУСТИЧНОГО ШУМУ: МЕХАНІЧНІ, ГІДРОДИНАМІЧНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ АСПЕКТИ

***Анотація.** Сучасне морське судноплавство є критичним елементом глобальної економіки, забезпечуючи транспортування понад 80% світових вантажів, але водночас воно стає одним з основних джерел підводного акустичного шуму, що чинить значний вплив на морські екосистеми [2]. Цей шум впливає на морських ссавців, риб, планктон та інші організми, які використовують звук для навігації, харчування та комунікації. В анотації систематизовано основні джерела шуму, серед яких механічні (вібрації двигунів, редукторів, насосів), гідродинамічні (кавітуючі ефекти, турбулентний потік) та експлуатаційні (режими швидкості, маневрування, завантаження судна).*

***Проблематика.** Шумове забруднення океану стає дедалі помітнішою проблемою, оскільки звукові хвилі від суден поширюються на сотні кілометрів і створюють нові ризики для морського середовища. У багатьох регіонах, зокрема в північній атлантиці, північному льодовитому океані та деяких прибережних зонах тихоого океану, рівень антропогенного шуму перевищує природний фон у 100–1000 разів, що є критичним показником [2]. Це призводить до того, що морські ссавці, такі як кити, дельфіни, моржі, а також риби та планктон, не можуть використовувати свої біоакустичні канали для навігації, комунікації, харчування й розмноження. Крім того, численні дослідження показали, що під впливом акустичного шуму змінюється поведінка морських організмів: вони можуть уникати традиційних місць проживання, змінювати маршрути міграції, знижувати ефективність пошуку їжі. Механічний шум виникає переважно через роботу основного двигуна, допоміжних агрегатів, насосів, генераторів, а також через передавання вібрацій корпусом судна, що діє як гігантський резонатор [1].*

Структурний шум формується внаслідок нерівномірності обертів колінчастого вала, що викликає мікрофлуктуації тиску та нерівномірні навантаження на підшипники, вали, кріплення. Ці мікроефекти й циклові нерівномірності обертання колінчастого валу формують низькочастотний спектр [2].

Основні матеріали дослідження.

У даній тезі оглянуто всебічний спектральний аналіз акустичних сигналів, записаних гідрофонними системами на різних швидкостях суден, у тому числі при різних навантаженнях, крені та диференті. Було охоплено як експериментальні, так і чисельні методи на основі сучасних досліджень[3]. Для чисельного моделювання застосовували сучасні програмні комплекси які дозволяють відтворювати складні турбулентні потоки, а також динаміку утворення та руйнування кавітаційних бульбашок на лопатях гвинтів. Це дає змогу побудувати точні карти розподілу швидкості потоку та локальних зон підвищеного тиску, які формують високочастотні компоненти шуму.

Унікальною частиною дослідження є розрахунок структурного шуму — це шум, що виникає через механічні вібрації, які передаються від джерела через конструкцію корпусу [2]. Формула для визначення рівня структурного шуму:

$$L_{struct} = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{F_v^2}{Z_m^2} \right) \quad (1)$$

де F_v — амплітуда віброзбуджуючої сили, а Z_m — механічний імпеданс конструкції. ця формула дозволяє оцінити, як зміна механічних параметрів впливає на рівень шуму, що випромінюється судном.

Для візуалізації результатів було побудовано графіки залежності шумового тиску (SPL) від швидкості судна. На рисунку 1, графік демонструє, як зі збільшенням швидкості судна з 5 до 25 вузлів рівень акустичного шуму (SPL) зростає нелінійно, що пов'язано з посиленням турбулентності, збільшенням кавітаційних ефектів і зростанням механічних вібрацій [3]. Така залежність є

критичною для визначення оптимальних експлуатаційних режимів судна, особливо в екологічно чутливих районах.

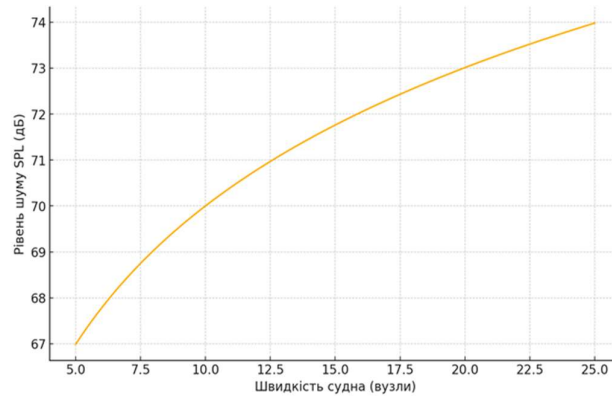


Рисунок 1 – Залежність рівня шуму SPL від швидкості судна

Додатковий графік на рисунку 2 порівнює амплітуду шуму від колінчастого вала, гвинта та корпусу в залежності від частоти. Помітно, що колінчастий вал переважає у низькочастотному діапазоні (до 100 Гц), гвинт — у середньочастотному (~120 Гц), а корпус — на вищих частотах (~200 Гц) [3]. Ця інформація дозволяє спрямовано впроваджувати заходи щодо шумозниження.

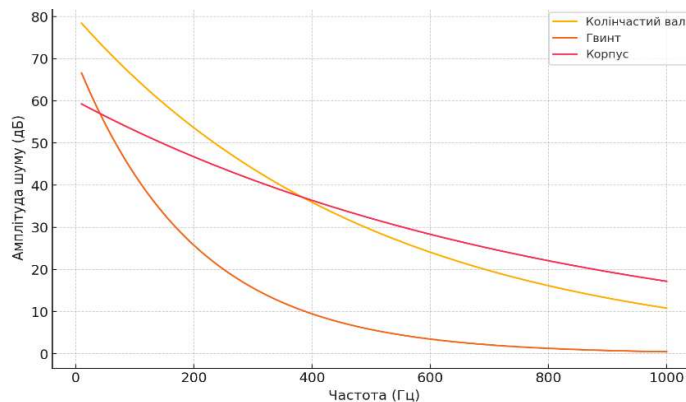


Рисунок 2 - Спектральні характеристики шуму судна[3].

Розроблено таблицю критичних частот для ключових елементів конструкції, яка враховує власні частоти коливань:

Таблиця 1

Критичні частоти основних компонентів судна

Елемент	Критична частота (Гц)	Амплітуда (дБ)
Колінчастий вал	50	75
Гвинт	120	82
Корпус судна	200	70

Ці дані дозволяють оцінювати, на яких частотах потрібне додаткове демпфування або балансування.

Було проведено серію розрахунків, яка показала, що впровадження демпферів коливань на колінчастий вал дозволяє знизити амплітуду шуму на 10–15% [2].

Для комплексної оцінки шумового забруднення введено інтегрований акустичний індекс:

$$I_{acoustic} = \int_{fmin}^{fmax} SPL(f) \cdot W(f) df \quad (2)$$

де $I_{acoustic}$ — інтегрований акустичний індекс, що виражається у децибелах або в безрозмірних умовних одиницях (залежно від шкали) і характеризує сумарний акустичний вплив судна на морське середовище, $W(f)$ — вагова функція, що враховує біологічну чутливість морських організмів до певних частот (наприклад, кити чутливі до 20–200 Гц, а риби — до 300–800 Гц), $fmin$ — мінімальна частота інтегрування, тобто нижня межа частотного діапазону, яку враховує аналіз. Наприклад, для морських ссавців часто беруть $fmin = 20$ Гц, а для риб, $fmin = 300$ Гц, $fmax$ — максимальна частота інтегрування, верхня межа частотного діапазону, $SPL(f)$ — спектральний рівень шумового тиску (Sound

Pressure Level) на частоті f , який виражається у децибелах. Цей параметр визначається шляхом вимірювань або чисельного моделювання і показує, скільки акустичної енергії присутньо на конкретній частоті, $W(f)$ — вагова функція, яка враховує біологічну чутливість морських організмів до певних частот. Вона може мати значення від 0 (нечутливий діапазон) до 1 (максимальна чутливість).

Висновки. розширений огляд та аналіз, підтверджує, що акустичний шум суден є багатофакторним явищем, що формується взаємодією механічних, гідродинамічних і експлуатаційних джерел. механічні джерела — це вібрації двигунів, редукторів, колінчастих валів, підшипників, а також структурний шум, що передається на корпус через кріплення та рами. особливу роль відіграє підвищення нерівномірності обертів колінчастого вала, яка спричиняє циклові флуктуації навантажень і підсилює низькочастотні компоненти шуму. гідродинамічний шум значною мірою зумовлений турбулентним потоком навколо корпусу, гребних гвинтів, ефектами кавітації та вихровими утвореннями, які посилюються при збільшенні швидкості судна. експлуатаційні аспекти — це режими завантаження, крену, диференту, а також маневрування, які змінюють спектр шуму та визначають загальний акустичний портрет судна.

Література:

1. ISO 17208-1:2016. Underwater acoustics—Quantities and procedures for description and measurement of underwater sound from ships. Geneva: International Organization for Standardization, 2016. 48 p.
2. Сорока В. В. Вимірювання шуму, що випромінюється судном, та його вплив на навколишнє середовище / В. В. Сорока // Marine Pollution Bulletin. – 2023. – Т. 186. – С. 114–125.
3. Ross D. Mechanics of Underwater Noise / D. Ross. – Los Altos: Peninsula Publishing, 2021. – 375 p.

kucherinho@gmail.com

УДК 629.11.01

Литвиненко А.С.,

Сергієнко О.В. к.т.н., доц.,

Климаш А.О., к.т.н., доц.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

АДАПТАЦІЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ МОМЕНТНОЇ ТЕОРІЇ ОБОЛОНОК ДЛЯ МАТЕМАТИЧНОГО РОЗРАХУНКУ

При розрахунку на всі види навантажень, крім розрахунку днищ від внутрішнього тиску, котел вагона-цистерни розглядається як замкнута циліндрична оболонка, вільно оперта по кінцях на абсолютно жорсткі у своїй площині діафрагми і абсолютно гнучкі перпендикулярно цій площині. Такими діафрагмами [1-3] є днища котла вагона-цистерни. Для розрахунку днища та прилеглої до нього зони циліндричної частини котла може вагона-цистерни бути врахована фактична його форма та пружність.

Виділимо двома поздовжніми та двома поперечними перерізами нескінченно малий елемент серединної поверхні оболонки $ABCD$ (рисунок 1 а).

Цей елемент має розміри $dx = R_1 d\alpha$ і $ds = R_1 d\beta$, де α і β є безрозмірними

координатами циліндричної системи Координата $\alpha = \frac{x}{R_1}$ і збігається з твірною x

, а $\beta = \frac{s}{R}$ з дугою s поперечного перерізу циліндричної частини котла.

Замість видалених частин оболонки прикладемо до поздовжніх та поперечних перерізів елемента $ABCD$ силові фактори (рисунок 2 б): нормальні $T_1(\alpha, \beta)$ і $T_2(\alpha, \beta)$, поперечні $Q_1(\alpha, \beta)$ і $Q_2(\alpha, \beta)$ і зсувні $S_1(\alpha, \beta)$ і $S_2(\alpha, \beta)$ сили, згинальні $M_1(\alpha, \beta)$ і $M_2(\alpha, \beta)$ та крутні $M_{K1}(\alpha, \beta)$ і $M_{K2}(\alpha, \beta)$ моменти.

Всі ці силові фактори, що визначають напружений стан оболонки, віднесені до одиниці довжини відповідної сторони аналізованого елемента.

$$S_1(\alpha, \beta) = S_2(\alpha, \beta) = S(\alpha, \beta), \quad (1)$$

$$M_{K1}(\alpha, \beta) = M_{K2}(\alpha, \beta) = M_K(\alpha, \beta), \quad (2)$$

Прийmemo позитивний напрямок відліку координат таким, як показано на рисунку 2 а. За цими трьома взаємно перпендикулярними напрямками розкладемо повне переміщення точки, позначивши його компоненти: подовжнє (за твірною) через $u(\alpha, \beta)$, тангенціальне (по дотичній до дуги кола) – $v(\alpha, \beta)$ і радіальне (за внутрішньою нормаллю) – $w(\alpha, \beta)$.

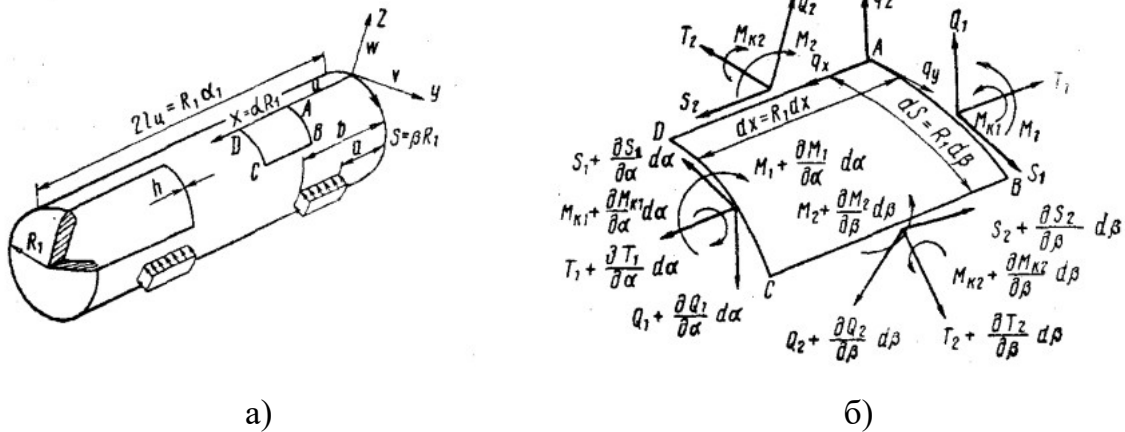


Рисунок 1 – Розрахункова схема оболонки і його елемента

Цими переміщеннями серединної поверхні визначається деформований стан оболонки. Крім того, розглядаються кути повороту подовжніх $\theta_2(\alpha, \beta)$ і поперечних $\theta_1(\alpha, \beta)$ площин перерізів.

Зовнішнє навантаження [2-5] також може бути розкладене за цими трьома напрямками. Компоненти поверхневого завантаження оболонки котла мають наступні позначення: подовжнє через $q_x(\alpha, \beta)$, тангенціальне $q_y(\alpha, \beta)$ та радіальне $q_z(\alpha, \beta)$. Дужки (α, β) вказують, що параметри, які розглядаються є у загальному випадку функціями двох змінних α і β , та надалі для скорочення

запису опускаються. Для визначення невідомих силових факторів, що діють на нескінченно малий елемент оболонки, складаються рівняння рівноваги. Оскільки цих рівнянь недостатньо для вирішення статично невизначеної задачі, що розглядається, використовуються умови нерозривності деформацій, тобто зв'язки між компонентами переміщень і деформаціями (геометричні співвідношення) і зв'язки деформацій із силовими факторами (фізичні співвідношення).

Повна система рівнянь, що складається з рівнянь рівноваги та рівнянь нерозривності деформацій, еквівалентна наступному рівнянню у часткових похідних восьмого порядку:

$$\nabla^2 \nabla^2 \nabla^2 \nabla^2 \Phi + 4k^4 \frac{\partial^4 \Phi}{\partial \alpha^4} = 0, \quad (3)$$

де $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial \alpha^2} + \frac{\partial^2}{\partial \beta^2}$ – диференціальний оператор Лапласа;
 $\Phi(\alpha, \beta)$ – дозволяючі функція.

Частина виразу рівняння (1.3), що містить $4k^4$ розраховується за формулою:

$$4k^4 = \frac{12(1 - \mu^2)R_1^2}{h_1^2}, \quad (4)$$

де μ – коефіцієнт Пуассона;

h_1 – товщина стінки циліндричної частини котла.

Через дозволяючу функцію Φ можуть бути визначені усі силові фактори і переміщення оболонки котла. Проте розрахунок котла на основі даних рівнянь моментної теорії оболонок для усіх видів завантаження особливо з урахуванням різної товщини листів, з яких складається котел, є доволі складною і трудомісткою задачею. Тому для її вирішення доцільне використання

електронно-обчислювальних машин. Алгоритм машинного розрахунку в матричній формі може бути побудований таким чином.

Рівняння (3) шляхом підстановки приводиться до вигляду:

$$\Phi = \sum_{m=1}^{\infty} f_m(\beta) \sin \lambda_m \alpha, \text{ тоді}$$

$$\sum_{m=1}^{\infty} \left[\frac{d^8 f_m(\beta)}{d\beta^8} - 4\lambda_m^2 \frac{d^6 f_m(\beta)}{d\beta^6} + 6\lambda_m^4 \frac{d^4 f_m(\beta)}{d\beta^4} + \lambda_m^4 (\lambda_m^4 + 4k^4) f_m(\beta) \right] \sin \lambda_m \alpha = 0, \quad (5)$$

де $\lambda_m = \frac{m\pi R_1}{2l_y};$

m – номер члена ряду;

$2l_y$ – довжина циліндричної частини котла;

$f_m(\beta)$ – коефіцієнт номера m ряду функції Φ , який залежить від координати β

Умова (5) виконується [6-9] при будь-яких значеннях α лише у тому разі якщо для кожного номера m вираз в квадратних дужках дорівнює нулю.

Використовуючи цю умову, отримаємо систему незалежних диференціальних рівнянь восьмого порядку відносно коефіцієнтів $f_m(\beta)$ ряду функції Φ . Надалі індекс m опускається, проте потрібно мати на увазі, що усі розрахункові залежності відносяться до одного номеру m члена ряду.

Приведений вираз функції Φ має важливу властивість: розраховані по ній зусилля і переміщення задовольняють прийнятим вище граничним умовам, тобто спираючі кінці котла на вказані діафрагми. Ці умови означають, що при

$$\alpha = 0; \quad \alpha = \alpha_1 = \frac{2l_y}{R_1} \quad M_1 = T_1 = w = v = 0.$$

Для вирішення звичайних, диференціальних рівнянь (5) складемо характеристичне рівняння виду:

$$(\gamma^2 + \lambda^2)^2 + 4k^4 \lambda^4 = 0, \quad (6)$$

Корні рівняння (6) є комплексні виду:

$$\gamma_j = \pm c_l \pm i d_l, \quad (7)$$

де $j = 1, 2, 3, \dots, 8; l = 1, 2$.

Дійсні частини c_l і d_l комплексних коренів обчислюються по формулам, які отримані з виразу (6) після перенесення його другого доданку в праву частину, витягання з правої і лівої частин коренів четвертого, а потім другого ступенів з урахуванням правил, використовуваних при виконанні цих операцій над комплексними числами:

$$c_l^2 = \frac{\lambda}{2} \left\{ (\lambda \pm k) + \left[(\lambda \pm k)^2 + k^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}, \quad (8)$$

$$d_l = \frac{\lambda k}{2c_l}, \quad (9)$$

У формулі (8) знак плюс відповідає індексу $l=1$, а знак мінус $l=2$.

Загальний інтеграл кожного з однорідних рівнянь (5) має вигляд:

$$f(\beta) = C_1 \varphi_1(\beta) + C_2 \varphi_2(\beta) + C_3 \varphi_3(\beta) + C_4 \varphi_4(\beta) + \\ + C_5 \varphi_5(\beta) + C_6 \varphi_6(\beta) + C_7 \varphi_7(\beta) + C_8 \varphi_8(\beta), \quad (10)$$

де $\varphi_j(\beta)$ – часткові інтеграли однорідного рівняння.

Їх доцільно представити у вигляді:

$$\left. \begin{aligned} \varphi_{1,5}(\beta) &= e^{c_{1,2}(\beta-\beta_0)} \cos d_{1,2}(\beta-\beta_0); \\ \varphi_{2,6}(\beta) &= e^{c_{1,2}(\beta-\beta_0)} \sin d_{1,2}(\beta-\beta_0); \\ \varphi_{3,7}(\beta) &= e^{-c_{1,2}(\beta+\beta_0)} \cos d_{1,2}(\beta+\beta_0); \\ \varphi_{4,8}(\beta) &= e^{-c_{1,2}(\beta+\beta_0)} \sin d_{1,2}(\beta+\beta_0). \end{aligned} \right\}, \quad (11)$$

У формулі (11) β_0 означає половину центрального кута, що відповідає дузі панелі, з якої може бути складена циліндрична частина котла.

Зазначений математичний підхід до визначення напружень в контрольних локаціях котла вагона-цистерни був реалізований за допомогою сучасного обчислювального програмного комплексу Mathcad. Розв'язок відповідних рівнянь дозволив отримати значення напружень, які стали основною для настроювання адекватності розробленої розрахункової скінчено-елементної моделі.

Література:

1. Fayomi, O.S.I., Akande, I.G. and Sode, A.A., (2019),, December. Corrosion Prevention of Metals via Electroless Nickel Coating: A review. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1378, No. 2, p. 022063). IOP Publishing.
2. Fernandes, J. S., & Montemor, F. (2014). Corrosion. Materials for Construction and Civil Engineering, 679–716. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08236-3_15
3. Godfrey C Onwubolu. Applied Mechanics With Solidworks. Scheridan Institute of Technology & Advanced Learning. Canada, 2015. 500 p.
4. Harsimran, S., Santosh, K., & Rakesh, K. (2021). Overview of corrosion and its control: A critical review. Proc. Eng. Sci, 3(1), 13-24
5. Iurii Shcherbyna, Anna Tereshchuk «Theoretical foundations of calculation cylindrical parts a tank car boilers using the MathCAD environment» in Collection of Scientific Papers of the State University of Infrastructure and Technologies of the Ministry of Education and Science of Ukraine: Series "Transport Systems and Technologies". № 43. Kyiv: SUIT, 2024 p. 61-75 <https://doi.org/10.32703/2617-9059-2024-43>

6. Kulbovskyi I. DEVELOPMENT OF A SYSTEM MODEL OF TECHNICAL OPERATION MANAGEMENT IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE PROJECTS. *Collection of scientific works of the State University of Infrastructure and Technologies series "Transport Systems and Technologies"*. 2021. Vol. 1, no. 37. P. 196–203. URL: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2021-37-19>
7. Jadhav, N. & Gelling, V. J. Review—Te use of localized electrochemical techniques for corrosion studies. *J. Electrochem. Soc.* 166, C3461–C3476 (2019).
8. Jegdić, B., Popić, J., Bobić, B., & Stevanović, M. Chemical corrosion of metals and alloys. *Zaštita materijala* 57 (2), 205-211 (2016).
9. L.I. Nyrkova, P.E. Lisovyi, L.V. Goncharenko, S.O. Osadchuk, V.A. Kostin, A.V. Klymenko. Regularities of Stress-Corrosion Cracking of Pipe Steel 09G2S at Cathodic Polarization in a Model Soil Environment. *Physics and chemistry of solid state*, 2021. №22(4), p. 828 – 836. <https://doi.org/10.15330/pcss.22.4.828-836>

УДК 629.463.03:629.015

Ловська А. О., д.т.н., проф.

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ КОНТЕЙНЕРА-ЦИСТЕРНИ УДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ ПРИ ВАНТАЖНО- РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ

Анотація. В рамках дослідження висвітлено особливості моделювання навантаженості удосконаленої конструкції контейнера-цистерни при підйомі за верхні фітинги. Встановлено, що запропоноване удосконалення сприяє не тільки зменшенню повздожсньої навантаженості контейнера-цистерни, а і вертикальної.

Проблематика. Залізнична галузь забезпечує привальований сегмент вантажооберту між європейськими країнами. Наразі залізницею перевозяться всі

типи вантажів різних галузей народного господарства. Досить поширеними серед таких вантажів є наливні. Перевезення наливних вантажів залізницею здійснюється вагонами-цистернами.

Для підвищення мобільності перевезень наливних вантажів залізницею дістали використання контейнери-цистерни. Наразі експлуатується велика кількість за конструкційними особливостями та технологією обробки контейнерів-цистерн.

Можливість транспортування контейнерів-цистерн різними видами транспорту зумовлює досить різні схеми навантажень їх конструкцій в експлуатації. Аналіз існуючих нормативних документів із питань проєктування та розрахунку контейнерів-цистерн показав, що найбільш неблагоприємним режимом їх навантаження є маневрове співударяння, що має місце при залізничних перевезеннях. При цьому на контейнер-цистерну діють повздовжні сили, зумовлені силами інерції, а також реактивні сили в зонах взаємодії фітингів із фітинговими упорами. В випадку перевищення динамічних сил, що діють на контейнер-цистерну над вертикальною складовою ваги бруто, він переміщується у повздовжній площині і виникає ударна взаємодія фітингів об фітингові упори. Це може призвести до їх обоюдного пошкодження, що викликає необхідність здійснення позапланових видів ремонту транспортних засобів. Подібна ситуація на шляху прямування контейнера-цистерни у складі поїзда є досить небезпечною із точки зору екології. Зважаючи на це, питання удосконалень конструкцій контейнерів-цистерн для покращення їх міцності в експлуатації є досить актуальними.

Основні матеріали дослідження. З метою забезпечення міцності контейнера-цистерни при експлуатаційних режимах навантаження запропоновано удосконалення його каркаса постановкою посилюючого елемента в конструкцію. Посилюючий елемент виконано у вигляді виделки, кінцеві частини якої (розкоси) розміщуються під кутом $\alpha=45^\circ$ до горизонталі (рис. 1). Вузли взаємодії розкосів між собою з лівого та правого боку контейнера-

цистерни сполучені повздовжнім поясом. Даний елемент виконано із такого ж профілю як і пояси каркасу.

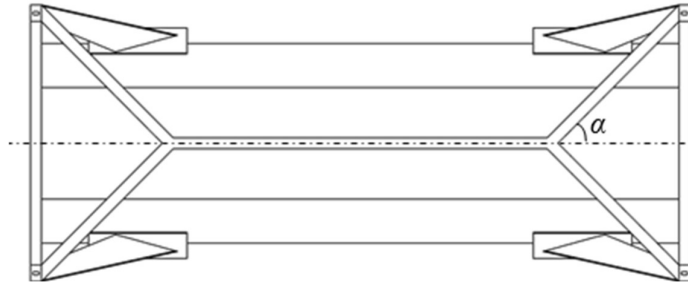


Рисунок 1 – Каркас контейнера-цистерни (вид знизу)

Для визначення доцільності такого удосконалення проведено розрахунок на міцність контейнера-цистерни. Результати розрахунку підтвердили, що впровадження видалки в конструкцію каркаса сприяє зменшенню його навантаженості у порівнянні із типовою конструкцією. Разом із цим, сформовано гіпотезу, що впровадження видалки в каркас сприятиме зменшенню переміщень нижніх частин його стійок при підйомі контейнера-цистерни.

Для перевірки зазначеної гіпотези проведено розрахунок на міцність контейнера-цистерни при підйомі за верхні фітинги.

При проведенні розрахунку застосовано метод скінчених елементів. Його реалізацію здійснено у SolidWorks Simulation.

Результати розрахунку показали, що максимальні напруження в котлі зафіксовано в зоні розміщення люка-лаза і склали 180,1 МПа. Ці напруження є нижчими за допустимі на 14%.

Максимальні переміщення виникають в торцевій частині котла, що розміщена з протилежного боку від люка-лаза. Ці переміщення склали 2,3 мм. Важливо сказати, що за рахунок впровадження видалки в каркас, переміщення в нижніх частинах стійок зменшилися на 0,7 мм у порівнянні із типовою конструкцією. Отже гіпотеза щодо посилення жорсткості каркаса підтвердилася.

Висновки/ Проведено моделювання навантаженості удосконаленої несучої конструкції контейнера-цистерни при підйомі за верхні фітинги. Встановлено, що переміщення в нижніх частинах стійок каркаса контейнера-цистерни зменшилися на 0,7 мм у порівнянні із типовою конструкцією. Отже, запропоноване удосконалення сприяє не тільки зменшенню повздовжньої навантаженості контейнера-цистерни, а і вертикальної.

Результати даного дослідження сприятимуть створенню напрацювань щодо проектування сучасних конструкцій контейнерів-цистерн, а також підвищенню ефективності експлуатації контейнерних перевезень.

alyonaLovskaya.vagons@gmail.com

УДК 629.463.62

Ловська А. О., д.т.н., проф.¹, Діжо Я., PhD, доц.²

¹Український державний університет залізничного транспорту, Україна

²Жилінський університет в Жиліні, Словаччина

АНАЛІЗ МІЦНОСТІ УДОСКОНАЛЕНОЇ НЕСУЧОЇ КОНСТРУКЦІЇ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ КОНТЕЙНЕРІВ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

***Анотація.** В рамках дослідження запропоновано удосконалену несучу конструкцію вагона-платформи для перевезень контейнерів. Висвітлено результати розрахунку на міцність несучої конструкції вагона-платформи при основних експлуатаційних режимах навантажень. Результати проведеного дослідження підтвердили доцільність запропонованого удосконалення.*

Проблематика. Одним із найважливіших факторів успішного розвитку економіки Європи є ефективне функціонування транспортної галузі. На разі найбільш використовуваною складовою транспортної галузі є залізничний

транспорт. Даний вид транспорту функціонує як самостійно, так і у симбіозі з іншими видами транспорту. Одним із найбільш затребуваних серед таких симбіозів є контейнерні перевезення. Перевезення контейнерів залізничним транспортом відбувається на вагонах-платформах.

На колії 1520 мм одним із найбільш неблагоприємних режимів навантажень вагонів, в тому числі, вагонів-платформ є маневрове співударяння. У випадку, коли сила тертя між фітингами та фітинговими упорами стає меншою за динамічне навантаження, яке діє на контейнер, він набуває власного ступеня вільності у повздовжній площині. При цьому виникає ударна взаємодія фітинга о штир фітингового упору. Внаслідок цього може мати місце їх обоюдне пошкодження. У зв'язку з цим, питання створення заходів, спрямованих на підвищення безпеки перевезень контейнерів залізничним транспортом є важливими.

Основні матеріали дослідження. Для зменшення пошкоджень транспортних засобів контейнерних перевезень пропонується удосконалення несучої конструкції вагона-платформи. Дане удосконалення полягає у постановці в її консольних частинах вертикальних надбудов (рис. 1). Висота надбудов дорівнює половині висоти контейнера та обрана з технологічних міркувань.

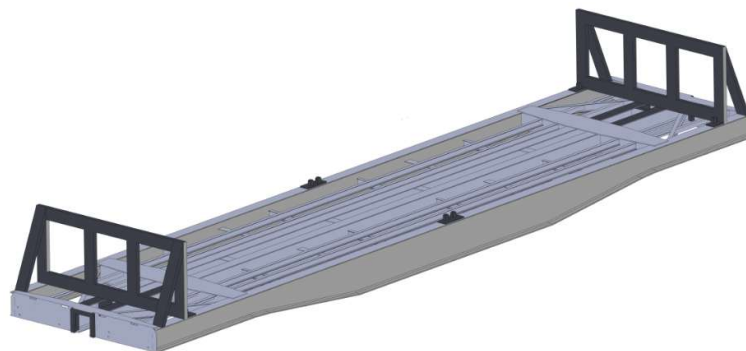


Рисунок 1 – Просторова модель удосконаленої несучої конструкції вагона-платформи

Обґрунтування запропонованого удосконалення здійснено на прикладі вагона-платформи моделі 13-401.

Для визначення міцності несучої конструкції вагона-платформи, обладнаної надбудовами для попередження переміщень контейнерів проведено розрахунок на методом скінчених елементів. Його реалізацію здійснено в SolidWorks Simulation. При цьому застосовано критерій Мізеса, оскільки матеріал виготовлення несучої конструкції вагона-платформи – сталь марки 09Г2С, а це є ізотропний матеріал. Визначення оптимальної чисельності скінчених елементів моделі проведено графоаналітично. При цьому застосовано тетраедри.

Розрахунок на міцність здійснено для I та III режиму навантажень несучої конструкції вагона-платформи. Встановлено, що максимальні напруження в несучій конструкції вагона-платформи мають місце при “ударі” (I розрахунковий режим) і складають 287,8 МПа (рис. 2), що нижче за допустимі на 7,3%.

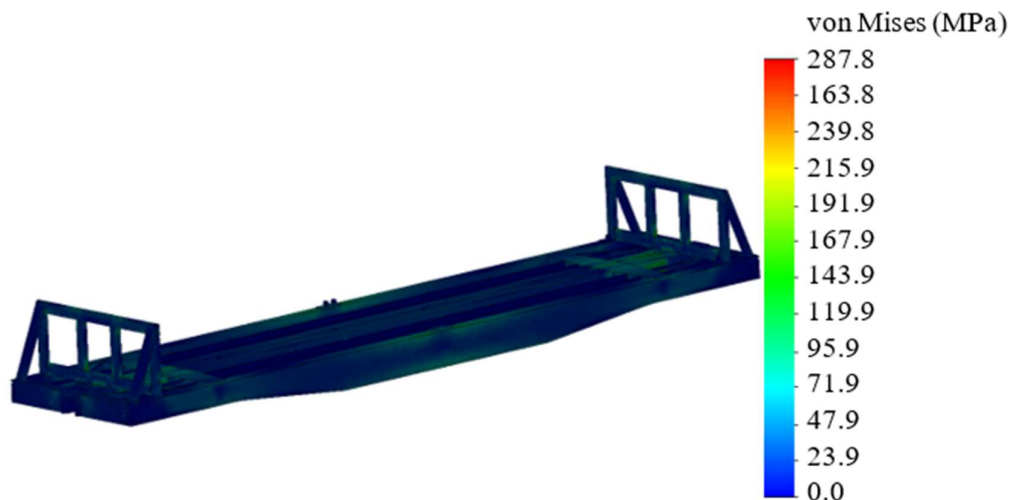


Рисунок 2 – Напружений стан несучої конструкції вагона-платформи

Максимальні переміщення в вузлах несучої конструкції вагона-платформи склали 3,1 мм і зосереджені в повздовжніх балках рами.

Висновки. Проведено моделювання навантаженості удосконаленої несучої конструкції вагона-платформи при основних експлуатаційних режимах навантажень. Доведено, що запропоноване удосконалення є доцільним.

Результати дослідження сприятимуть зменшенню пошкоджень транспортних засобів контейнерних перевезень в експлуатації, формуванню рекомендацій щодо їх проєктування, а також підвищенню рентабельності, в тому числі, в міжнародному сполученні.

alyonaLovskaya.vagons@gmail.com

УДК 625.03

Михайлов Е.В., к.т.н., доц.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ЗЧІПНОЇ МАСИ ЛОКОМОТИВІВ ПРИ ГАЛЬМУВАННІ

***Анотація.** У роботі наведено результати аналізу особливостей роботи важільних гальмівних передач локомотивів в режимі гальмування. На математичній моделі проаналізовано закономірності перерозподілу вертикальних навантажень по колісних парах екіпажу при гальмуванні. Сформульовано рекомендації щодо можливостей покращення використання зчіпної маси локомотива в режимі гальмування.*

Проблематика. Актуальне науково-практичне завданням, яке виникає при створенні перспективних локомотивів полягає в забезпеченні їх покращених динамічних, тягових і гальмівних характеристик. Важливим при цьому є вдосконалення екіпажних частин локомотивів шляхом застосування компоновальних схем і конструктивних рішень, які дозволяють максимальне використання зчіпної маси локомотивів в умовах реалізації тягових та гальмівних зусиль.

На сьогоднішній час питання використання зчіпної маси локомотивів в режимі реалізації сили тяги досліджені достатньо повно [1], тоді як процеси перерозподілу вертикальних осьових навантажень в режимах гальмування достатньо слабо висвітлені в науково-технічній літературі. Але, на цих режимах мають місце певні особливості використання зчіпної маси локомотива, що визначаються устроєм і параметрами гальмівної важільної передачі (ГВП). Метою цієї роботи є дослідження особливостей використання зчіпної маси локомотивів у режимі гальмування.

Основні матеріали дослідження. Деякі з цих особливостей розглянемо на прикладі гальмівної передачі тепловоза 2ТЕ116 [2]. ГВП тривісного візка цього локомотива складається з шести однакових груп, які попарно з'єднані для кожної колісної пари П-подібними балками (рис.1). Основні конструктивні елементи такої ГВП: горизонтальний балансир 2, вилка 3, вертикальні важелі 4 та 6, що з'єднані поздовжньою тягою 5, підвіска 7 й гальмівні башмаки 8 із гальмівними колодками. Кожна з цих гальмівних колодок прикріплена чекою до гальмівного башмака 8 та забезпечена спеціальним храповим механізмом, який забезпечує розташування поверхні гальмівної колодки паралельно поверхні кола кочення колеса. Ось 9 і П-подібна балка 10 з'єднують попарно відповідні гальмівні башмаки гальмівних груп колісної пари та надають ГВП необхідну поперечну жорсткість. При цьому вони запобігають сповзанню безгребневих колодок із колес під дією осьової складової сили натискання колодки на конічну поверхню колеса.

Привід кожної гальмівної групи здійснюється від гальмівного циліндра 1, який закріплюється з зовнішнього боку боковини рами візка.

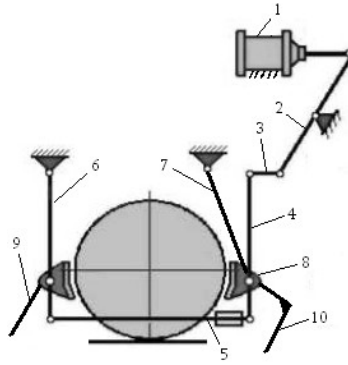


Рисунок 1 – Схема гальмівної важільної передачі локомотива (на прикладі тепловозу 2ТЕ116)

При заповненні стисненим повітрям гальмівного циліндра його шток впливає на горизонтальний балансир 2, що проходить через отвір в рамі візка. Балансир через верхню вилку 3 і важіль 4 притискає до бандажу колісної пари башмак 8 з гальмівною колодкою. Далі зусилля через нижній кінець важеля 4 надає руху тязі 5 і другому важілю з підвішеним башмаком і гальмівною колодкою. Усі гальмівні циліндри працюють одночасно.

Для успішного виконання своїх функцій така важільна гальмівна передача повинна бути досить жорсткою просторовою конструкцією. В режимі гальмування, взаємодіючи з колісною парою, вона може блокувати нормальну роботу першого ступеня ресорного підвішування. Ступінь цього блокування залежить від конструктивних параметрів важільної передчі й особливостей її технічного утримання (наявність мастила в шарнірах, зазори, податливість важелів і балансирів тощо), які визначають її жорсткість у вертикальній поздовжній площині. Розкид значень цієї жорсткості може бути достатньо великим і випадковим. Блокування ресорного підвішування при гальмуванні може суттєво вплинути на розподіл вертикальних навантажень по колісних парах екіпажу. Це, в свою чергу, впливає на гальмівні характеристики локомотива.

З урахуванням вищевикладеного, представляє як науковий, так і практичний інтерес подальша оцінка впливу параметрів ГВП локомотива на

використання його зчіпної маси при гальмуванні. Дослідження цих питань проведене на математичній моделі, яка представляла собою систему алгебраїчних рівнянь, що визначають умови рівноваги елементів екіпажу під дією на них відповідних додаткових сил і моментів в режимі гальмування локомотива. Розрахункова схема математичної моделі включала кузов, два тривісні візки і шість колісно-моторних блоків, представленими абсолютно жорсткими тілами, пов'язаними пружними зв'язками. Кузов спирається на кожен з візків через чотири гумово-роликові опори другого ступеня ресорного підвішування. Основні геометричні, жорсткісні та вагові параметри екіпажу, що розглядається, були прийняті близькими до відповідних параметрів екіпажної частини однієї секції локомотива 2TE116 [2].

Вирішення отриманої системи рівнянь здійснювалося з використанням математичного пакету Mathcad [3]. Деякі результати розрахунків, що показують зміну величин коефіцієнтів використання зчіпної маси η_i по колісних парах екіпажу та відповідних вертикальних навантажень γ_i від колісних пар на рейки в залежності від вертикальної жорсткості G_T гальмівної важельної передачі (при максимальному значенні коефіцієнта зчеплення коліс з рейками $\psi=0,33$), показані на рис. 2, 3. Цифрами 1...6 на цих рисунках позначені значення розрахункових показників для відповідних колісних пар локомотиву.

Аналіз результатів розрахунків свідчить, що розподіл коефіцієнтів використання зчіпної маси по колісних парах локомотива при гальмуванні істотно залежить від величини вертикальної жорсткості G_T гальмівної важельної передачі. При значенні $G_T = 0$ найбільш навантаженими були перша і четверта по ходу колісні пари, а лімітуючими по вертикальному навантаженню - третя і шоста колісні пари. Зі збільшенням значення G_T спостерігається зневантаження першої по ходу колісної пари. При значенні G_T більше ніж $2,5 \times 10^3$ кН/м вона вже стає лімітуючою по вертикальному навантаженню разом із 6-ю колісною парою. При подальшому збільшенні значень G_T ця закономірність зберігається.

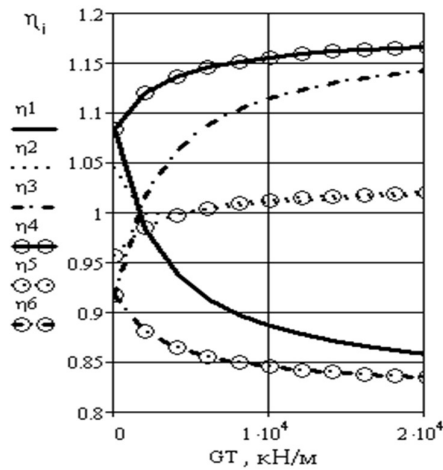


Рисунок 2 – Залежність $\eta_i=f(G_T)$

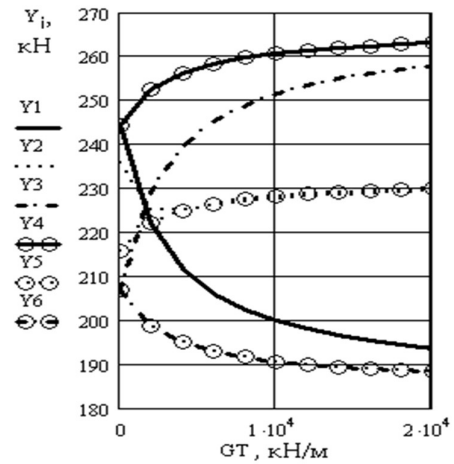


Рисунок 3 – Залежність $Y_i=f(G_T)$

Виходячи з вищевикладеного можемо прийти до висновку, що при проектуванні та розрахунках гальмівних важільних передач слід обов'язково враховувати зазначену залежність розподілу коефіцієнтів використання зчіпної маси по колісних парах локомотива від величини вертикальної жорсткості ГВП. Враховуючи велику кількість випадкових факторів, які впливають на величину вертикальної жорсткості ГВП, розрахунковим шляхом визначити значення цієї жорсткості є досить складним завданням. Тому, при проектуванні ГВП необхідно передбачати конструктивні елементи (підвіски, зазори, серезки і т.п.), які перешкоджали б блокуванню першого ступеня ресорного підвішування в режимі гальмування. Бажано звести до нуля жорсткість ГВП у вертикальному напрямку. В такому випадку можна точніше розрахувати перерозподіли вертикальних навантажень по колісних парах екіпажу в режимі гальмування і встановити потрібні зусилля натискання гальмівних колодок на колеса певних колісних пар для забезпечення ефективного без'юзового гальмування.

Висновки. Важільна гальмівна передача локомотива в режимі гальмування взаємодіє з його колісними парами, та, внаслідок досить великої власної просторової жорсткості конструкції, може блокувати роботу першого ступеня ресорного підвішування локомотива. Це суттєво порушує динаміку екіпажу та розподіл вертикальних навантажень по його колісних парах.

Використання зчіпної маси локомотиву (тобто розподіл вертикальних навантажень по його колісних парах) в режимі гальмування істотно залежить від величини вертикальної жорсткості гальмівної важільної передачі. Тому, при проектуванні ГВП локомотивів необхідно враховувати наявність зазначеної залежності та використовувати конструктивні рішення, які будуть перешкоджати блокуванню першого ступеня ресорного підвішування при гальмуванні. Внаслідок цього можна більш точно прогнозувати в режимі гальмування перерозподіл вертикальних навантажень по колісних парах екіпажу та забезпечувати потрібні зусилля натискання гальмівних колодок на колеса певних колісних пар для забезпечення більш ефективного гальмування.

Література

1. Евстратов А.С. Экипажные части локомотивов. М.: Машиностроение, 1987. 136 с.
2. Филонов С.П., Гибалов А.И., Быковский В.Е. Локомотив 2ТЭ116. М.: Транспорт, 1985. 328 с.
3. PTC Mathcad. [Electronic resource]. - Access mode: <https://www.mathcad.com/en>

Mihaylov.evv@gmail.com

УДК 629.4.02

Фомін О.В., Мірошникова М.В., Баранов І.О.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

МЕТОДИКА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГНОСТИКИ ХОДОВИХ ЧАСТИН РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

***Анотація.** В роботі розглянута методика імітаційного моделювання діагностики ходових частин рухомого складу залізниць. Модель реалізована на основі методу кінцевих елементів. Щільності теплових потоків, отримані в першому блоці імітаційної моделі,*

використовуються як навантаження для оцінки розподілу температурних полів у колесі та колодці. При різних напрямках доопрацювання, модель може бути використана для: а) досліджень нагріву коліс пасажирських вагонів та локомотивів; б) підбору різних варіантів матеріалів-наповнювачів гальмівних колодок (дослідження взаємодії колеса та металокерамічної гальмівної колодки); в) досліджень із застосування термостійких сталей виготовлення коліс.

Ключові слова: гальмівні колодки, засоби діагностики, технологічні дефекти, метод кінцевих елементів, модель, властивість матеріалів.

Стратегією розвитку залізничного транспорту [1,2], як один із ключових моментів соціально-економічного зростання країни, виділено необхідність підвищення безпеки функціонування залізничного транспорту. Однією з найважливіших умов її забезпечення є надійна робота ходових частин рухомого складу залізниць, їх гальмівних систем. Особливу актуальність цьому питанню надає спрямованість залізничної галузі на збільшення навантажень на вісь вантажних вагонів до 27-30 тс, підвищення їх максимальних швидкостей руху до 140 км/год, і збільшення ресурсу елементів коліс вантажних вагонів до 600 тис. км. Реалізація цих вимог неможлива без розвитку та комплексного використання засобів діагностики рухомого складу під час руху поїзда.

Для визначення раціональних параметрів систем теплового контролю (СТК) колодкових гальм необхідне дослідження нагрівання колеса при різних режимах гальмування, параметрах гальмівної системи, умовах навколишнього середовища, а також оцінка параметрів сигналу, який отримує приймач ІЧ-випромінювання СТК при здійсненні теплового контролю. Щоб вирішити ці завдання доцільно застосування методів імітаційного математичного моделювання. У процесі гальмування між колесом і гальмівною колодкою виникають сили тертя, що викликають нагрівання обода, що сприяє виникненню цілого ряду дефектів термомеханічного характеру - повзунів, наволочування металу, кільцевих виробок, глибоких рисок, термоциклічних тріщин [2]. Дефекти гальмівного походження призводять до порушення макроеометрії колеса, збільшення інтенсивності динамічного впливу на вузли екіпажної частини вагона та передчасного виходу коліс з ладу.

Колеса вагонів за конструкцією бувають цільнокатаними та бандажними, а за способом виготовлення – литими та катаними. Далі розглядатимемо питання, що стосуються цільнокатаних коліс вантажних вагонів. Конструктивно цільнокатане колесо складається з обода, диска та ступиці. Ступиця колеса запресовується на вісь, а дискова частина колеса виконується під деяким кутом зниження динамічних впливів з боку шляху.

Дефекти коліс при використанні чавунних та композиційних гальмівних колодок багато в чому мають схожість між собою, незважаючи на те, що композиційні колодки за своїм складом, технології виготовлення та механізмів зношування істотно відрізняються від металевих колодок [3]. Згідно з результатами дослідження [4], знос чавунних колодок відбувається за рахунок інтенсивного схоплювання поверхонь, що контактують. Окремо варто відзначити технологічні дефекти чавунних колодок — металізований пригар, залишки формувальної землі, локальні нерівності підвищеної твердості, які призводять до появи кільцевих виробок, глибоких рисок на колесах та наволочування металу.

Для коректного опису процесів нагріву колеса при колодковому гальмуванні необхідний облік значної кількості параметрів, що впливають на процес гальмування. Більшість параметрів визначається за результатами розрахунку часу гальмування і дійсного гальмівного шляху. При цьому на ступінь та характер нагрівання колеса впливають режим гальмування, маса вагона та швидкість його руху. Параметри гальмування визначаються Інструкцією з експлуатації гальм рухомого складу залізниць та Правилами тягових розрахунків. При визначенні вихідних даних до моделювання нагріву приймаються такі припущення:

- гальмування поїзда має рівноуповільнений характер;
- сила натискання на гальмівні колодки постійна протягом часу гальмування;
- розглядається гальмування вантажних поїздів, що складаються з чотиривісних вагонів, із загальним числом осей не більше 200.

Існує кілька підходів до визначення щільності теплового потоку між контактуючими тілами внаслідок тертя. $q_{\text{тр}}$. [5,6] Універсальним методом визначення $q_{\text{тр}}$, є застосування математичних моделей з урахуванням відомої моделі тертя Кулона. Відповідно до неї, контактні поверхні взаємодіючих тіл можуть сприймати зсувні напруги.

Враховуючи практично однакові теплофізичні властивості колісної та рейкової сталі [7,8], можна прийняти припущення про те, що в колесо надходить половина тепла, що утворюється при терті ($\alpha_R = 0,5$) і певна його частина відводиться назад у рейку під впливом контакту нагрітого колеса з холодною рейкою. Фактична передача тепла від колеса у рейку відбувається за рахунок теплопровідності [9].

Модель реалізована на основі методу кінцевих елементів (МКЕ). Щільності теплових потоків, отримані в першому блоці імітаційної моделі, використовуються як навантаження для оцінки розподілу температурних полів у колесі та колодці [10]. На першому етапі методом твердотільного моделювання розроблено об'ємні геометричні моделі колеса та гальмівних колодок. Колесо представлене у вигляді суцільнокатаного колеса (СК), з діаметром за колом катання 950 мм [10]. На додаток до неї також розроблено дві твердотільні моделі:

а) зношеного колеса з товщиною обода 22 мм для дослідження впливу зношування колеса на його нагрівання;

б) незношеного колеса з плоским майданчиком на поверхні катання площею 300 мм², що моделює місце контакту колеса та рейки, для дослідження нагрівання колеса при його заклинюванні. При дослідженнях нагрівання колеса при заклинюванні тіло рейки не моделюється, а відведення тепла до нього враховується опосередковано за допомогою коефіцієнта тепловіддачі.

Застосування 8-вузлових кінцевих елементів (КЕ) дозволяє значно знизити розмірність кінцево-елементної моделі у разі підвищення точності одержуваного рішення. Одночасно з цим апроксимація геометрії, особливо тіл обертання (колесо), тільки КЕ гексаедральної форми не є оптимальним підходом. У зв'язку з особливістю алгоритмів кінцево-елементних сіткових побудовників розмір гексаедрального КЕ стає невиправдано малим при наближенні до центру тіла

обертання, що спричиняє непотрібне збільшення розмірності моделі. До того ж апроксимація геометрії складної форми гексаедральними КЕ дуже трудомістка. Одночасно з цим КЕ у вигляді тетраедра дозволяє апроксимувати геометрію будь якої складної форми. Грунтуючись на викладених вище міркуваннях, запропоновані гібридні кінцево-елементні сітки, що містять обидва зазначені КЕ.

Кінцево-елементні моделі колеса та гальмівних колодок враховують механічні та теплофізичні характеристики їх матеріалів. У межах моделі прийнято припущення про постійність властивостей матеріалів (незалежно від температури тіл). Загальні відомості про властивості матеріалів наведено в [10].

У рамках моделі задаються такі граничні умови:

Тепловий зв'язок між контактними поверхнями коліс та гальмівних колодок з урахуванням коефіцієнта теплопровідності між ними.

2. Теплове навантаження у вигляді теплового потоку, джерелом якого прийняті контактні поверхні гальмівної колодки.

3. Конвекція у середовищі з урахуванням коефіцієнта конвективної теплопередачі.

4. Спеціальний об'єкт моделювання, що забезпечує обертання елементів контактних поверхонь колеса навколо його осі за законом, що задається на основі попереднього гальмівного розрахунку.

Результати чисельного моделювання, що проводиться з використанням вищеописаної моделі, представляються у вигляді картин, що динамічно змінюються, процесу нестационарного нагріву колеса при взаємодії з гальмівною колодкою.

При різних напрямках доопрацювання, модель може бути використана для: а) досліджень нагріву коліс пасажирських вагонів та локомотивів; б) підбору різних варіантів матеріалів-наповнювачів гальмівних колодок (дослідження взаємодії колеса та металокерамічної гальмівної колодки); в) досліджень із застосування термостійких сталей виготовлення коліс.

Література:

1. Сучасні технології в науці та освіті. Колективна монографія / під. ред. О. Б. Целіщева, Г. О. Татарченко, Г. М. Хорошун. – Сєвєродонецьк : вид-во СНУ

ім. В. Даля, 2021. – 320 с. doi: [https://doi.org/10.33216/MonographSNU\(978-617-11-0211-8\)-2021-320](https://doi.org/10.33216/MonographSNU(978-617-11-0211-8)-2021-320)

2. Бондаренко, В.В. Бортова система акустичного контролю колісних пар [Текст] / В.В. Бондаренко, Д.І Скуріхін // Залізничний транспорт України. – 2012. – № 1. – С. 32-35.

3. Hecht Markus. Innovative rail freight wagons - A precondition to increase the market-share of rail freight / Markus Hecht // Archives of Transport. – 2015. – Vol. 29 (1). – Pp. 17-26.

4. В.С. Джус, А.Я. Куліченко, А.Р. Мілянч. Коефіцієнти напружень і деформацій у конструкціях вагонів. Науковий вісник НЛТУ України 14 (1), 231-236с.

5. Płaczek M., Wróbel A., Buchacz A. (2016). A concept of technology for freight wagons modernization. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 161. doi:10.1088/1757-899X/161/1/012107.

6. Fermer M. Finite element models: [Pap] 10th Int. Wheelset Congr. «Sharing Latest Wheelset TechnoL Order Reduce Costs and improve Railway Prod.» / M. Fenner 11 Nat. Conf. Publ. / Inst. Eng. Austral. - 2020. -№ 92/10. - P. 280-281.

7. Okorokov, A. M. Research into a possibility to prolong the time of operation of universal semi-wagon bodies that have exhausted their standard resource [Text] / A. M. Okorokov, O. V. Fomin, A. O. Lovska, R. V. Vernigora, I. L. Zhuravel, V. V. Fomin// Eastern-European journal of enterprise technologies. 2018. – 3/7(93). – P. 20-26 (DOI: 10.15587/1729-4061.2018.131309) <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/131309>

8. Oleksij Fomin, Alyona Lovska, Vaclav Pistek, Pavel Kucera Research of stability of containers in the combined trains during transportation by railroad ferry // MM Science Journal March 2020. – P. 3728-3733 DOI : 10.17973/MMSJ.2020_03_2019043 <https://www.mmscience.eu/journal/issues/March%202020/articles/research-of-stability-of-containers-in-the-combined-trains-during-transportation-by-railroad-ferry>

9. Lovska A, Fomin O, Píštěk V, Kučera P. Dynamic Load Modelling within Combined Transport Trains during Transportation on a Railway Ferry. Applied

Sciences. 2020; 10(16):5710. <https://doi.org/10.3390/app10165710>
<https://www.mdpi.com/20763417/10/16/570>

10. Fomin, O., Baranov, I., Miroshnykova, M., Khara, M., Degtyareva, L. Diagnostics of the Railway Rolling Stock Running Gear Based on Simulation Modelling. Transport Means - Proceedings of the International Conference 2024-October, pp. 865-870.
https://www.researchgate.net/publication/387809058_Diagnostics_of_the_Railway_Rolling_Stock_Running_Gear_Based_on_Simulation_Modelling

miroshnikova@snu.edu.ua

УДК 621.002

Кузьменко С.В., к.т.н., доц.,

Ніконець А.О., асп.,

Бахтар М.С. асп.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕВАЖНОГО ТИПУ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ДЛЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Сучасні концепції машинобудування припускають мінімізацію енергоспоживання нових виробів промисловості, причому це стосується як силового обладнання, яке є основними споживачами енергії, так і елементів конструкції, що перешкоджають її втратам. Як окремий випадок, ці вимоги поширюються на якість теплотехнічних огорож, що перешкоджають втратам (притокам) теплової енергії.

На сучасному етапі технологічного розвитку існує достатня різноманітність матеріалів, що забезпечують зменшення теплового потоку через огороження,

такі як: стіни будинків, кузова транспортних засобів, трубопроводи тепло-і холодопостачання і т.п.

До теплоізоляційних матеріалів, що застосовуються в конструкції огорож кузовів рухомого складу залізниць, пред'являються такі основні вимоги:

- невеликий коефіцієнт теплопровідності (0,03-0,04 Вт/м·К)
- мала об'ємна вага (15-25 кг/м³);
- відсутність гігроскопічності та невелике вологопоглинання;
- незгоряння та хімічна інертність;
- довговічність та незмінність теплотехнічних властивостей при коливаннях та зіткненнях;
- відсутність запаху та несприйнятливості до запахів;
- невелика вартість.

Аналіз застосування матеріалів, що зменшують тепловий потік через огороження, показує, що проблема теплоізоляції кабін та кузовів вагонів та локомотивів повною мірою не вирішена. Матеріали (міпори, мати зі скловолокна, пінополістирол, пінополіуретан), що використовуються для цих цілей, на поточний момент не можуть задовольнити численним і специфічним вимогам залізничної галузі.

Узагальнення наведених фактів показує, що теплоізоляційний матеріал для рухомого складу повинен мати закритопористу (спінену або екструдовану) структуру з можливістю заливання матеріалу безпосередньо на рухомому складі, що повинно забезпечувати мінімальні значення теплопровідності, водопоглинання та паропроникності. Крім цього, доцільним є використання неорганічних матеріалів, які є негорючими, мають високі значення максимальних робочих температур, не виділяють токсичних речовин при своєму розкладанні або деструкції.

Проведений аналіз властивостей сучасних теплоізоляційних матеріалів показує, що найбільш повно відповідає вимогам спінене скло. Даний неорганічний матеріал має закриту комірчасту структуру, є негорючим і

характеризується мінімальним водопоглинанням та паропроникністю. Даний теплоізоляційний матеріал має необмежений термін служби, не вбирає вологу і є паро- і газонепроникним. Він зберігає свої виняткові властивості в діапазоні температур від -260°C до $+485^{\circ}\text{C}$. Висока вартість піноскла визначається суттєвими енерговитратами при його виготовленні з огляду на необхідність проведення термообробки суміші порошків скла і добавок, що забезпечують газоутворення при розм'якшенні першого компонента.

Перевагою рідкого скла є його здатність на стадії приготування композиційної суміші зберігати в'язко - пластичний стан при звичайних температурах, надалі на стадії структуроутворення набувати властивості каменю при температурі $50-60^{\circ}\text{C}$. Структуроутворення в'язких на основі силікатних композицій, у тому числі рідкого скла з силікат-брили, визначається співвідношенням $\text{SiO}_2:\text{Na}_2\text{O}:\text{H}_2\text{O}$, а також фізико-хімічною природою наповнювача. Кальцій- і алюмовмісні компоненти наповнювачів сприяють виділенню новоутворень, що характеризуються високими характеристиками міцності і водостійкості.

Сучасні технології його отримання дозволяють забезпечувати можливість заливання на вагоні (локомотиві) спіненої суміші в підготовлені порожнечі кузова. У цьому робоча температура процесу твердіння перебуває у діапазоні $40\ldots60^{\circ}\text{C}$, що можна використовувати як із виробництва, і при ремонтах одиниць рухомого складу за умов депо чи ремонтних заводів. Зазначений варіант отримання є найбільш переважним для використання на рухомому складі залізниць, оскільки з'являється можливість заливання спіненого рідкого скла безпосередньо на виробі. Висока адгезія рідкого скла до поверхні дозволяє отримувати практично герметичні конструкції, що суттєво зменшує інфільтраційні тепловтрати. Крім цього, його застосування істотно знижує корозійні процеси на металевих поверхнях, що досить важливо для зовнішніх металевих обшивок і несучих елементів кузова вагонів і локомотивів.

Доступність матеріалів, що виготовляються в Україні, їх невисока вартість, незначні капітальні витрати на виготовлення технологічного оснащення дозволяють запровадити холодний спосіб одержання теплоізоляційного шару на основі піноскла під час виготовлення та ремонту рухомого складу залізниць.

kuzmenko@snu.edu.ua

УДК 656.1

Осипов В.О., к.т.н., доц., Хоменко В.О.

Військовий інститут Київського національного університету
імені Тараса Шевченка

ВИВЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВПЛИВУ ШВИДКОСТІ ЗОРОВОГО ПОШУКУ НЕБЕЗПЕК ВОДІЯМИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА РІВЕНЬ АВАРІЙНОСТІ

***Анотація.** Вивчено закономірностей взаємодії підсистем системи Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище, що у свою чергу дасть можливість дослідникам знаходити нові критерії, які мають вплив на роботу системи. Одним із значущих факторів є взаємодія підсистеми Водій із підсистемою Дорога.*

Проблематика. Як відомо, візуальний пошук [1] - це процес зорового або технічного спостереження (обстеження) простору, якій має на меті виявити об'єкт - предмет пошуку. В залежності від дорожньої ситуації пошук передбачає, що об'єкт небезпеки з'явиться в очікуваному просторі або часі. Та часто візуальне спостереження проводиться з метою переконання у відсутності потенційних небезпек. Таким чином, функція водія при русі - постійний візуальний моніторинг дорожніх умов [2], параметри яких буде досліджено.

***Основні матеріали дослідження.** Вивчення закономірностей взаємодії підсистем системи Водій-Автомобіль-Дорога-Середовище дають змогу дослідникам знаходити нові критерії, які мають вплив на роботу системи. Одним*

з значущих факторів є взаємодія підсистеми Водій із підсистемою Дорога. Зір водія є основоположним при моніторингу дорожніх умов в процесі руху, всі інші неоптичні органи є другорядними. До безсумнівних переваг зору водія ми можемо віднести надвисоку щільність зору (біля 1' неозброєного ока), роботу зору в широкому охопті насиченості ($L = 10^{-6}$ - 10^4 кд/м², здатність очей до оперативної переадаптації), можливість зору виконувати роботу в достатньому спектрі сприйняття кольоровості 380-760 нм, світлову чутливість очей (абсолютний поріг 10^{-9} лк), ідентифікацію об'єктів, які здійснюють рух, потенціал водія до розвитку навичок, аналітичний потенціал та вміння концентруватися тощо. Окрему нішу займають негативні здібності організму людини - знемога, психофізіологічний стан, низька реакція. Відомі два види зорового пошуку - повільний, при якому водій сам обирає, як, скільки та як часто він буде робити зоровий моніторинг дорожньої обстановки, та організований, коли водій виконує моніторинг у суворій послідовності, яка обумовлена наявністю на дорозі технічних засобів регулювання дорожнім рухом, на які водій реагує типовими діями [3]. Який з цих двох способів буде використовувати водій - не має принципового значення, головний результат - своєчасне виявлення небезпеки; як найпростіша задача та більш складна - визначення рівня небезпеки та прийняття відштовхуючись від цього адекватного за складністю рішення. На цей вид виявлення небезпеки має суттєвий вплив кліматичний та часовий фактор, цей аспект потребує окремого дослідження. Подекуди дослідники використовують термін «примусовий пошук», коли рівень та якість виявлення небезпек напряму залежить від швидкості подачі та зорового опрацювання інформації водієм. Вірогідність виявлення небезпечних об'єктів визначаються за формулою [4]:

$$P_n = 1 - \exp\left(\frac{c \cdot \varepsilon^2 \cdot \gamma^3 \cdot L_{\Phi}^{0,3} \cdot t}{(2 \cdot \beta)^2}\right), \quad (1)$$

де P_n - вірогідність виявлення небезпечного об'єкту;

c - коефіцієнт, який показує рівень навичок водія:

c_6 (бінокулярного) - $16 \text{ град}^2 \left(\frac{\varepsilon \ddot{a}}{l}\right)^{-0,3} \cdot (\text{кут. хвилин})^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$;

ε - рівень контрасту дорожньої обстановки по відношенню до місцевості;

γ - кутові розміри небезпечного об'єкту у хвилинах, що знаходяться:

$$\gamma = 3440 \cdot \frac{l}{R}, \quad (2)$$

де l - габарити об'єкту небезпеки;

R - об'єктивна відстань до об'єкту небезпеки;

2β - кутовий розмір поля пошуку, град.;

t - час пошуку, сек.

Вірогідність виявлення окремих об'єктів небезпеки:

$$P_T = 1 - \exp \left(- \frac{a \cdot E^2 \cdot t}{(2 \cdot \beta)^2 \cdot L^{2 \cdot n}} \right), \quad (3)$$

де P_T - вірогідність виявлення об'єкту небезпеки водієм;

a - коефіцієнт, які характеризує зоровий рівень водія:

a_A (бінокулярний) $= 2,6 \cdot 10^{14}$;

a_I (монокулярний) $= 1,8 \cdot 10^{14}$;

E - блиск точкового джерела (освітленість на зіниці ока водія);

n - визначається за формулою Гершуна [2]:

$$n = 0,6 + 0,1 \cdot \lg L_{\Phi}. \quad (4)$$

У психології про вибірккову увагу говорять, коли мають на увазі діяльність, пов'язану з виконанням будь-яких змістовних об'єктів із фону. Для дослідження психічного темпу водія, а саме швидкості зорових орієнтовно-пошукових рухів на прикладі світлоповертального елемента дослідники-психологи окрім інших пропонують застосовувати таблиці Шульге [5], або їх аналоги, де в довільному

порядку розташовані числа від 1 до 25. Для оцінювання адекватності роботи вибраних класифікаторів в рамках роботи запропоновано та реалізовано алгоритм знаходження респондентами об'єктів потенційної небезпеки, а саме світлоповертальні елементи транспортного огороження першої групи за допомогою спеціально підготовлених анкет-фотознімків [6-8].

На основі отриманих результатів будується гістограма часу зорових орієнтовно-пошукових рухів по кожному тесту (рис. 1) та складаються усереднені результати тестування, рис. 2.



Рисунок 1 – Гістограма тривалості зорових орієнтовно-пошукових рухів

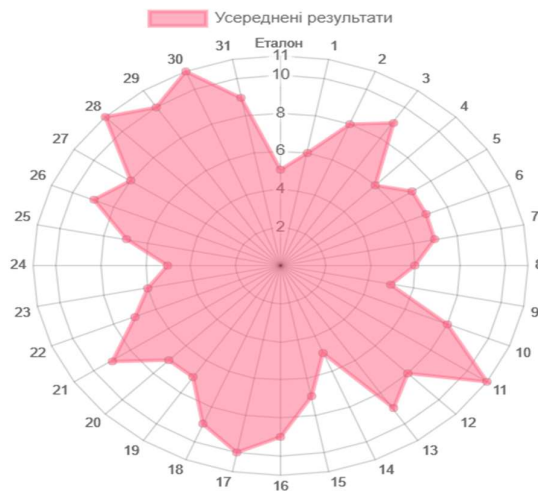


Рисунок 2 – Узагальнені (середні) результати тестування

Висновки. Складності у пошуку окремих об'єктів як правило говорять про нерівномірність темпу психічної діяльності водія. Збільшення часу на пошук

елементів небезпеки згідно таблиці говорять про початок втомленості, астенію нервової системи. Отримані результати є доволі різними, відрив від еталону складає у максимумі 2,2 рази. Це може говорити про те, що рівень фізичних можливостей, підготовки водіїв значно різниться, це потрібно враховувати у подальшій роботі, як один з факторів роботи підсистеми Водій в системі В-А-Д-С. Спираючись на отримані результати можна говорити про певну залежність впливу швидкості зорового пошуку небезпек водіями транспортних засобів на зниження коефіцієнту аварійності. Впроваджені вже на сьогодні інженерні заходи у м. Києві дають змогу проводити повноцінні дослідження щодо їх впливу на стримування швидкості руху.

Література:

1. Shapiro, Linda; George Stockman (2001). Computer Vision. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall. ISBN 0-13-030796-3.
2. Системи та комплекси електросвітлотехнічного забезпечення польотів : навч. посіб. / уклад. : Ю. М. Квач, А. П. Колотюк. К. : НАУ-друк, 2012. 160 с.
3. Melnichenko O. Scoring method of evaluating road safety as part of management system / O. Melnichenko, V. Osypov // *Periodyk Naukowy Akademii Polonijnej*, Częstochowa (PNAP), 2023, 61 (2023) nr 6, P. 195-202. DOI: <https://doi.org/10.23856/6124>
4. Gusteliev O. Implement technical solutions for road safety / O. Gusteliev, V. Osypov // The IV International Scientific and Practical Conference «*Science, practice and theory*», February 1 - 4, 2022, Tokyo, Japan. P. 533-535.
5. Козляковський П.А. *Загальна психологія*: Навч. посібник: В 2 т. 2-ге вид. Т. II. Миколаїв: Вид-во МДГУ ім. П. Могили, 2004. 240 с.
6. Ткаченко І. О. *Ризики у транспортних процесах* : навч. посібник / І. О. Ткаченко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. Бекетова, 2017. 114 с.
7. V. Osypov. Development and implementation of retro-reflective elements for automatic accessories and places of planned points. // *Transport Problems. International scientific journal*. Print edition : ISSN 1896-0596

Online edition : ISSN 2300-861X. Volume 14 Issue 4. 2019. P. 127-138. DOI: [10.20858/tp.2019.14.4.11](https://doi.org/10.20858/tp.2019.14.4.11)

8. Осипов В. О. Дослідження швидкості зорових орієнтовно-пошукових рухів водія на прикладі світлоповертальних елементів транспортного огороження першої групи в населених пунктах. Дороги і мости. Київ, 2024. Вип. 30. С. 380-388. <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.30.380>

Osipov.valentin100@gmail.com

УДК 631.3:629.3

Петрюк Ю.І., асп.

Артюх О.М., к.т.н., доц.

Національний університет «Запорізька політехніка»

АВТОМАТИЗАЦІЯ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТИВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ УКРАЇНИ

***Анотація.** Досліджуються перспективи автоматизації машинно-тракторних агрегатів (МТА) для транспортно-технологічних процесів у сільському господарстві України. Акцентовано точне землеробство, енергоефективність, екологічність та економічні вигоди. Проаналізовано навігаційні системи, сенсори, ШІ, CAN-шини та інфраструктурні обмеження.*

Проблематика дослідження полягає у низькій автоматизації машинно-тракторних агрегатів в Україні через застарілу техніку та слабку інфраструктуру навігаційних систем. Це знижує ефективність транспортно-технологічних процесів у сільському господарстві, ускладнює точне позиціонування та збільшує витрати на паливо й обслуговування.

Основний матеріал дослідження. Автоматизація машинно-тракторних агрегатів (МТА) трансформує транспортно-технологічні процеси в сільському

господарстві України, включаючи перевезення врожаю, точне землеробство та аграрну логістику. Застарілий парк техніки (понад 60% тракторів старше 15 років) і слабка інфраструктура для навігаційних систем стримують впровадження інновацій. Точне землеробство знижує витрати ресурсів, викиди CO₂ і ерозію ґрунту, підвищуючи продуктивність. Метою дослідження є аналіз технологій автоматизації МТА, їхньої екологічної та економічної вигоди для аграрного сектору. Робота має теоретичний характер.

Аналіз технологій автоматизації МТА. Автоматизовані МТА оснащені електронними блоками управління (ЕБУ), які оптимізують роботу двигуна, підвищуючи ККД до 35–40% порівняно з 25–30% у традиційних системах. Навігація GNSS із RTK-корекцією забезпечує точність до 1–2 см, що необхідно для точного посіву, внесення добрив і збирання врожаю, знижуючи їх перевитрату на 10–15%. Сенсори LiDAR створюють 3D-карти полів, а TDR-сенсори аналізують вологість ґрунту, оптимізуючи полив на 10–12%. Датчики тиску адаптують МТА до типу ґрунту, зменшуючи ерозію на 5–7%. Штучний інтелект (ШІ) обробляє дані для прогнозування маршрутів і аналізу ґрунту, скорочуючи витрати палива на 15%. CAN-шини забезпечують інтеграцію систем, підвищуючи надійність автоматизації.

Зарубіжний досвід. У США трактори CNH Industrial (Case IH) із AFS Connect використовують ШІ для аналізу ґрунту, підвищуючи врожайність на 10–12%. У Німеччині Fendt Vario із VarioGuide забезпечує точність руху з похибкою 1 см, оптимізуючи логістику врожаю. У Франції Claas Axion із CEMOS знижує витрати палива на 15% завдяки автоматизації. В Україні пілотні проєкти в Київській і Вінницькій областях показали економію палива на 12–15% при використанні RTK. Лише 10% МТА в Україні оснащені автоматизацією, що вказує на значний потенціал.

Технічні аспекти. Пропорційно-інтегрально-диференційні (PID) контролери стабілізують рух МТА на нерівних ґрунтах, підвищуючи точність операцій до 95–98% порівняно з 85–90% у механічних системах. Навігація RTK

залежить від локальних базових станцій, але їхнє покриття в Україні обмежене (20% сільських районів). TDR-сенсори та датчики тиску оптимізують операції, знижуючи витрати води на 10% і ерозію ґрунту на 5%. ШІ-алгоритми прогнозують маршрути, скорочуючи робочий час на 10–12%. CAN-шини забезпечують швидкий обмін даними між ЕБУ, сенсорами та виконавчими механізмами, підвищуючи стійкість до збоїв. Екологічний ефект включає скорочення викидів CO₂ на 10–12% завдяки точному землеробству.

Економічний ефект автоматизації. Автоматизація МТА забезпечує економію ресурсів і підвищує конкурентоспроможність господарств. Точне землеробство знижує витрати добрив на 10–15% (до 50 тис. грн/рік для середнього господарства), палива на 15% (до 100 тис. грн/рік) і води на 10% (до 30 тис. грн/рік). Скорочення робочого часу на 10–12% економить до 50 тис. грн/рік на оплаті праці. Загальний економічний ефект становить 500–700 тис. грн/рік для господарства на 1000 га. Довгострокові вигоди включають підвищення врожайності на 10–12% і зниження витрат на ремонт завдяки зменшенню зносу техніки. Пілотні проєкти в Україні підтверджують рентабельність автоматизації за 2–3 роки.

Висновки. Автоматизація МТА для транспортно-технологічних процесів, зокрема точного землеробства, є стратегічним напрямом для сільського господарства України. Інтеграція GNSS, сенсорів, ШІ, CAN-шин і PID-контролерів підвищує енергоефективність, знижує викиди CO₂, ерозію ґрунту та економить ресурси. Адаптація технологій до умов України сприятиме сталому розвитку аграрного сектору та машинобудування.

Література.

1. John Deere. Precision Ag Technology [Електронний ресурс] / John Deere. – Режим доступу: <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/>. – Дата звернення: 16.03.2025.
2. Carbon Robotics. LaserWeeder [Електронний ресурс] / Carbon Robotics. – Режим доступу: <https://carbonrobotics.com/>. – Дата звернення: 16.03.2025.

3. Precision Agriculture: Robotics and Automation in Farming [Электронный ресурс] / PrecisionAg. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/341874835_Precision_Agriculture_and_Robotics. – Дата звернення: 16.03.2025.

4. Robotics in Agriculture: Current Trends and Future Prospects [Электронный ресурс] / IEEE Xplore. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9876543>. – Дата звернення: 16.03.2025. – DOI: <https://doi.org/10.1109/AGROTECH.2023.9876543>.

5. Autonomous Farming: The Future of Agriculture [Электронный ресурс] / AgriTech Tomorrow. – Режим доступа: <https://www.agritechtomorrow.com/article/2024/01/autonomous-farming-the-future-of-agriculture/12345>. – Дата звернення: 16.03.2025.

6. Western Growers. Farm Robotics Mechanization Report [Электронный ресурс] / Western Growers Association. – Режим доступа: <https://www.wga.com/innovation/>. – Дата звернення: 16.03.2025.

7. Robotics in Agriculture [Электронный ресурс] / AgriTechTomorrow. – Режим доступа: <https://www.agritechtomorrow.com/category/robotics/>. – Дата звернення: 16.03.2025.

8. FarmWise. Intelligent Agricultural Robots [Электронный ресурс] / FarmWise. – Режим доступа: <https://farmwise.io/>. – Дата звернення: 16.03.2025.

9. Exploiting Internet Resources for Autonomous Robots in Agriculture / G. Carabin, F. Mazzetto // MDPI Agriculture. – 2023. – Vol. 13, № 5. – P. 1005. – URL: <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/5/1005>. – Дата звернення: 16.03.2025. – DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13051005>.

petriuk.phd@gmail.com

artyukh74@gmail.com

УДК 006-621.432:003

Румянцев В.Р., к.т.н., доц.,

Савінов В.П., асп.

Запорізький національний університет.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МАГНІТНИХ ПОЛІВ ПОСТІЙНИХ МАГНІТІВ НА РОБОТУ СИЛОВИХ УСТАНОВОК ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

***Анотація.** Витрати на утримання транспортного парку мають істотну частку в собівартості продукції, вдосконалення технологій що знижують вартість утримання транспортної техніки відіграє велике значення для суспільства в цілому, так само розробляючи нові технології у використанні палива не маловажне і зниження викидів в атмосферу продуктів горіння. Застосування магнітних полів постійних магнітів на різні види існуючого палива - один із способів поліпшення роботи двигунів внутрішнього згорання, при цьому спостерігаються такі зміни в роботі двигунів як зниження навантаження, зменшення часу і маси впорскування палива в камеру згорання, що тягне за собою зміну паливоповітряної суміші та покращує процес горіння та зниження викидів в атмосферу продуктів горіння.*

Для отримання максимально ефективної роботи двигунів слід правильно використовувати магнітні поля під час проходження палива через них. Створення вихрових потоків у магнітних системах призводить до зміни структури палива та його впорядкування, що надалі позитивно позначається на динаміці руху транспортних засобів.

Проблематика. Якість сучасного палива стоїть на низькому рівні через його величезну кількість споживання та постійне збільшення споживання, при цьому відбувається посилення вимог до викидів відпрацьованих газів екологічними службами.

Основні матеріали дослідження. Головні завдання досліджень в оптимізації використання палива полягають у зменшенні витрат палива, збільшенні моторесурсу двигунів внутрішнього згорання, збільшенні коефіцієнта корисної дії, зниженні викидів шкідливих речовин у природне

середовище. Паливо є багатоконпонентним продуктом що складаються з різних за масою та обсягом складових. Потрапляючи в камеру згорання, вони не повністю згорають, вуглеводні, що не повністю згоріли, потрапляють в атмосферу через вихлопну систему транспортних засобів.

Вихлопні гази містять вуглеводні, що не згоріли, сажові частинки, монооксид вуглецю та ін. Паливо може містити і містить механічні домішки у своєму складі забруднюючі його в процесі зберігання та транспортування, що викликає відкладення на внутрішніх частинах у камері згорання, абразивне зношування та порушення роботи двигуна.

Існує безліч механічних і хімічних способів впливу на паливо і роботу двигунів, один з таких способів - магнітна обробка палива в паливній магістралі перед упорскуванням в камеру згорання.

Перші офіційні згадки про використання магнітних полів для упорядкування структури палива зустрічаються з 1966 року. Піонером у цій галузі був Сабуро Міята Морія з Японії, чий патент США Letters US Patent No. 3.278.797, виданий 11 жовтня 1966 року під назвою APPARATUS FOR TREATING FLOWING FLUIDS, викладає теоретичну основу для пристроїв іонізації палива: «Згідно з теорією, запропонованою Дж. Д. ван дер Ваальсом, електрони, що обертаються навколо своїх ядер, мають диполі, які знаходяться в нейтральному стані. Однак на ці диполі можуть впливати магнітні та електричні сили, які, мабуть, викликають відхилення. Проста форма вуглеводневого палива – пентан, C_5H_{12} . Водень має клітинну структуру та має тенденцію до взаємодії з іншими елементами, не утворюючи інших сполук, але тимчасово утворюючи "псевдосполуки". Коли ці "псевдоз'єднання" піддаються впливу електричних і магнітних полів, відбувається виражена взаємодія з киснем, що призводить до кращого згорання»[1].

Багато дослідників та авторів патентів у дослідженні впливу магнітних полів на рідкі вуглеводні вказують на упорядкування структури палива, на зміну доменної структури та проводять дослідження на ідеальних потоках рідини (ламінарних потоках) при цьому фактичні результати, отримані при ходових випробуваннях транспортних засобів, досить низькі і цифри знаходяться на рівні

5-8% зниження витрати палива на автомобілях, при цьому збільшення потужності роботи мотора операторами не відчувається. [2]

Магнітна конструкція, зібрана авторами даної роботи, створює вихрові потоки під час проходження палива всередині системи. При цьому центробіжні і центростремительні сили, що виникають, створюють зміну будови молекул і з спільною роботою магнітних полів впливають на полімерні ланцюжки органічного палива збільшуючи кількість активних сторін молекул та одночасно вступають у процес окислення. [3;4]

Встановлено, що застосування даної магнітної системи при магнітній обробці різних видів палив дозволяє знизити витрати споживання палива на 20% і більше, при цьому навантаження на двигун автомобіля знижується на 15%, а потужність двигуна зростає на 15-20%, значно зменшується вміст монооксиду вуглецю у відпрацьованих газах.

Численні дослідження впливу магнітної обробки різних видів палив на показники зміни роботи двигунів внутрішнього згоряння показали позитивний ефект на експлуатаційні властивості. Максимальне поліпшення властивостей палива вдалося одержати під час обробки магнітним полем з величиною індукції 0,55-0,72 мТс. Тестові випробування проводилися на різних стендах заводу ВАТ "Мотор Січ", а також ходові випробування на автозаводі ПрАТ "ЗАЗ", де магнітна система була прийнята як робоча конструкція. [5]

Ходові випробування магнітної системи проходять протягом декількох років у різних кліматичних умовах і різних експлуатаційних навантаженнях як на наземних видах транспорту (легковий і вантажний) так і на повітряних.

На всіх видах силових установок магнітна система показує позитивні результати збільшення потужності двигуна, зниження навантаження та зменшення споживання палива оптимізацію кількості та складу викидів.

Висновки. Дослідження магнітних систем із застосуванням постійних магнітів призводить до позитивних фізичних результатів експлуатації двигунів внутрішнього згоряння. Найважливіший аспект - пошук математичної моделі та закономірностей якими можна описати властивості малих частинок, багато властивостей наночастинок істотно залежить від їх розміру.

Література:

1. Патент. Магнітний модифікатор іонів палива, US4568901A, США. Автор – Харлі Дж. Адам, 1984 р.

2. "Перспективи магнітної обробки вуглеводневих палив на автотранспорті". Погорлецький Д.С., аспірант; Малигін А.Б., м.н.с, Котило А.В., аспірант. Херсонська державна морська академія. Вісник Донецької академії автомобільного транспорту, №3, 2013. стр 58-66.

3. Савінов В.П. Пристрій для магнітної обробки рідкого вуглеводневого палива двигуна внутрішнього згорання. Патент № 146615 від 03.03.2021р.

4. Савінов В.П. Пристрій для магнітної обробки рідкого вуглеводневого палива. Патент № 154314 від 01.11.2023р.

5. Дайнега І.Л., Савінов В.П. Протокол випробувань №001.БДІ-023. ПАТ "ЗАЗ"; Порівняльні випробування автобуса ЗАЗ-А09А02D щодо витрат палива в стандартній комплектації та з магнітною системою КТМОТ "Капінус". Запоріжжя, 12.07.2023р.

ruvlad1164@gmail.com

savinov1940@gmail.com

УДК 629.424:620.9

Сумцов А.Л., к.т.н., доц.

Український державний університет залізничного транспорту

**ПРОЦЕДУРА ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ
ЛОКОМОТИВА**

***Анотація.** Робота присвячена проблематиці зростання енергоспоживання системами локомотивів у процесі їх розвитку. В роботі запропоновано процедуру визначення енергетичного балансу локомотива як інструменту для аналізу споживання енергії який охоплює всі системи локомотива, дозволяючи виявити фактичні режими їх роботи та визначити можливі шляхи підвищення енергоефективності.*

Проблематика. Розвиток локомотивів історично пов'язаний зі збільшенням складності їх вузлів та систем. Це пов'язано з розвитком різноманітних вимог до локомотивів (вимог безпеки, ефективності, ергономічності, економічності, екологічності і т.п.). Використання більш складних систем супроводжується збільшенням споживання потужності на функціонування допоміжного устаткування, яке безпосередньо не залучено в створення сили тяги. Тому при пошуку оптимальних рішень щодо експлуатації локомотивів є важливим визначення фактичних режимів функціонування та споживання енергії допоміжними системами з метою подальшої оптимізації.

Основні матеріали дослідження. Визначення розподілу та споживання енергії класично визначається при проведенні енергетичного аудиту шляхом визначення фактичного енергетичного балансу енергії. Такий підхід знайшов широке застосування при визначенні ефективності енергії в будівлях та виробничих процесах. Визначення енергетичного балансу дозволяє отримати дані по споживанню енергії протягом певного періоду та розподілу по напрямках (споживачах).

Для реалізації визначення енергетичного балансу локомотива має свої особливості в залежності від типу первинної енергії яка споживається, шляхів її перетворення та систем споживання. В результаті дослідження різних конструкцій локомотивів пропонується процедура визначення енергетичного балансу локомотива, яка складається з 4 етапів і має наступний вигляд:

Перший етап - Підготовка до визначення енергетичного балансу

Розпочинається зі збору технічної документації про локомотив та функціонування його систем. Визначаються напрямки розподілу енергії та можливі варіанти її обліку. На цьому етапі формуються рамки періоду аналізу.

Другий етап – Проведення натурних випробувань в експлуатації.

На основі досліджень конструкції локомотива та напрямків розподілу енергії проводиться встановлення обладнання з вимірювання споживання енергії в

ключових точках. На цьому етапі формується масив даних для подальшого аналізу.

Третій етап - Визначення прибуткової частини балансу.

Основна мета цього етапу визначення кількості енергії, що надійшла в систему. Визначення джерел енергії та облік енергії з кожного джерела. Окремо визначається кількість енергії витраченої на рекуперацію та накопичення енергії в накопичувачах.

Четвертий етап - Визначення витратної частини балансу локомотива.

До витратної частини балансу відносять всі витрати енергії спожиті системами локомотива. Зокрема витрати тягу, витрати на кожну допоміжну систему, а також аналіз енергетичних втрат. Втрати неминуче присутні при перетворенні енергії, при

П'ятий етап - Розрахунок енергетичного балансу.

В результаті проведених процедур та розрахунків на попередніх етапах проводиться остаточне визначення енергетичного балансу локомотива та уточнення втрат енергії. На цьому ж етапі визначається ефективність функціонування систем локомотива та виявляються проблемні напрямки споживання енергії. В результаті проведеного визначення можуть бути зроблені висновки та надані рекомендації щодо покращення споживання енергії на локомотиві.

Така процедура дозволяє повністю охопити всі системи локомотива і визначити фактичні режими їх функціонування. В більшості сучасних локомотивів широко застосовуються системи обліку споживання електричної енергії або рідкого палива в якості первинної енергії. Тому визначення прибуткової частини балансу не викликає складнощів. Основні складності в реалізації запропонованої процедури пов'язані з вимірюванням та розрахунком споживання енергії окремими системами, тобто визначення витратної частини балансу.

Висновки. Запропонована процедура включає підготовку, натурні вимірювання, визначення надходження та витрат енергії, а також розрахунок кінцевого енергетичного балансу. Це дає можливість виявити проблемні системи або ділянки, визначити втрати при перетворенні енергії та надати обґрунтовані рекомендації для підвищення енергоефективності функціонування локомотива. Процедура дозволяє реалізувати комплексний підхід забезпечує повний контроль над фактичним режимом функціонування всіх систем.

sal-hiit@i.ua

УДК 656.078

Тарасенко О. В., ст. викл.,

Качанська Д. А., студ.

Національний університет «Запорізька політехніка»

КІБЕРБЕЗПЕКА АВТОМАТИЗОВАНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У ПОРТОВИХ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМАХ УКРАЇНИ

***Анотація.** Автоматизовані транспортні засоби (AV) у портових логістичних системах підвищують ефективність перевезень, але їхня цифрова інфраструктура (V2X, хмарні платформи) вразлива до кіберзагроз. У роботі аналізуються ризики, методи захисту, перспективи впровадження та економічний ефект кібербезпеки AV в Україні, з фокусом на портові регіони. Новизна полягає в адаптації рішень до умов низької автоматизації, застарілої інфраструктури та вологого клімату портів. Очікується підвищення безпеки та економічної ефективності логістичних систем.*

Проблематика дослідження полягає у високій вразливості автоматизованих транспортних засобів у портових логістичних системах України до кіберзагроз через застарілу інфраструктуру, низький рівень автоматизації та вологий клімат. Відсутність нормативної бази та слабкий захист

зарядних станцій ускладнюють забезпечення безпеки, підвищуючи ризики аварій і економічних збитків.

Основний матеріал дослідження. Автоматизовані транспортні засоби (AV) трансформують портові логістичні системи, оптимізуючи переміщення вантажів і знижуючи залежність від людського фактору. У портах, таких як Одеський, AV (автономні вантажівки, логістичні платформи) можуть прискорити обробку контейнерів, але їхні технології V2X (Vehicle-to-Everything), штучний інтелект і хмарні платформи вразливі до кіберзагроз.

В Україні, де лише 1% транспорту має функції рівня 2+ за SAE, а 90% доріг потребують ремонту, кібербезпека AV у портових системах є критичною. Вологий клімат і корозія обладнання в Одеській області ускладнюють захист. Метою роботи є аналіз кіберзагроз для AV у портових логістичних системах, розробка методів захисту, оцінка перспектив впровадження та економічного ефекту їхньої реалізації в Україні.

Технологічні аспекти AV у портових системах

AV у портах використовують лідари, радары, камери та V2X для навігації в складних умовах (вузькі маршрути, вологість, піщані домішки). За стандартами SAE, рівень 2 (часткова автоматизація) застосовується в пілотних проєктах, наприклад, для вантажівок у портах Роттердама, тоді як рівень 4 (висока автономія) тестується в обмежених зонах. В Україні AV рівня 0–1 домінують через застарілу інфраструктуру та відсутність стандартів для V2X. Зарядні станції для електричних AV у портах Одеси мають слабкий захист, а корозія обладнання через вологість знижує надійність систем.

Основні кіберзагрози

1. Атаки на бортові системи AV:

- У 2015 році хакери зламали Jeep Cherokee через уразливість Uconnect, отримавши контроль над гальмами. У портах подібні атаки можуть зупинити вантажівку чи перенаправити її до зони зберігання, спричинивши затримки.

- Спуфінг GPS або LIDAR у вологих умовах (90% вологість в Одесі) може порушити навігацію, призводячи до зіткнень із кранами чи контейнерами.

2. Загрози для V2X-комунікацій:

- Підміна V2X-повідомлень може імітувати фальшиві сигнали шлагбаумів чи портових кранів. У 2022 році вразливість DSRC дозволила змінити дані на відстані 300 м, що загрожує логістиці.

- DDoS-атаки на портові системи (камери, світлофори, системи керування кранами) здатні паралізувати рух AV, затримуючи відвантаження на години.

3. Ризики для хмарних платформ:

- Злом дата-центрів (як у випадку Nissan 2023 року, де витекли дані 1,2 млн користувачів) може вивести з ладу управління AV у портах.

- Зарядні станції в портах України, часто незахищені від атак, є вразливою ланкою. Наприклад, у 2024 році атака на зарядну мережу в порту Чорноморська призвела до 2-годинного простою.

Кіберризики посилюються застарілою інфраструктурою, вологим кліматом і низькою цифровою готовністю портів України.

Методи забезпечення кібербезпеки

1. Шифрування та автентифікація:

- Асиметричне шифрування RSA-2048 для V2X захищає дані в умовах корозії обладнання. Протокол IEEE 1609.2, який застосовується в США, може бути адаптований для портів України. Наприклад, шифрування V2X-повідомлень між AV і кранами знижує ризик підміни на 95%.

- Блокчейн (Hyperledger Fabric) верифікує V2X-повідомлення, забезпечуючи цілісність даних у портових мережах.

2. Моніторинг і виявлення загроз:

- ШІ-системи, такі як Darktrace, аналізують аномалії в реальному часі, виявляючи атаки на V2X чи бортові системи. У портах Одеси ШІ може моніторити зарядні станції, скорочуючи час реакції на атаку до 10 секунд.

- Honeypot-системи приваблюють хакерів до фальшивих цілей, захищаючи критичну інфраструктуру портів.

3. Оновлення та тестування:

- OTA-оновлення (тобто Over-The-Air updates (оновлення "по повітрю"), тобто технологія бездротового оновлення програмного забезпечення автоматизованих транспортних засобів (AV) або їхніх компонентів через

Інтернет, без необхідності фізичного підключення до сервісного обладнання як у Tesla) усувають вразливості бортових систем у реальному часі.

- Тестування на проникнення V2X-протоколів у портових умовах (вологість, сіль) виявляє слабкі місця перед впровадженням AV.

Регулювання та стандарти

Міжнародний стандарт ISO/SAE 21434 визначає вимоги до кібербезпеки AV, включаючи захист V2X і аналіз ризиків. Директиви ЄС (Regulation 2019/2144) зобов'язують тестувати AV на кіберстійкість. В Україні відсутня нормативна база, що стримує впровадження AV у портах. Пропонується адаптувати ISO 21434, додавши вимоги до захисту застарілої інфраструктури та стійкості до вологості й корозії. Співпраця з міжнародними організаціями, такими як SAE, може прискорити розробку національних стандартів.

Перспективи впровадження AV та економічний ефект кіберзахисту в портах України

Впровадження AV у портах України, таких як Одеський чи Чорноморський, може збільшити пропускну здатність на 15–20% завдяки автоматизації вантажоперевезень. Наприклад, автономні вантажівки можуть скоротити час обробки контейнерів із 30 до 20 хвилин. Однак без кіберзахисту ризики атак загрожують збитками до 5 млн грн за інцидент (оцінка на основі атаки в порту Чорноморська 2024 року).

Економічний ефект кіберзахисту включає:

- **Зниження витрат на ліквідацію атак:** Шифрування та ШІ-моніторинг зменшують збитки на 60–70%, економлячи до 3 млн грн на рік для великого порту.

- **Підвищення ефективності логістики:** Захищені AV знижують простої на 10–15%, заощаджуючи до 500 тис. грн щомісяця на паливі та робочій силі.

- **Запобігання аваріям:** Кіберзахист знижує ризик аварій через атаки на 20%, що еквівалентно економії 1–2 млн грн на рік.

Перспективи включають створення пілотних зон для AV у портах Одеси (наприклад, для перевезення зерна), розгортання захищених V2X-мереж і модернізацію зарядних станцій із кіберзахистом. Міжнародна співпраця з ЄС

(проекти Horizon Europe) може залучити фінансування до 10 млн євро для цих ініціатив.

Наукова новизна та практична значущість

Новизна:

- Адаптація комбінованого кіберзахисту (шифрування, блокчейн, ШІ) для портових систем України з низькою автоматизацією та вологим кліматом.
- Аналіз кіберзагроз для АВ у контексті застарілої портової інфраструктури.

Значущість:

- Підвищення безпеки АВ, що сприятиме довірі до технологій у портах.
- Зменшення ризиків аварій через кібератаки (до 20% за оцінками SAE).
- Основа для національних стандартів кібербезпеки портового транспорту.

Висновки

Кібербезпека АВ у портових логістичних системах є ключовою для їхньої інтеграції в Україні. Застаріла інфраструктура, вологий клімат і низька цифрова готовність ускладнюють захист, але шифрування, блокчейн, ШІ-моніторинг і стандарти ISO 21434 мінімізують ризики. Впровадження АВ із кіберзахистом у портах Одеси підвищить ефективність логістики та заощадить мільйони гривень. Міжнародна співпраця прискорить адаптацію технологій, сприяючи безпечному розвитку автоматизованого транспорту.

Список використаних джерел

1. Хабутдінов Р.А. Теорія автомобільно-транспортної технології: монографія. – Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г.М., 2024. – 192 с.
2. SAE International. Automated vehicles and infrastructure enablers: cybersecurity [Електронний ресурс]. – SAE Technical Paper EPR2024018. – 2024. – Режим доступу: <https://www.sae.org/publications/technical-papers/content/epr2024018/>. – Дата звернення: 24.02.2025.
3. Лахно В.А., Грабарєв А.В. Підвищення кібербезпеки транспорту в умовах деструктивного впливу на інформаційно-комунікаційні системи [Електронний ресурс] // Neliti. – 2020. – Режим доступу:

<https://media.neliti.com/media/publications/306568-improving-the-transport-cyber-security-u-fd8e44a0.pdf>. – Дата звернення: 24.02.2025.

4. Miller C., Valasek C. Remote exploitation of an unaltered passenger vehicle [Електронний ресурс]. – Black Hat USA, 2015. – Режим доступу: <http://illmatics.com/Remote%20Car%20Hacking.pdf>. – Дата звернення: 04.04.2025.

5. Petit J., Shladover S.E. Potential cyberattacks on automated vehicles // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. – 2015. – Vol. 16, № 2. – P. 546-556. – DOI: <https://doi.org/10.1109/TITS.2014.2342271>.

6. Державне агентство відновлення та розвитку інфраструктури України. Звіт про стан автомобільних доріг України за 2023 рік [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://restoration.gov.ua/4489/zvity/59572/59573.pdf>. – Дата звернення: 04.04.2025.

7. ISO/SAE 21434:2021. Road vehicles – Cybersecurity engineering. – Geneva: International Organization for Standardization, 2021. – 50 p. – Режим доступу: <https://www.iso.org/standard/70918.html> – Дата звернення: 04.04.2025.

avt@zp.edu.ua
dasha.kachanskaya@gmail.com

УДК 629.4.064.

Луценко О.А., к.т.н.,
Кузьменко С.В., к.т.н., доц.,
Зарайська Я.М., студ.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

КОНСТРУКЦІЇ ХОЛОДИЛЬНОЇ КАМЕРИ ТЕПЛОВОЗА З ЗАСТОСУВАННЯМ ДІАМЕТРАЛЬНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Анотація. Structural diagrams of the refrigeration compartment of a locomotive with a diametrical fan are proposed.

На привід допоміжних механізмів (ДМ) тепловоза витрачається від 8 до 14% його номінальної потужності, причому зі збільшенням потужності збільшуються витрати на привід ДМ, що суттєво знижує ККД тепловоза загалом. Основним споживачем потужності ДМ є холодильна камера (ХК), саме вентиляторна установка, яка за даними різних джерел споживає до 8% від номінальної потужності тепловоза.

Існуюча конструкція холодильної камери, і її основні елементи не зазнавали істотної зміни та вдосконалення практично з моменту випуску перших серій тепловозів і в даний час ефективність роботи холодильної камери вже не задовольняє сучасні вимоги до економічної роботи транспортних засобів.

Одним із способів підвищення економічності роботи холодильної камери є вдосконалення вентиляторної установки. Використовувані в даний час у вітчизняному тепловозобудуванні вентиляторні установки на основі осьових вентиляторів серії УК-2 та УК-2М, маючи досить високий ККД (до 80%) на стенді, втрачають свої переваги в реальній аеродинамічній схемі холодильної камери та їх ККД падає до 55-57%.

Таким чином, слід зазначити, що для підвищення економічності роботи холодильної камери, найбільший ефект принесе повна заміна вентиляторів, що застосовуються в даний час, на абсолютно інший тип вентиляторів.

Враховуючи вищевикладене, розроблено схеми ХК у якій використовуються діаметральні вентилятори. Перевагою даного типу вентилятора у порівнянні з осьовими є великі значення тиску та продуктивності при даних значеннях окружної швидкості та діаметра вентиляторів.

До переваг досліджуваних аеродинамічних схеми ХК слід зарахувати таке:

- усунення вихрових зон, що утворюються в просторах між сусідніми осьовими вентиляторами вздовж фронту радіаторів (бо конструкція діаметрального вентилятора дозволяє його установку паралельно фронту панелей радіаторів будь-якої довжини);

- суттєво зменшується нерівномірність повітряного потоку по фронту панелей радіаторів (повністю усувається зона неефективної роботи фронту радіатора в середній його частині);
- зменшуються динамічні втрати з вихідною швидкістю;
- знижуються шумові показники роботи вентиляторної установки;
- зменшується ступінь підтискання повітряного потоку, що становить $n = 1,88$ для запропонованих схем (для тепловоза 2ТЕ116 – $n = 2,34$).

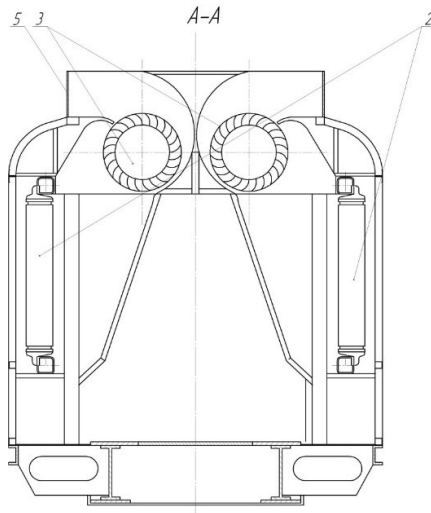


Рисунок 1 – Схема холодильної камери всмоктувального типу

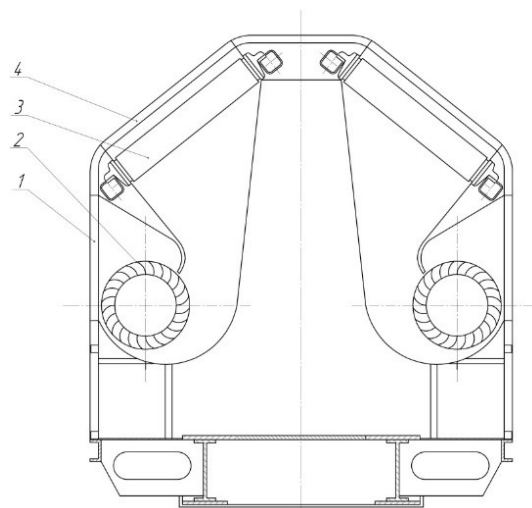


Рисунок 2 – Схема холодильної камери нагнітаючого типу.

Розроблено дві схеми встановлення діаметрального вентилятора:
схема всмоктувального типу (рис. 1);
схема нагнітаючого типу (рис.2).

lutsenko@snu.edu.ua

УДК 629.4

¹Торгашов В. Ю., асис., ¹Баб'як М. О., к.т.н., доц.,
²Недужа Л. О. к.т.н., доц., ²Гнатенко Т. П. студ.,
¹Довгань Б. К. студ.

¹Національний університет "Львівська політехніка"

²Український державний університет науки і технологій

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ КОЛЕКТОРА ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДВИГУНІВ ЛОКОМОТИВА ВІД ЕЛЕКТРИЧНОЇ ДУГИ

Annotation. The paper deals with the problem of electric arcing on the collector of a traction electric motor. A possible solution to the problem is proposed by introducing motor protection against electric arc. The principle of operation of the proposed protection is based on the fixation of light radiation inside the traction electric motor housing.

На залізницях України масово застосовуються локомотиви із електричною передачею з двигунами постійного струму. Особливістю їх конструкції, у порівнянні із асинхронними двигунами, є наявність колекторного вузла на якорі, який являє собою циліндр набраний з металевих, зазвичай мідних, пластин, які ізолювані одна від одної. До цих пластин підключаються обмотки і за допомогою щіток відбувається передача електричної енергії на рухомий якір та комутація необхідних у поточний момент часу обмоток якоря.

У колекторного вузла є один значний недолік – імовірність утворення електричної дуги при певних умовах. Такими умовами можуть стати

перевищення напруги, поганий контакт щітки із поверхнею колектора, зависання щітки у її направляючих та нерівності на поверхні колектора, які можуть викликати підстрибування щітки, що призведе до розрива контакту на певний час [1].

Від якості контакту між щіткою та колектором залежить надійність роботи електричного двигуна та його термін надійної експлуатації. Як відомо, електрична дуга складається із плазми нагрітої до температури вище 1000 градусів Цельсія. При контакті електричної дуги з колекторними пластинами відбувається плавлення та навіть випаровування міді, з якої складається пластина [2].

При чому тривалість процесу утворення електричної дуги прямо впливає на важкість подальшого ремонту колекторного вузла. При незначних пошкодженнях можливо проточити колектор на токарному верстаті і використовувати його далі. У разі значних пошкоджень, особливо, якщо відбулося пошкодження ізоляції між пластинами, може знадобитися заміна колектора, яка потребує розбирання якоря.

Захист двигунів від утворення електричної дуги дозволить спростити ремонт тягових електричних двигунів локомотивів та зменшити витрати на нього. Також підвищується загальна надійність локомотива.

Тому нами пропонується розробити та впровадити на локомотивах систему захисту від іскріння у тягових електричних двигунах.

Існує декілька способів виявлення електричної дуги в колі за виміром його електричних параметрів проте прямі виміри потребують дороговартісного обладнання через високу напругу, що подається на двигуни.

Нами пропонується використати властивість електричної дуги до утворення випромінювання. При чому у нормальній роботі всередині двигуна відсутнє світлове випромінювання через закритість його конструкції та знаходження під кузовом локомотива. Навіть в разі потрапляння невеликої кількості сонячного світла, у спектрі електричної дуги переважають хвилі довжиною близькою до

400 нанометрів, що дозволяє відфільтрувати зайве випромінювання світлофільтром.

Інтенсивність випромінювання фіксується датчиком після чого подається на обробку в програмований логічний контролер (ПЛК). ПЛК аналізує інтенсивність та час утворення електричної дуги і при перевищенні допустимих параметрів сигналізує локомотивній бригаді про наявність несправності. Також у разі ігнорування сигналізації через певний час відбувається розбирання схеми тяги, щоб захистити тяговий електричний двигун від пошкодження.

Впровадження такої системи на рухомому складі залізниць України дозволить:

- збільшити надійності роботи тягових електричних двигунів;
- зменшити витрати на ремонт тягових електричних двигунів, які були пошкоджені через виникнення електричної дуги на їх колекторі;
- запобігти простоям тягового рухомого складу через поломки;
- зменшити імовірність поломки поїзда під час роботи.

Література:

1. Д. В. Ципленков. Проєктування електричних машин : навч. посіб. / Д.В. Ципленков, О. Б Іванов, О. В. Бобров, В. В. Кузнецов, В. В. Артемчук, М.О. Баб'як // Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2020. – 408 с.

2. Juyub Lee. Experimental Study on the Electrical Performance of an Automotive Actuator DC Motor According to Brush Surface States / Juyub Lee, Sangmin Yun // International Journal of Automotive Technology, – 25, 13-21p. <https://doi.org/10.1007/s12239-024-00002-0>

viktor.y.torhashov@lpnu.ua

УДК 629.4

¹Торгашов В. Ю., асис., ¹Баб'як М. О., к.т.н, доц.,

²Недужа Л. О. к.т.н., доц., ¹Гашук А. В. студ.,

²Забіж І. О. студ.

¹Національний університет "Львівська політехніка"

²Український державний університет науки і технологій

УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ ВІД БОКСУВАННЯ НА ЕЛЕКТРОВОЗІ ВЛ11М

***Annotation.** The article presents a proposal for the development and implementation of an automated system for controlling the boxing of the VL11m locomotive. The main advantage of the proposed device is the use of standard industrial automation solutions, which ensures high reliability of the system.*

Через певну застарілість елементної бази, яка застосовується у схемі електровозів ВЛ11м у них існують певні недоліки, які можливо вирішити із застосуванням сучасних технологій. Нами пропонується можливе вирішення проблеми боксування коліс локомотива.

Процес боксування виникає коли дотична сила тяги локомотива перевищує силу зчеплення коліс із рейками і колесо починає проковзувати. Тобто не виконується умови закону руху [1].

Через тертя ковзання стираються поверхні бандажів та рейки, що негативно впливає на безпеку руху та довговічність елементів колії і локомотиву.

На теперішній час система захисту від боксування електровоза ВЛ11м використовує датчик ДБ-019, який вимірює різницю падіння напруг на двох двигунах одного візка. При перевищенні уставки, датчик посиляє сигнал на електропневматичні клапани КЕП4 та КЕП5, які відкривають доступ стисненого повітря у форсунки для подачі піску під колісні пари.

Після спрацювання датчика подається електричний сигнал на індикаторну лампу, яка сигналізує машиністу про те, що локомотив боксує.

Така система має такі основні недоліки:

- перевитрата піску через підсипання його навіть під колісні пари, що не боксують;
- низька чутливість системи до одночасного боксування двох колісних пар у одному візку;
- зниження економічних показників роботи;
- підвищене зношування поверхонь колеса та рейки;

Існують розробки для іноземних електровозів, які вирішують проблему боксування через вимір електричних параметрів двигунів, проте готові рішення є складними та спроектовані для електровозів із двигунами змінного струму і не підходять для електровозів, що експлуатуються в Україні [2].

Для вирішення цієї проблеми пропонується розробити автоматизовану систему контролю боксування на основі промислового програмованого логічного контролера (ПЛК), який буде відслідковувати частоту обертання колісних пар електровоза за допомогою спеціальних датчиків і по отриманим даним аналізувати швидкість обертання колісних пар локомотива і динаміку її наростання.

При виявленні надто швидкого наростання частоти обертання колісних пар або у випадку обертання не усіх колісних пар, система робить висновок про наявність боксування.

Виявивши боксування система подає сигнал машиністу і виконує підсіпку піску лише під необхідну колісну пару.

Описана вище система розробляється для локомотива ВЛ11м, який масово використовується на Львівській залізниці. Розроблену систему слід впровадити спочатку на одному дослідному електровозі для перевірки її ефективності та виявленні можливих недоліків.

Впровадження такої системи на тяговому рухомому складі дозволить:

- уникнути випадків, коли відбувається боксування, яке не помічає машиніст;
- зменшити зношення бандажів колісних пар завдяки усуненню надмірного підсипання абразивного піску на головку рейки;
- покращити умови експлуатації рейкового полотна;
- збільшити економічні показники роботи тягового рухомого складу за рахунок економії піску;
- підвищити рівень безпеки руху залізничного транспорту;
- збільшити надійність роботи модернізованих локомотивів.

Література:

1. Д. В. Бобирь. Теорія локомотивної тяги. Тягові розрахунки для маневрової роботи: навчальний посібник / Д. В. Бобирь, І. М. Білоконь, О. Б. Очкасов, В. Н. Сердюк; за ред. канд. техн. наук, доц. В. Н. Сердюка // УДУНТ; ННІ «Дніпров. ін-т інфраструктури і трансп.». – Дніпро, 2023. – 130 с. <https://doi.org/10.15802/978-966-2394-68-9>

2. Zirek, A. A novel anti-slip control approach for railway vehicles with traction based on adhesion estimation with swarm intelligence. / Zirek, A., Onat, A. // – Rail. Eng. Science, 2020 – 28(4), 346–364p. <https://doi.org/10.1007/s40534-020-00223-w>
viktor.y.torhashov@lpnu.ua

УДК 658.788

Хітров І.О. к.т.н., доц.

Національний університет водного господарства та природокористування

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСПОРТНІ СИСТЕМИ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ
БЕЗПЕКИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

***Annotation.** Розглянуто роль інтелектуальних транспортних систем (ІТС) у підвищенні рівня безпеки перевезень. Проаналізовано сучасні технології, що використовуються в ІТС,*

зокрема системи моніторингу дорожнього руху, автоматизовані засоби управління транспортними потоками, а також інформаційно-комунікаційні платформи взаємодії між учасниками дорожнього руху. Окрема увага приділяється функціональним можливостям ІТС щодо запобігання дорожньо-транспортним пригодам, оперативного реагування на надзвичайні ситуації та оптимізації маршрутів, транспортного перевізного процесу.

В умовах стрімкого зростання кількості транспортних засобів та ускладнення транспортної інфраструктури традиційні підходи до забезпечення безпеки перевезень виявляються недостатньо ефективними. Водночас розвиток інформаційно-комунікаційних технологій і штучного інтелекту відкриває нові можливості.

Інтелектуальні транспортні системи (ІТС) – це комплекс апаратно-програмних рішень та сервісів, що об'єднують транспортні засоби, дорожню інфраструктуру та користувачів (водіїв, пасажирів, операторів) за допомогою сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Метою ІТС є підвищення безпеки, ефективності та екологічності перевезень через автоматизований обмін даними в режимі реального часу, аналіз великих даних та прийняття інтелектуальних рішень для управління рухом.

Ключові ознаки ІТС полягають у реалізації зв'язку «транспортний засіб – транспортний засіб» і «транспортний засіб – інфраструктура» для обміну інформацією про стан дороги, швидкість, близькість інших учасників руху. Окрім того аналітика та технології штучного інтелекту дозволяють прогнозувати аварійні ситуації та оптимізувати маршрути. Надаються сервіси для користувача щодо системи попередження про небезпеку, керування трафіком, моніторинг стану водія, диспетчеризація перевезень. Водночас інтеграція з хмарними платформами та централізованими диспетчерськими центрами для обробки великих обсягів даних і прийняття рішень у реальному часі.

ІТС забезпечують безпеку перевезень, починаючи з динамічного попередження водіїв та пасажирів. Завдяки системам раннього виявлення небезпеки транспортні засоби постійно аналізують відстань до інших учасників руху та розмітку, попереджаючи про ризик зіткнення або ненавмисного виїзду з смуги звуковими чи візуальними сигналами; паралельно «розумні» дорожні

знаки й інформаційні табло в режимі реального часу інформують про зміни погодних умов, дорожні роботи або аварії попереду.

Для координації руху та оптимального управління трафіком ІТС об'єднують дані з дорожніх камер, датчиків і GPS у централізованих диспетчерських центрах, де в режимі реального часу регулюються світлофорні режими, коригуються маршрути та зменшуються затори й накопичення потоку; крім того, пріоритет спецтранспорту (швидка, пожежні) через комунікацію забезпечує звільнення смуг та мінімальне часове вікно для проїзду.

Особливу увагу в системах ІТС приділено захисту вразливих учасників руху, де водій отримує попередження про наближення пішохода або велосипедиста навіть за межами прямої видимості, а «розумні» пішохідні переходи з датчиками руху активуються при наближенні людей, роблячи перетин дороги безпечнішим.

Моніторинг стану водія є ще одним важливим елементом такої системи. Виявлення втоми та відволікання, які використовують слідкування за поглядом і аналіз керування кермом, сигналізують про необхідність перерви або навіть тимчасово обмежують швидкість, тоді як додаткові біометричні сенсори відстежують рівень стресу і сонливості водія.

Аналітика великих даних і прогнозування ризиків у ІТС ґрунтуються на збиранні телеметрії, відеопотоків із камер та метеосенсорів; алгоритми машинного навчання виявляють «гарячі точки» аварійності й оптимізують інфраструктурні заходи, а моделювання сценаріїв «що-якщо» дозволяє органам управління попередньо планувати превентивні заходи з метою зниження ризику ДТП.

Водночас, у разі дорожньо-транспортної пригоди ІТС інтегруються з аварійно-рятувальними службами: система автоматично надсилає сигнал на служби порятунку з точними координатами, даними про силу удару та кількість постраждалих, що суттєво скорочує час прибуття допомоги; автоматично відправляє SOS-повідомлення іншим учасникам дорожнього руху.

Такі системи мають суттєвий вплив на організацію перевезень вантажів і пасажирів, забезпечуючи ефективне управління логістичними процесами,

підвищення безпеки, точності та передбачуваності доставки. Вони дозволяють динамічно коригувати маршрути з урахуванням дорожньої обстановки, погодних умов, заторів і аварій, що зменшує затримки й оптимізує час у дорозі.

У вантажних перевезеннях ІТС забезпечують точний контроль за рухом транспорту, станом вантажу (через температурні, вібраційні або відкриття контейнера сенсори), а також сприяють запобіганню крадіжкам і несанкціонованим зупинкам. Для пасажирських перевезень системи дають можливість оперативно інформувати користувачів про розклад, затримки або зміни маршрутів, а також інтегрують електронні квитки, системи бронювання та безконтактну оплату, покращуючи зручність користування транспортом.

Крім того, ІТС дозволяють здійснювати автоматизовану диспетчеризацію парку транспортних засобів, планування рейсів з урахуванням навантаження, попиту та сезонних коливань, що сприяє економії ресурсів, зниженню витрат і підвищенню рівня сервісу. Загалом впровадження ІТС трансформуює перевезення у більш безпечну, ефективну та клієнтоорієнтовану систему.

Таким чином, ІТС забезпечують комплексну, багаторівневу стратегію безпеки.

i.o.khitrov@nuwm.edu.ua

УДК 629.92

Фомін О.В. д.т.н., проф.,

Козинка О.С., асп.

Державний університет інфраструктури та технологій, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛАСТОМЕРІВ ЯК АНТИВІБРАЦІЙНОГО ТА ЗАХІСНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ НЕСІВНИХ КОНСТРУКЦІЙ В РУХОМОМУ СКЛАДІ

***Анотація.** У роботі розглядається застосування еластомерних матеріалів як ефективного засобу антивібраційного та захисного покриття для елементів несівних*

конструкцій у рухомому складі залізничного транспорту. Встановлено, що вплив динамічних навантажень, вібрацій і агресивних середовищ значно скорочує експлуатаційний ресурс металевих вузлів. Еластомери, завдяки своїм фізико-механічним властивостям – еластичності, стійкості до зношування, корозії та вібрацій – здатні значно покращити надійність та довговічність конструкцій.

Проблематика дослідження. Несівні конструкції рухомого складу, зокрема ті, що зазнають постійних вібраційних і ударних навантажень, мають обмежений ресурс через швидке зношення, корозійне руйнування та втому матеріалу. Систематичне механічне навантаження спричиняє утворення мікротріщин, зменшення структурної міцності та зростання рівня шуму під час експлуатації. Традиційні методи захисту – такі як фарбування чи металеве покриття – не забезпечують достатнього рівня амортизації та довготривалого захисту від агресивних впливів. Існує потреба у впровадженні нових рішень, які б забезпечили підвищену зносостійкість, зниження вібраційних навантажень і продовження життєвого циклу конструкцій. Еластомери розглядаються як перспективна альтернатива, однак їх ефективність у специфічних умовах рухомого складу потребує глибокого дослідження та техніко-економічного обґрунтування.

Основні матеріали. Еластомери – це полімерні матеріали з високою еластичністю, здатні повертатися до початкової форми після деформації. Вони добре поглинають механічні удари, вібрації та зменшують знос металевих елементів.

Застосування еластомерів у вантажних вагонах:

- Антивібраційні вставки: встановлюються між деталями шасі та кузова вагона, зменшуючи передачу вібрацій від рейок на конструкцію вагона.
- Захисні покриття кузова: еластомери наносяться на внутрішні поверхні кузова, що захищає від абразивного зношування при перевезенні сипких вантажів (руда, вугілля тощо).

– Гідроізоляція та антикорозія: еластомерні покриття стійкі до впливу вологи, хімікатів та перепадів температур, що знижує ризик корозії.

Переваги використання:

– Подовження життєвого циклу: зниження зношування конструктивних елементів вагона.

– Зменшення витрат на ремонт: менше потреби у заміні або ремонті через механічні пошкодження.

– Підвищення безпеки експлуатації: покращення динаміки руху та зниження вібрацій.

– Підвищення шумопоглинання: зменшення рівня шуму при експлуатації вагона.

Приклади матеріалів: Поліуретан, етилен-пропілен-дієн-мономер (EPDM), силікони, нітрильні каучуки (NBR).

Розглянемо такий сучасний матеріал, як рідка гума. Рідка гума – це сучасний еластомерний матеріал, що застосовується як безшовне покриття для гідроізоляції та антикорозійного захисту металевих і бетонних поверхонь. Вона наноситься у рідкому або пастоподібному стані за допомогою розпилення, валика або шпателя, після чого полімеризується і утворює міцну, еластичну, герметичну мембрану.

Основні властивості:

– Еластичність: витримує розтягнення до 800%, не втрачаючи герметичності.

– Механічна міцність: стійка до ударів, вібрацій та абразивного зношування.

– Хімічна стійкість: захищає від дії кислот, лугів, солей, ПММ.

– Температурна стійкість: зберігає властивості в діапазоні від -50°C до $+120^{\circ}\text{C}$.

– Безшовна структура: усуває ризик протікань по стиках чи з'єднаннях.

Висновки. Проведений аналіз засвідчує доцільність застосування еластомерів як ефективного засобу антивібраційного та захисного покриття для

насівних конструкцій рухомого складу. Властивості еластомерів, зокрема їх здатність поглинати механічну енергію, опір до зношування, стійкість до корозійного впливу та агресивного середовища, дають змогу суттєво знизити рівень вібрацій і підвищити експлуатаційну надійність деталей. Це сприяє продовженню життєвого циклу конструкцій, зменшенню частоти обслуговування та ремонту, а також економії ресурсів. Подальші дослідження у напрямку оптимізації складу еластомерів та вдосконалення технологій нанесення покриттів є перспективними і необхідними для впровадження в промислових масштабах.

Література:

1. Білик О.В., Козир С.В. Еластомери в транспортному машинобудуванні. — Київ: НТУУ «КПІ», 2020. — 132 с.
2. Петров І.М., Сидоренко А.П. Захист металевих конструкцій від вібрацій та корозії. — Харків: ХНАДУ, 2018. — 148 с.
3. Жуковський В.О., Терещенко Л.С. Довговічність деталей рухомого складу: матеріалознавчі аспекти. — Львів: Видавництво ЛНТУ, 2019. — 224 с.
4. Krolczyk, G. M., Legutko, S., & Hloch, S. (2014). Influence of elastomeric coatings on mechanical vibration damping in machine components. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 28(11), 4563–4570.
5. Fang, H., Wu, D., & Zhao, Y. (2021). Development and application of rubber materials for vibration and shock isolation in transportation. *Materials Today Communications*, 26, 101825.
6. 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>
7. 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>

8. 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

УДК 62-597.6

Черкашин І.А., студ.,

Шевченко С.І., к.т.н., доц.,

Полупан Є.В., к.т.н., доц.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Україна

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ВУГЛЕЦЬ-ВУГЛЕЦЕВИХ КОМПОЗИТНИХ ФРИКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ГАЛЬМІВНИХ ПРИСТРОЇВ АВТОМОБІЛІВ

***Анотація.** Представлено результати досліджень впливу основних параметрів процесу гальмування, на характер і величину коефіцієнта тертя нових вуглець-вуглецевих композитних фрикційних матеріалів.*

***Ключові слова:** вуглець-вуглецевий фрикційний матеріал, гальмівний пристрій, коефіцієнт тертя, піровуглецева матриця.*

Вступ. Безпека руху автомобілів значною мірою визначається ефективністю дії гальмівних пристроїв. Проблема тертя та зношування надзвичайно різноманітна та складна, особливо якщо тертя відбувається за високих температур. Це призводить до необхідності дослідження наявних і розроблення перспективних фрикційних матеріалів, які забезпечують стабільний коефіцієнт тертя за високих температур [1].

Мета даної роботи полягає в підвищенні ефективності гальмування автотранспортних засобів шляхом розроблення та застосування нових фрикційних матеріалів на основі вуглець-вуглецевих (С-С) композитів з піровуглецевою матрицею та дослідженні їхніх триботехнічних характеристик.

Аналіз останніх досліджень. Якість гальмівних пристроїв у сучасних автомобілях, здебільшого, визначається конструктивним виконанням вузла тертя та оптимальним поєднанням матеріалів фрикційної пари. До фрикційних матеріалів гальмівних пристроїв автомобілів висувається досить великий перелік вимог до величини гальмівного шляху, часу гальмування і уповільнення. Однак, практика експлуатації автомобілів свідчить про недостатню ефективність роботи гальмівних пристроїв, так, зокрема, за підвищення температури в зоні контакту значно знижується коефіцієнт тертя, що може призвести до тяжких наслідків або аварій. Одним із напрямів підвищення ефективності гальмування на автотранспорті є застосування фрикційних С-С композитів, що дозволяють стабілізувати коефіцієнт тертя.

Матеріали та результати дослідження. Найбільш перспективними фрикційними матеріалами, з точки зору ефективності гальмування, є С-С композити. Було розроблено компонентні склади модифікованих фрикційних С-С композитів нового покоління з піровуглецевою матрицею.

Для виготовлення нових фрикційних матеріалів використано газофазну установку [2]. Вона має систему водоохолодження, систему забезпечення природним газом, систему автоматичного контролю та управління процесом ущільнення. Також, установка має систему відкачування реакційних камер на вакуум до 10^{-2} - 10^{-3} мм рт. ст. Під час ущільнення піровуглецем можна використовувати зріджені вуглеводні в балонах, наприклад, пропано-бутанові суміші. Процеси ущільнення можна проводити за атмосферного або надлишкового тиску вуглеводнів і за низьких, до 5-10 мм рт. ст., тисків. Установка дає змогу реалізовувати не тільки термоградієнтні, а й ізотермічні

методи газофазного ущільнення, проводити отжиг зразків і виробів за температур до 3000 °С і вище у вакуумі або в інертних газах.

Для виготовлення нових композиційних матеріалів на основі вуглець-вуглецю для фрикційних накладок гальмівних пристроїв автомобілів використовували два основні методи формування 2D преформ - намотування вуглецевої тканини на оправку-нагрівач («тканенамоточна структура») та шарове викладення тканини у форми («тканевикладена структура армування»). За всієї своєї простоти такі структури мають достатні характеристики міцності, як у напрямку перпендикулярно до шарів тканини, так і вздовж них. У таблиці 1 наведено результати дослідження межі міцності під час стискання для С-С композитів тканевикладеної структури армування на основі вуглецевої тканини [3]. На матеріалі досліджено межу міцності під час стискання в напрямку, як уздовж шарів, так і впоперек. Як видно з наведеної таблиці, істотної різниці в міцності матеріалів уздовж і впоперек шарів не спостерігається. На наш погляд, такі структури можуть бути успішно застосовані в гальмівних системах різного призначення.

Таблиця 1 – Характеристики міцності С-С композитів

№	Маса, г	Довжина, мм	Діаметр, мм	Деструктивне навантаження, кг	Міцність, МПа	Щільність, г/см ³
Паралельно до шарів тканини						
1	1,19145	9,90	9,90	1510	192,32	1,56
2	1,1948	10,00	9,95	1480	186,61	1,54
3	1,20865	9,95	9,90	1300	165,57	1,58
Перпендикулярно до шарів тканини						
1	1,1912	9,95	9,90	1640	208,87	1,56
2	1,18095	9,95	9,90	1380	175,76	1,54
3	1,2105	9,90	9,90	1610	205,05	1,59

Експериментальні дослідження процесу гальмування з використанням С-С композитів проводилися на лабораторному стенді. Дослідження проводилися, виходячи із сукупності ефективності повторних гальмувань (FADE), де на першому етапі імітується рух автомобіля гірським серпантином. Випробування складається з двох однакових циклів, між якими колодки з фрикційними матеріалами охолоджуються до початкової температури (менше ніж 50°C). Гальмівне зусилля підтримується рівним 5 МПа, початкова швидкість гальмування 100 км/год, кінцева швидкість 50 км/год. Гальмування проводяться з інтервалом 45 секунд, вимірюються уповільнення і температура в зоні контакту фрикційного матеріалу в кінці кожного циклу.

Отримані під час експериментів результати свідчать про зниження теплової навантаженості пари тертя завдяки збільшенню теплопровідності та тепловіддачі С-С композитів, у порівнянні з серійними матеріалами. Під час дослідження впливу температури поверхонь тертя на зміну коефіцієнта тертя для нових і серійних фрикційних матеріалів було отримано залежності, представлені на (мал. 1-4) у вигляді полів ймовірних значень, які містять між верхніми і нижніми граничними кривими 99.9% фактичних даних за результатами випробувань. При цьому залежності середніх значень прийняті як апроксимація за математичними очікуваннями окремих розподілів випадкової величини коефіцієнта тертя за фіксованих значень температури.

Аналіз результатів випробувань показав, що випробувані в однакових умовах три модифіковані накладки АО+РyС, що мають однакові параметри за щільністю та пористістю і вирізані з однієї й тієї самої заготовки, поведуться по-різному (рис. 2).

Під час розгляду фрикційних властивостей серійних (рис. 1) і С-С композитів (рис. 2-4) можна відзначити, що у більшості серійних матеріалів під час нагрівання спостерігається незначне зростання коефіцієнта тертя, а потім різке зниження. При цьому, практично відсутній період стабілізації. У поліпшених С-С композитів (УТ22-В, УТ22-АО, УТ22-ВCL рис. 2)

спостерігається постійне зростання коефіцієнта тертя з 0,35-0,45 до 0,52-0,6 під час нагрівання зони контакту. При цьому, у матеріалі УТ22-В спостерігається досить великий період стабілізації коефіцієнта тертя в діапазоні температур 180-420°C і потім, можливо, повільне зниження. Очевидно, що нові матеріали значно перевершують серійні, як за величиною реалізованого коефіцієнта тертя, так і за термостійкістю і зносостійкістю. Висока стійкість нових матеріалів до впливу температури в контактній зоні та збереження водночас високого коефіцієнта тертя (близько 0,5 у діапазоні температур 100-500°C) дає змогу рекомендувати їх до використання в машинах і механізмах із важкими режимами експлуатації. Крім того, використання нового матеріалу дає змогу підвищити безпеку експлуатації автомобілів у випадках екстреного (аварійного) гальмування.

Особливий інтерес становлять результати випробувань С-С композитів з абразивним наповнювачем у вигляді дрібнодисперсного бору аморфного [2], у цьому разі фрикційний матеріал забезпечує не тільки високий коефіцієнт тертя на рівні 0.45 за температури 15...20°C, але і стабільність значень у діапазоні зміни температури поверхні тертя до 500°C. Зазначена температура (500°C) обмежена тільки технічними можливостями використаної експериментальної установки.

З метою уточнення та підвищення ступеня достовірності результатів за визначенням залежності коефіцієнта тертя від температури контактної поверхні тертя, були проведені статистичні експериментальні дослідження для двох типів фрикційних матеріалів, що є найперспективнішими для використання у важко навантажених гальмівних пристроях, - з модифікаторами у вигляді дрібнозернистого карбіду бору та бору аморфного.

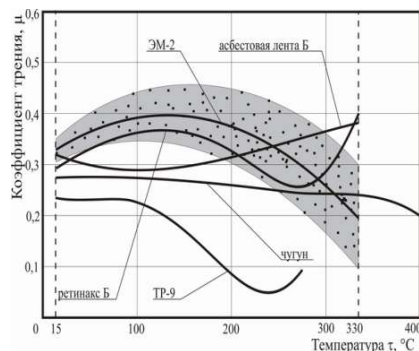


Рис. 1 – Характер зміни коефіцієнта тертя залежно від температури поверхні тертя для найпоширеніших матеріалів

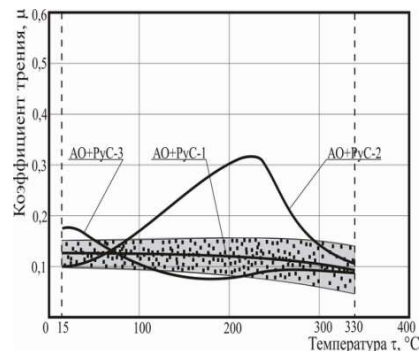


Рис. 2 – Характер зміни коефіцієнта тертя залежно від температури поверхонь тертя для азбесто-вуглецевих матеріалів

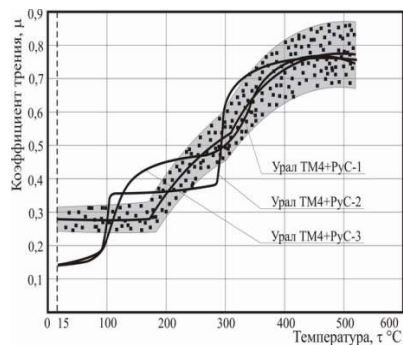


Рис. 3 – Характер зміни коефіцієнта тертя залежно від температури поверхонь тертя для С-С композитів

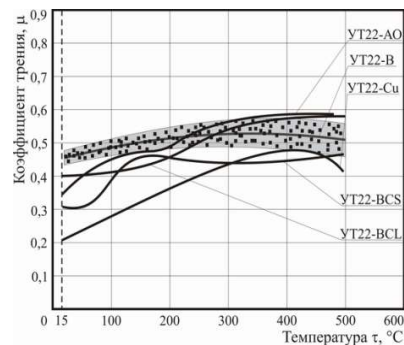


Рис. 4 – Характер зміни коефіцієнта тертя залежно від температури поверхонь тертя для поліпшених С-С композитів

Результати статистичного опрацювання рядів розподілу коефіцієнта тертя для модифікованих С-С композитів при сталій температурі поверхні тертя в межах 100, ..., 500°C показані на рисунку 5.

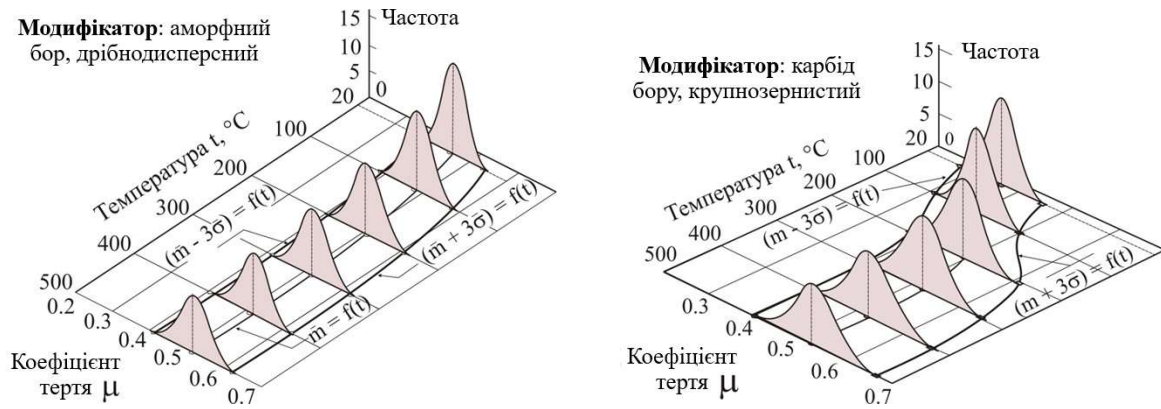


Рис. 5 – Розподіл коефіцієнта тертя для модифікованих С-С композитів.

Як випливає з отриманих результатів для модифікованих карбідом бору С-С композитів стабілізація коефіцієнта тертя спостерігається за нагрівання контактної поверхні до температури понад 200°C і на досить високому рівні - від 0.39 до 0.65, за середнього значення 0.51. Нестабільність коефіцієнта тертя в діапазоні температур 20...200°C зумовлена внаслідок неоднорідності модифікатора за фракційним складом.

Як випливає з результатів випробувань С-С композитів, які були модифіковані дрібнодисперсним порошком аморфного бору, величина коефіцієнта тертя за початкової температури 20°C становить 0.451 і змінюється в межах від 0.366 до 0.536.

З наведеного можна зробити висновок про те, що модифіковані аморфним бором С-С композити мають достатній за величиною коефіцієнт тертя і можуть бути використані як фрикційний матеріал для гальмівних пристроїв, як легкових автомобілів, так і вантажного рухомого складу.

Особливо важливим є стабілізація коефіцієнта тертя в широкому діапазоні температур 20...500°C, на доволі високому рівні 0.51.

Ресурсні порівняльні випробування на зносостійкість різних фрикційних матеріалів (рис. 6) показали, що нові С-С колодки значно перевершують поширені серійні матеріали (ФАПМ), які мають зношеність контактної поверхні, що в 6...9 разів вища.

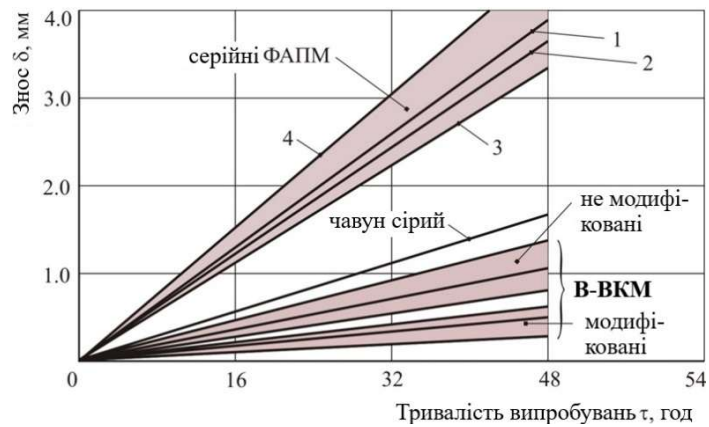


Рис. 6 – Зносостійкість різних фрикційних матеріалів.

Висновок. Розроблені С-С композити Урал-ТМ4+РyС і УТ22-В на основі вуглецевої матриці, зміцнені вуглецевими волокнами, істотно перевершують серійні матеріали, як за величиною коефіцієнта тертя, що реалізується, термостійкістю, так і за зносостійкістю.

Особливо високою зносостійкістю відрізняються модифіковані С-С колодки, при цьому в процесі випробувань контактна поверхня контртіла не мала будь-яких механічних пошкоджень.

При температурі від 100 до 500°C у контактній зоні поверхонь, що труться, коефіцієнт тертя стабілізується на рівні 0,5, а потім відзначається тенденція до повільного зниження. Усталена температура поверхонь тертя гальмівного пристрою з С-С композитним фрикційним матеріалом виявляється в середньому на 30-50°C нижчою, ніж у гальма серійного виконання, що свідчить про більш сприятливий тепловий режим роботи фрикційних елементів.

Порівняльний аналіз фрикційних характеристик різних матеріалів фірми «BECORIT» і модифікованих С-С колодок, який засвідчив, що модифіковані С-С колодки не поступаються за своїми технічними характеристиками кращим зразкам сучасних фрикційних матеріалів, а за здатністю витримувати високу температуру і водночас забезпечувати достатній і стабільний рівень коефіцієнта тертя перевершують зарубіжні аналоги.

Підвищення ефективності гальмування шляхом застосування розроблених фрикційних матеріалів дає змогу не тільки підвищити безпеку руху, а й забезпечити мінімізацію гальмівного шляху та часу гальмування, а також істотно підвищить продуктивність гальмівних пристроїв.

Література:

1. Шевченко С. Дослідження вуглець-вуглецевих композитних фрикційних матеріалів / С. Шевченко, Д. К. Лих // Молодіжна наука: виклики та перспективи: [Електронний ресурс]: Матеріали IV Всеросійської науково-практичної конференції/ - Самара: СамДТУ, 2021. - 1 електрон.опт. диск (CD-R). - С. 286-291.

2. Гурін В.А., І.В. Гурін, С.Г. Фурсов. Дослідження газофазного ущільнення піровуглецем пористих середовищ методом радіально рухомої зони піролізу // ВАНТ, серія ФРП і РМ. - 1999. - №76. - С.32-45.

3. Гурін В.А., В.Ф. Зеленський. Газофазні методи отримання вуглецевих і вуглець-вуглецевих матеріалів // ВАНТ, серія ФРП і РМ. - 1999. - №76. - С.13-31.

schevschenko@ukr.net

iiscienceii@gmail.com

УДК 629.11.01

Кузьменко С.В., к. т. н., доц.,

Черкашин О.П., асп.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКОВОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ КОТЛА
ВАГОНА-ЦИСТЕРНИ**

Найбільш суттєвим під час вирішення питання продовження терміну служби вантажного вагона є його фактичний технічний стан, який визначається

під час проведення процедури технічного діагностування. Відомо, що суттєвою проблемою збільшення ресурсу вагонів-цистерн для перевезення хімічних вантажів є високий рівень зносу котла. В першу чергу це пов'язано з явищами, які виникають внаслідок взаємодії внутрішньої поверхні котла з хімічними корозійно-активними вантажами. При цьому технічний стан котла [1-4] відіграє важливу роль у процесі подальшої служби вагон-цистерни, від чого залежить обсяг проведення капітально-відновлювального ремонту та безпека експлуатації. Одним з важливих питань для вирішення задачі з можливості експлуатації вагонів-цистерн в умовах визначення призначеного терміну служби є необхідність розробки і застосування комплексної методики з оцінки остаточного ресурсу роботи вагонів-цистерн при впливі дії корозії. При цьому перед фахівцями, дослідниками та науковцями постає особливе завдання – оцінити міцність конструкції котла при змінах його геометрії та визначити місця виникнення понаднормативних напружень.

Створена розрахункова модель котла вагона-цистерни в сучасному програмному обчислювальному середовищі, в натуральну величину (рисунок 1).

При цьому враховано вище наведені технічні характеристики та вимоги до її конструкції. В якості матеріалу обрана сталь 09Г2Д. З урахуванням особливостей поставленої задачі завантажувальний люк був не врахований в моделі котла вагона-цистерни. Закріплення розрахункової моделі відбувається зонні обпирання на шкворневі вузли, що наведено нижче.

На другому етапі відбувалось настроювання адекватності розробленої розрахункової моделі за рахунок співставлення теоретично (математичним шляхом, на основі метода моментної теорії оболонок) отриманих значень напружень в контрольних точках котла вагона-цистерни з визначеними комп'ютерним моделюванням. А саме взяті значення в контрольних локаціях днищ та обичайок.



Рисунок 1– Розрахункова комп'ютерна модель котла вагона-цистерни

На основі проведеного налаштування з'ясовано, що адекватна розрахункова модель буде мати нижче представлені оптимальні показники скінчено-елементної сітки. Кількість елементів сітки склала 10182768, вузлів – 18655084. Максимальний розмір елементу сітки дорівнює 11 мм, мінімальний – 0,55 мм, максимальне співвідношення боків елементів – 41,031 відсоток елементів з співвідношенням боків менше трьох – 99,3, більше десяти – 0,0215.

Скінчено-елементну модель [3-6] котла вагона-цистерни наведено на рисунку 5.

Під час створення розрахункової скінчено-елементної моделі котла вагона-цистерни враховано наступні основні вимоги до його конструкції. Якість зварних з'єднань котлів вагонів-цистерн, що працюють під надмірним тиском понад 0.07 МПа, слід випробовувати відповідно до діючих вимог. Котел повинен складатися з обичайки, двох днищ, люка-лазу, бонки для установки запобіжно-впускного клапана, зливного приладу. Матеріал, що застосовується для виготовлення основних елементів котла – відповідно до діючих нормативних документів.

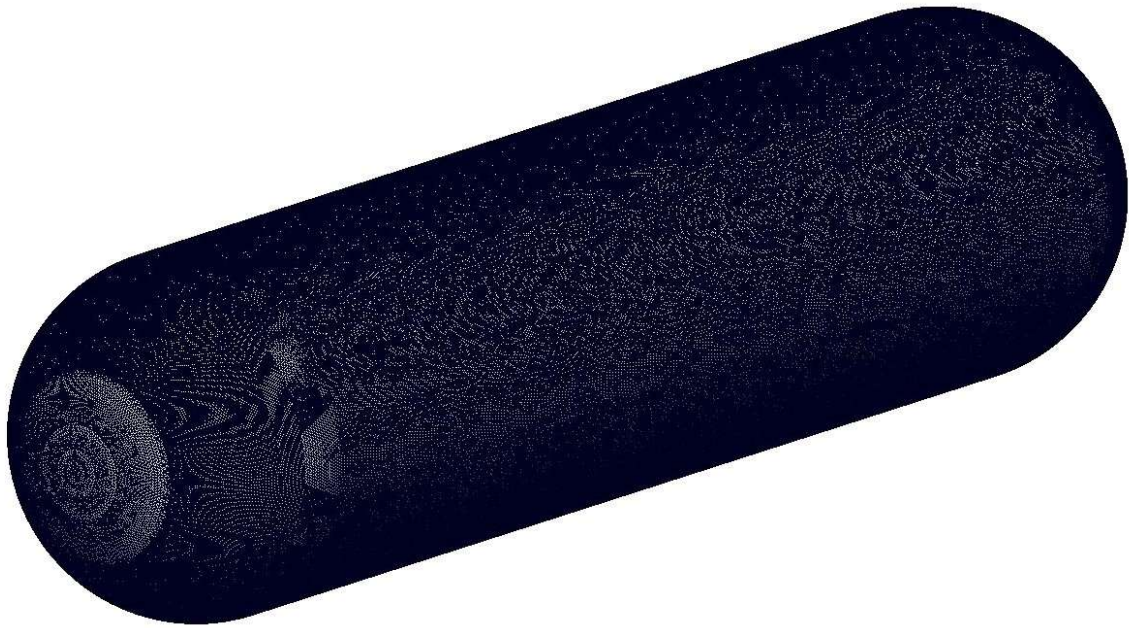


Рисунок 2 – Рахункова скінчено-елементна модель котла вагона-цистерни

Відхилення внутрішнього діаметра днища котла вагона-цистерни від номінального має бути в межах допуску ± 6 мм. На поверхні котла вагона-цистерни не допускаються забоїни, подряпини та інші дефекти (вищербини, раковини тощо), якщо їх глибина перевищує мінусові граничні відхилення, передбачені відповідними стандартами або технічними умовами на поставку металу. Відхилення від прямолінійності твірної котла вагона-цистерни не повинно перевищувати 2 мм на 1 м довжини, але не більше 20 мм на всій довжині обичайки без урахування місцевого відхилення від прямолінійності в зварних швах. На корпусі котла вагона-цистерни допускаються місцеві вм'ятини і випучини висотою не більше 5 мм на 1 м довжини, але не більше 2 одиниці на кожний бік обичайки. У стикових зварних швах котла вагона-цистерни допускається спільне відведення кромки (всередину і назовні) в межах 10% товщини листа плюс 3 мм, але не більше 5 мм, при цьому відведення кромки в поздовжніх швах визначається за шаблоном, довжина якого (по хорді) дорівнює $1/3$ радіуса обичайки. Незграбність кільцевих швів визначається лінійкою довжиною 300 мм. Поздовжні зварні шви суміжних обичайок і зварні шви днищ повинні бути зміщені відносно один одного на величину не менше 100 мм.

Основні розміри днищ котла вагона-цистерни повинні відповідати діючим нормативним документам, при цьому, зменшення товщини листів в днищах після штампування не повинно перевищувати 15% від номінальної товщини листа.

Література:

1. Терещук А.О., Щербина Ю.В. «Визначення напружено-деформованого стану циліндричної частини котла вагон-цистерни при зміні її товщини з використанням напівбезмоментної теорії оболонок» II Всеукраїнська науково-практична конференція «Виклики та перспективи розвитку транспортної інфраструктури України» 3-5 квітня 2024 р., м. Київ, с. 686-687.

2. Терещук А.О., Щербина Ю.В. «Огляд причин виникнення корозійних дефектів внутрішньої поверхні котла вагон-цистерни та можливі шляхи їх усунення». Науково-практична конференція здобувачів вищої освіти та молодих учених «ЛОГІСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ТА БЕЗПЕКА РУХУ НА ТРАНСПОРТІ» СНУ ім. В.Даля. Збірник наукових праць науково-практичної конф., 1 лютого 2024 р., м. Київ, с. 76-79.

3. Терещук А.О., Щербина Ю.В. Дослідження втомної міцності котла вагон-цистерни при виникненні корозії. II Міжнародна науково-практична конференція здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців «Сучасні дослідження: транспортна інфраструктура та інноваційні технології» (29-30 листопада, 2023). м. Київ, 2023. с. 316-320.

4. Хімічні основи корозії конструкційних матеріалів /С.І. Козак, М.Г. Котур, М.В. Никипанчук, В.В. Григоращ. – Львів: Ліга-Прес, 2001. – 240с.

5. Щербина Ю.В., Терещук А.О. «Визначення втомної міцності котла вагон-цистерни з вичерпаним терміном служби з урахуванням корозійного зносу». Наукові вісті Дніпровського університету №25 2023р. <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2023-25>

6. Щодо питання технічного діагностування вагонів-цистерн для перевезення небезпечних вантажів / Шушмарченко В.О., Федоров В.В.,

Стринжа А.М., Федосов-Ніконов Д.В. // Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад» ДП «УкрНДІВ». – 2020. – Вип. 20. – С. 89-95.

7. Anwo, A.B., Ajanaku, K.O., Fayomi, O.S.I., and Olanrewaju, A., (2019), December. Efficacy of Corrosion phenomena, challenges and control in steel industry: An overview. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 1378, No. 3, p. 032055). IOP Publishing.

8. Arthur, D. E., Jonathan, A., Ameh, P. O., & Anya, C. (2013). A review on the assessment of polymeric materials used as corrosion inhibitor of metals and alloys. International Journal of Industrial Chemistry, 4, 1-9.

9. Eliaz, N. (2019). Corrosion of metallic biomaterials: A review. Materials, 12(3), 407.

kuzmenko@snu.edu.ua

СЕКЦІЯ 3

ТРАНСПОРТНА ІНФРАСТРУКТУРА

УДК 658

Татарченко Г.О., д.т.н., проф.,

Білошицька Н.І., к.т.н., доц.,

Білошицький М.В., к.т.н., доц.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, м. Київ, Україна

ФОРМУВАННЯ СТАЛОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТ

***Анотація.** Транспортна інфраструктура між містами сприяє їх інтеграції, мобільності мешканців, що значно стимулює регіональний та національний економічний розвиток. Поняття сталого розвитку міст включає сталий або зелений транспорт, де пріоритет надається пішоходам та велосипедному транспорту, екологічним автомобілям, оренді транспортних засобів, розумному міському плануванню, енергоефективній дорожній інфраструктурі та системі економічного міського транспорту. Транспортна інфраструктура пов'язана з усіма елементами міста, сприяє тим самим його сталому розвитку, оскільки впливає на стан навколишнього середовища, людські та природні ресурси, розвиток економіки та соціальної сфери.*

Транспорт і транспортна інфраструктура в цілому є основними елементами забезпечення добробуту та якості життя сучасного суспільства: вони відіграють суттєву роль у формуванні планувальної структури міста, його функціонуванні та сталому розвитку. Транспортна інфраструктура є складною мережею, яка з'єднує міста та забезпечує доступ до ринків праці, житла та місць відпочинку, зв'язок між виробництвом і споживанням, підтримуючи потоки товарів, і матеріалів і робочої сили, задовольняючи тим самим потреби населення в транспорті [1, 2]. Крім того, транспортна мережа сприяє соціально-економічному розвитку та підвищення якості життя за рахунок створення внутрішньоміських зв'язків.

Транспортна інфраструктура між містами сприяє їх інтеграції, мобільності мешканців, що значно стимулює регіональний та національний економічний розвиток. У той же час, нераціональне планування транспортної інфраструктури та збільшення кількості автівок також призводить до негативних наслідків, таких як екологічні проблеми, збільшення дорожньо-транспортних пригод, зміна клімату, викиди CO₂, зміни клімату та зниження ефективності транспорту.

За останнє десятиліття у Європейському Союзі кількість автівок на 1000 осіб збільшилася на 14,3%. У 2022 році Італія у ЄС стала країною із найвищим рівнем автомобілізації і посіла перше місце – 684 авто на 1000 осіб, Люксембург – 678, Фінляндія – 661, Кіпр – 658, Польща – 571, Німеччина – 555. Латвія має найнижчий показник серед країн ЄС – 414 автівок на 1000 осіб. Це зумовлено соціально-економічними чинниками, підходами до міського планування та якістю інфраструктури громадського транспорту в Латвії [3].

У світі транспорт розвивається в рамках досягнення необхідного рівня комфорту, екологічності та безпеки, що визначає майбутнє сталого розвитку.

Європейський парламент (ЄП) і країни-члени ЄС 14 лютого 2023 року остаточно ухвалили заборону на продаж нових автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння на території ЄС з 2035 року. Зокрема, починаючи з 2027 року планується поступове зниження викидів і до 2030 р. має бути досягнуто 55%, до 2035 – 100%.

З усіх європейських країн за кількістю автівок Україна посіла останнє місце – на 1000 жителів налічується 245 авто, з найбільшою кількістю у Києві – 407 та найменшою – у Львівській, Чернігівській та Закарпатській областях – 200 на 1000 жителів.

Транспортна мережа в Україні розгалужена, кількість автівок та активність їх використання зростає, що, в свою чергу, викликає додаткові забруднення навколишнього середовища. На території України забруднення від автівок складають в середньому 40-45%, в середніх та великих містах вони досягають 50-70%, а в крупних та найкрупніших – понад 85% від усіх забруднень

атмосферного повітря. Так, в атмосфері м. Київ автотранспорт привносить до 80% усіх забруднень. Це пояснюється тим, що в Україні середній вік автомобілів більше 12 років і вони викидають в атмосферу у 8-10 разів більше шкідливих речовин, ніж подібні європейські.

Довгострокові стратегії розвитку країн та концепції сталого розвитку міст будуються на основі уявлень про гуманне середовище, екологічність та безпеку, де важливу роль відіграє стала транспортна інфраструктура, сталий або зелений транспорт. В 1992 р. у Ріо-де-Жанейро відбулася міжнародна конференція Організації Об'єднаних Націй (ООН) з навколишнього середовища і розвитку, на якій були визначені головні цілі та завдання сталого розвитку. Сталий розвиток (англ. sustainable development) – загальна концепція щодо необхідності встановлення балансу між задоволенням сучасних потреб людства і захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їх потребу в безпечному і здоровому довкіллі. У вересні 2015 р. усі члени ООН ухвалили план досягнення спільного кращого майбутнього, закріплені у «Порядку денного 2030» є 17 Цілей сталого розвитку.

Поняття сталого розвитку міст включає сталий транспорт, де пріоритет надається пішоходам та велосипедному транспорту, екологічним автомобілям, оренді транспортних засобів, розумному міському плануванню, енергоефективній дорожній інфраструктурі та системі економічного міського транспорту. Наприклад, розвиток екологічно чистого громадського електротранспорту (швидкісного трамвая, тролейбуса тощо) з нульовим викидом вуглецю розглядається з позиції того, які позитивні ефекти він дасть і для економіки, і для екології тощо.

Поява терміну «зелений» (англ. green transportation) або сталий транспорт (англ. sustainable transportation) сприймається як логічне продовження поняття «сталий розвиток», що описує види транспорту та системи транспортного планування і узгоджуються з ширшими проблемами стійкості. Зелений транспорт – це концепція, розроблена шляхом використання екологічно чистих

транспортних засобів, з низьким рівнем викидів, які не забруднюють навколишнє середовище [4]. «Зелений» транспорт має позитивний вплив на екологічну, соціальну та економічну стійкість суспільства та забезпечує мобільність як соціально-економічних зв'язків, так і населення в цілому. Актуалізація проблем екологічності транспорту обумовлена вельми значними обсягами споживання енергії та викидів вуглекислого газу, що призводять до негативних екологічних змін. Екологічний слід транспорту обумовлений не лише забрудненням повітря та вичерпанням невідновлюваних ресурсів, а також наявністю проблем його утилізації та небезпечних відходів.

Сталий («зелений») транспорт розглядається як доступний, дешевий та ефективний вид пересування, який надає мінімальну шкоду навколишньому середовищу та сприяє зниженню екологічних та соціальних наслідків його використання. Вважається, що зелений транспорт зможе зменшити наслідки глобального потепління та зміни клімату, які мають серйозний вплив на життя та екосистеми.

Інфраструктура є сталою, якщо протягом усього її життєвого циклу (тобто від етапів планування до її експлуатації та виведення з експлуатації) вона приносить соціальні, економічні та екологічні вигоди.

Транспортній інфраструктурі властиві характеристики загальної міської інфраструктури, такі як значні інвестиції, складна організація, ризик та низький дохід.

На розвиток транспортної інфраструктури впливають наступні фактори:

- природно-кліматичні (коливання температури, ґрунтові характеристики);
- географічні (територіальне розташування міста у системі розселення, щільність та чисельність населення);
- ресурсні (наявність родовищ природних ресурсів, доставка сировини та матеріалів з інших регіонів);
- соціальні (надання послуг транспорту в місті та його передмісті).

Розвиток транспортної інфраструктури забезпечує умови для економічної діяльності, одночасно створюючи побічні ефекти, як вплив на природне та екологічне середовище, зокрема викиди CO₂, погіршення якості води, забруднення ґрунтів, викиди токсичних відходів. Для навколишнього середовища вплив транспортної інфраструктури майже завжди негативний.

Оптимізація структури дорожньої мережі та аналіз просторових взаємозв'язків функціонування інфраструктури є ключовими способами забезпечення сталого розвитку міст.

З огляду на позитивні та негативні фактори розвитку сталої транспортної інфраструктури, необхідні наступні шляхи її поліпшення з метою зменшення впливу на природне та екологічне середовище:

- якість інфраструктури впливає на забезпечення ефективних транспортних послуг із перевезень, що сприяє розвитку економічної діяльності та усуває географічні бар'єри;

- транспортне сполучення збільшує виробничі можливості економіки, а саме: розширює ринки праці та забезпечення висококваліфікованими працівниками за рахунок зростання агломерацій;

- необхідність врахування та запобігання ризиків несприятливого впливу кліматичних факторів на інфраструктуру, зважаючи на тривалий термін її служби;

- використання сучасних технологій для підвищення ефективності існуючої інфраструктури;

- інфраструктура сприяє вирішенню соціального та територіального дисбалансу шляхом приєднання сільських населених пунктів до міста-центра виробництва та споживання, створюючи більше економічних можливостей для мешканців та скорочення міграції, тим самим регулюючи процес урбанізації

Таким чином, транспортна інфраструктура пов'язана з усіма елементами міста, сприяє тим самим його сталому розвитку, оскільки впливає на стан

навколишнього середовища, людські та природні ресурси, розвиток економіки та соціальної сфери.

Література:

1. Transportation Infrastructure Definition: 130 Samples | Law Insider. Law Insider. URL: <https://www.lawinsider.com/dictionary/transportation-infrastructure>.

2. Кучер С.В., Оболенський О.Ю. Світовий досвід відновлення транспортної інфраструктури міст після війни. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/5528c9c2-36fd-41db-aa19-988b932bcfb2/content>

3. У якій країні Європи найбільше автомобілів на тисячу людей. URL: <https://avtosota.com/39306-u-yakij-krayini-yevropy-najbilshe-avtomobiliv-na-tysyachu-lyudej.html>

4. Sri Sarjana. Green transportation: Development opportunities in support of sustainable transportation. September 2023. Web of Conferences 429(6). DOI:10.1051/e3sconf/202342903003.

tatarchenko@snu.edu.ua

УДК 656.13

Плекан У.М., к.е.н., доц.

Тернопільський національний політехнічний університет ім. І. Пулюя

**ВПЛИВ МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ КОРИДОРІВ НА
ЗАХІДНИЙ РЕГІОН УКРАЇНИ**

***Анотація.** Проаналізовано значення розвитку міжнародних транспортних коридорів для західної України в контексті соціально-економічної інтеграції з європейським простором. Визначено ключові стратегічні перспективи відповідно до довгострокових цілей державної транспортної політики.*

Розвиток транспортної інфраструктури західної України є ключовим чинником соціально-економічного зростання та інтеграції з європейським простором. Модернізація автомобільних доріг та залізничної мережі, а також активна участь у міжнародних транспортних коридорах сприятимуть підвищенню конкурентоспроможності регіону та залученню інвестицій.

Розвиток міжнародних транспортних коридорів у західній Україні сприяє:

- покращенню логістики та зменшенню витрат на перевезення;
- залученню інвестицій та розвитку економіки регіону;
- інтеграції України до європейського транспортного простору;
- покращенню якості життя населення через розвиток інфраструктури та створення нових робочих місць.

Для подолання викликів сучасності та подальшого розвитку міжнародних транспортних коридорів необхідно:

- залучати міжнародні інвестиції та використовувати фінансові інструменти ЄС;
- розробити стратегії розвитку транспортної інфраструктури з урахуванням європейських стандартів;
- покращити управління та координацію між державними та місцевими органами влади;
- сприяти розвитку логістичних центрів та модернізації прикордонних переходів.

Вплив міжнародних транспортних коридорів на західний регіон України є багатограним і охоплює економічну, соціальну, інфраструктурну та екологічну сфери.

Економічний вплив полягає в активізації зовнішньоекономічної діяльності, розвитку логістики та суміжних галузей, підвищенні зайнятості. Міжнародні транспортні коридори забезпечують прямий вихід українських підприємств на європейські ринки. Це сприяє зростанню обсягів експорту, зниженню логістичних витрат і залученню іноземних інвестицій. Відповідно, зростає попит

на транспортні, складські, митно-брокерські послуги, що стимулює створення нових логістичних хабів, мультимодальних терміналів, митних складів, а будівництво та обслуговування інфраструктури створює нові робочі місця у сфері транспорту, будівництва, послуг.

Соціальний вплив здійснюється через зміцнення транскордонного співробітництва, міграційну мобільність та підтримку якості життя. Покращення транспортної доступності сприяє розвитку обміну студентами, культурними програмами, туризмом і діловими контактами. Міжнародні транспортні коридори спрощують трудову міграцію як у напрямку ЄС, так і всередині країни, зокрема для сезонних працівників. Покращення транспортної інфраструктури скорочує час у дорозі, забезпечує доступ до якісної освіти та дозвілля в більших містах або закордоном.

Модернізація транспортних шляхів та інтеграція з європейською мережею є основою інфраструктурного впливу. Участь у міжнародних проектах сприяє фінансуванню з боку ЄС (наприклад, через програми Interreg, TEN-T). Стандартизація технічних вимог до інфраструктури, зокрема розмітка, знаки, безпека тощо, відповідає європейським нормам, підвищуючи безпеку та комфорт.

Екологічний вплив віддзеркалюється в зменшенні викидів у разі переходу на електрифіковані або мультимодальні перевезення, зменшенні навантаження на природу та сталому розвитку. Участь у міжнародних транспортних проектах передбачає дотримання вимог екологічної безпеки (оцінка впливу на довкілля, збереження біорізноманіття тощо).

Суть геополітичного впливу полягає в зміцненні євроінтеграційних зв'язків, оскільки транспортна сумісність із країнами ЄС посилює позиції України як частини європейського простору.

Розвиток міжнародних транспортних коридорів у західній Україні має вагомe стратегічне значення в контексті довгострокових цілей державної

транспортної політики та планів інтеграції з європейською інфраструктурою. Зміни, що плануються до 2030 року, можна згрупувати у п'ять ключих груп:

1. Посилення інтеграції в мережу TEN-T. Україна прагне стати повноцінною частиною європейської транспортної системи, зокрема шляхом розширення та модернізації ключових напрямків міжнародної мережі TEN-T, що передбачає узгодження нормативів, інвестицій у інфраструктуру та збільшення пропускної здатності.

2. Урбанізація та розвиток периферійних територій. Завдяки поліпшенню транспортної доступності віддалені райони західної України можуть стати привабливішими для бізнесу, туризму та життя. Це сприятиме вирівнюванню регіонального розвитку та зменшенню соціально-економічного розриву між містами та селами.

3. Цифровізація та автоматизація транспортних процесів. Очікується впровадження цифрових інструментів управління транспортними потоками, електронного документообігу, автоматизованих пунктів пропуску та систем інтелектуального управління дорожнім рухом.

4. Фокус на екологічність і сталість. Відповідно до європейських тенденцій, пріоритет надається розвитку електротранспорту, мультимодальних перевезень із мінімальним вуглецевим слідом, створенню екологічно чистих логістичних центрів.

5. Фінансування та міжнародна підтримка. До 2030 року передбачається розширення участі України в європейських фінансових інструментах – таких як Connecting Europe Facility, Interreg та інші грантові програми, що відкриває доступ до коштів на реалізацію масштабних інфраструктурних проєктів.

Міжнародні транспортні коридори, що проходять через західну Україну, відіграють ключову роль у розвитку регіону, сприяючи економічному зростанню, інтеграції з Європейським Союзом та покращенню інфраструктури. Міжнародні транспортні коридори не лише забезпечують фізичне з'єднання

України з Європою, а й стають драйвером трансформації західного регіону в інноваційний, динамічний і відкритий європейський простір.

uliana_plekan@ukr.net

УДК 656.07 (477-1)

Плекан У.М., к.е.н., доц.,

Бабій М.В., к.т.н., доц.

Тернопільський національний технічний університет ім. І. Пулюя

РОЛЬ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ В РОЗВИТКУ ТРАНСКОРДОННОГО СПІВРОБІТНИЦТВА

***Анотація.** Досліджено роль транспортної системи у розвитку транскордонного співробітництва західних регіонів України. Визначено ключові виклики розвитку транспортної інфраструктури в умовах євроінтеграції та геополітичних змін.*

Транспортна система є ключовим чинником у розвитку транскордонного співробітництва. Вона забезпечує мобільність населення, сприяє розвитку торгівлі, туризму та інвестиційної привабливості регіонів. Міжнародні транспортні коридори (МТК), що проходять через Західну Україну, відіграють ключову роль у розвитку регіону, сприяючи економічному зростанню, інтеграції з Європейським Союзом та покращенню інфраструктури. Проте для повної реалізації потенціалу необхідно вирішити питання модернізації інфраструктури, розвитку прикордонних переходів та забезпечення фінансування проєктів, тому тема є актуальною та потребує подальших досліджень.

Прикордонні регіони Західної України, зокрема Закарпатська, Львівська, Волинська та Чернівецька області, відіграють важливу роль у транскордонному співробітництві між Україною та країнами Європейського Союзу. Їх географічне положення, наявність транспортних коридорів та спільних кордонів з країнами-

членами ЄС створюють передумови для активного розвитку економічних, соціальних та культурних зв'язків.

Західні області України мають розвинену транспортну мережу, яка включає автомобільні та залізничні шляхи, що забезпечують зв'язок з країнами ЄС. Наприклад, Закарпатська область має понад 3 300 км автомобільних доріг, з яких значна частина має тверде покриття. Залізнична мережа області з'єднує її з Угорщиною, Румунією та Словаччиною, що сприяє інтеграції з європейською транспортною системою. Проте, стан транспортної інфраструктури потребує модернізації. Багато доріг та залізничних колій перебувають у незадовільному стані, що ускладнює перевезення вантажів та пасажирів. Відсутність сучасних логістичних центрів та недостатній рівень сервісу на прикордонних переходах також стримують розвиток транскордонного співробітництва.

Західні області України є частиною кількох міжнародних транспортних коридорів, що сприяють інтеграції з європейською транспортною системою:

1. Коридор №3: Берлін – Дрезден – Вроцлав – Катовіце – Краків – Львів – Київ. Цей маршрут забезпечує прямий зв'язок між Західною Україною та Центральною Європою, сприяючи розвитку торгівлі та транзиту.

2. Коридор №5: Трієст – Любляна – Будапешт – Братислава – Львів – Київ. Цей коридор є важливим для транзиту вантажів та пасажирів між Південною та Східною Європою.

3. Коридор "Балтика – Чорне море": Гданськ – Одеса. Цей маршрут є стратегічним для розвитку торгівлі між Північною та Південною Європою.

Зазначені коридори мають стратегічне значення для розвитку транскордонного співробітництва та економічного зростання регіону. Участь у цих коридорах відкриває можливості для інтеграції української транспортної системи з європейською, сприяє залученню інвестицій та розвитку логістичної інфраструктури.

Транспортна система західних регіонів України має значний потенціал для сприяння соціально-економічному розвитку та інтеграції з європейським

простором. Модернізація інфраструктури, ефективне використання географічного положення та активна участь у міжнародних транспортних проектах можуть стати ключовими чинниками успішного транскордонного співробітництва.

Аналізуючи стан транспортної інфраструктури Західної України варто зазначити, що загальна довжина автомобільних доріг в Україні становить близько 170 тис. км, з яких понад 90% мають тверде покриття. Проте щільність автодоріг в Україні значно поступається європейським країнам: 283 км на 1000 км², тоді як у Франції цей показник сягає 1476 км на 1000 км². Це свідчить про необхідність модернізації та розширення дорожньої мережі, особливо в прикордонних регіонах.

Залізнична мережа України є однією з найбільших у Європі, з експлуатаційною довжиною близько 22,5 тис. км. Проте її щільність на 1 тис. км² становить лише 37,2 км. У Західній Україні залізнична інфраструктура потребує модернізації, зокрема електрифікації та оновлення рухомого складу.

Модернізація транспортної інфраструктури України стримується наступними чинниками:

1. Незадовільний стан доріг місцевого значення. Окремі ділянки мають обмежену пропускну здатність, погане покриття, відсутність освітлення та безпеки для учасників руху.

2. Застарілі або перевантажені прикордонні пункти пропуску не справляються з обсягом вантажного та пасажирського трафіку, що гальмує транзит і зовнішню торгівлю, створює багатогодинні черги та ускладнює логістику.

3. Відсутність достатньої кількості електрифікованих та двоколійних ліній залізничної мережі в напрямку ЄС.

4. Відсутність сучасних логістичних хабів і терміналів, недостатня кількість мультимодальних логістичних центрів, які могли б забезпечити ефективне перевантаження вантажів між автотранспортом, залізницею.

5. Проблеми з фінансуванням і реалізацією інфраструктурних проєктів через часті зміни урядових пріоритетів, брак цільового фінансування, корупцію, затримки в тендерах тощо.

Без вирішення даних проблем інтеграція України до європейського транспортного простору уповільнюється.

Таким чином, участь у транспортних коридорах відкриває для України можливості для інтеграції української транспортної системи з європейською, сприяє залученню інвестицій та розвитку логістичної інфраструктури.

uliana_plekan@ukr.net

UDK 629.463.001.63

¹Fomin O.V., Doc.of Tech.Sci., Professor,

²Burlutskyi O.V., Ph.D., Associate Professor,

²Burlutskyi D.O., student,

³Cherkashin O. P. Postgraduate student.

¹University of Infrastructure and Technologies

²Ukrainian State University of Railway Transport

³Volodymyr Dahl East Ukrainian National University

CRITERIA AND MATHEMATICAL MODELS FOR PREDICTING MECHANICAL PROPERTIES OF FREIGHT WAGON BEARING SYSTEMS

***Abstract.** The aim of the study is to create a mathematical model for the operational control of the strength characteristics of the expected metal structure in the conditions of serial steelmaking. Traditional approaches based on test results of prototypes obtained in laboratory conditions are not suitable for this purpose. This is because, in mass production steelmaking, the strength characteristics of products are affected by the metal structure and many other melting conditions, in addition to their chemical composition.*

Research issues. The mechanical and operational properties of a metal are determined by the structure of the metal, which depends on the chemical composition, deformation conditions, temperature and cooling regime. It is known that the content of chemical elements in the steel composition has a decisive influence on the structure formation during heat treatment. Attempts to experimentally study the dependence of the mechanical properties of steels on their chemical composition and to build mathematical models based on the results of experiments have been ongoing for more than one decade.[1,2].

In the above statement purpose optimization of the chemical composition of steels for machine-building structures due to optimization of the chemical composition of steel according to the criterion of stabilization of mechanical properties can be considered as a multidimensional optimization problem with constraints [3] is the definition in the domain D of the corresponding vector of controlled parameters $\overline{X}^*(x_1^*, x_2^*, \dots, x_k^*)$, the values of which ensure the achievement of the extreme value of the objective function $y_{gen} = F(\overline{X}^*)$ and satisfy all given functional constraints that define the domain of the DC.

Then the mathematical notation of the given optimization problem can be represented in the following form:

$$y_{gen} = F(\overline{X}^*) = \textit{extremum} \quad (1)$$

$$\overline{X}^* \in \mathcal{D}_X \in \mathcal{D}.$$

In this case, the region of possible solutions, determined by the intervals of variation of the variable parameters $x_1, x_2, \dots, x_k$

$$\mathcal{D} = \left\{ \overline{X} \left| x_{i_{min}} \leq x_i \leq x_{i_{max}}; i \in [1; n] \right. \right\} \quad (2)$$

The region of feasible solutions taking into account factor constraints $y_l \leq a, \dots, y_j = b$

$$D_x = \left\{ \overline{X} \left| y_l \leq a, \dots, y_j = b; x_{i_{min}} \leq x_i \leq x_{i_{max}}; i \in [1; k] \right. \right\} \quad (3)$$

The paper analyzed the main optimization parameters according to the strength criterion, which made it possible to identify the following groups of requirements (structural components of the vector Y) that should be taken into account when optimizing the chemical composition of the metal of the load-bearing systems of freight cars [4].

The condition for selecting parameters is

X_z, X_{dx}, X_v – variable parameter of interatomic interaction, integral parameters of charge Z^Y , structural state d, cooling rate in steel production V_{ohl} .

X_{pj} – variable parameter that characterizes the chemical composition of the matrix level (C, Si, Mn);

X_{Tk} is a variable parameter that characterizes the mechanical properties: (σ_v) , (σ_T) , (δ) .

Taking into account the above, the region of possible solutions D can be presented in the following form:

$$D = \left\{ Z^Y, d, V \left| \begin{array}{l} 1,240 \leq Z^Y \leq 1,190; 2.7876 \leq d \leq 2.8095; 1^0 C \leq V_2 \leq 30^0 C \\ \sigma_{\epsilon \min} \leq \sigma_{\epsilon} \leq \sigma_{\epsilon \max}; \sigma_{T \min} \leq \sigma_T \leq \sigma_{T \max} \quad \delta_{\min} \leq \delta \leq \delta_{\max} \\ 0 \leq C \leq 0.12, 0.17 \leq Si \leq 0.37, 1.4 \leq Mn \leq 0.1, 8 \\ V_1 = 1^0 C; V_3 = 7^0 C; V_5 = 15^0 C, i \in [1; k] \end{array} \right. \right\} \quad (4)$$

Below is a three-factor generalized mathematical model (obtained using the mathematical design of experiments method) that describes the change in the basic mechanical properties of the boundary strength (σ_v), yield strength (σ_T), elongation (δ) depending on the variation of the controlled variable parameters of interatomic interaction, Z^Y , d , V_{cool}

$$\sigma_B = 1230,12366 - 51,068Z + 21,85365 d - 0,87451V_{охл} + 0,18513Z^2 - 0,11487d^2 + 0,00154V_{охл}^2 + 0,137Zd + 0,0087V_{охл}Z - 0,00948V_{охл}d \quad (5)$$

$$\sigma_T = 897,9902 - 37,27964Z + 15,95316 d - 0,63838V_{охл} + 0,13514Z^2 - 0,08385d^2 + 0,0011241V_{охл}^2 + 0,137Zd + 0,0063V_{охл}Z - 0,00692V_{охл}d \quad (6)$$

$$\delta = 97,4502 - 7,32964Z + 5,83316 d - 0,073538V_{охл} + 0,014214Z^2 - 0,007385d^2 + 0,00010241V_{охл}^2 + 0,0117Zd + 0,00053V_{охл}Z - 0,000792V_{охл}d \quad (7)$$

Figure 1 shows an example of an auxiliary graph for determining the optimal parameter depending on the chemical composition of the steel, as a criterion for stabilizing mechanical properties, namely the tensile strength σ_v .

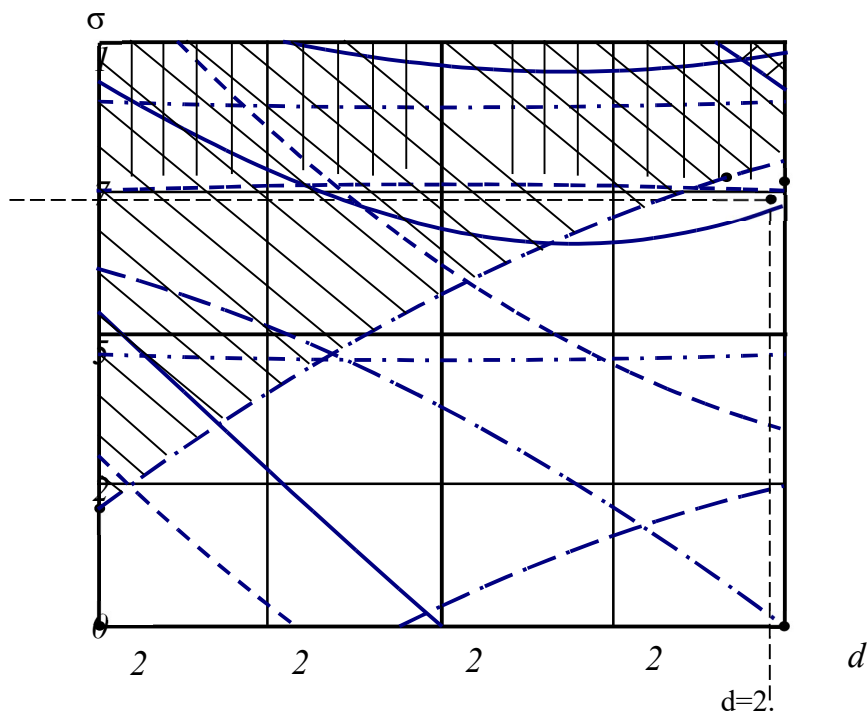


Fig.1 – Before determining the optimal tensile strength
at $\Phi 2$, $C=0.091\%$, $Si=0.23\%$, $Mn=1.71\%$, ABCDE - region of admissible solutions

Of the abovedependencies, we conclude that the use of interatomic interaction parameters along with factor analysis provides an assessment of the influence of matrix subsystems on the formation of mechanical properties and high accuracy of predictive mathematical models.

Conclusions. After processing mathematical models and auxiliary graphs, an optimized chemical composition of steel (analogous to 09G2S steel) was obtained for the load-bearing structures of wagons, namely: $C=0.091\%$, $Si=0.23\%$, $Mn=1.71\%$, $Cr=0.027\%$, $Ni=0.27\%$, $Cu=0.201\%$, $P=0.009\%$, $S=0.007\%$, with this chemical composition of steel, the mechanical properties increased, the tensile strength ($\sigma_v=750$ MPa), the yield strength ($\sigma_T=550$ MPa) in percentage terms by 56% and 65%.

In turn, according to preliminary forecasts, the weight of the gondola will change by 1.3 tons, i.e. by 5.3%. With the cost of steel grade 09G2S345/325 used in production

at 43.08 thousand UAH/ton and the cost of the gondola 12-7039 at 1.386 million UAH, the decrease in the cost of such a gondola will be 36.451 thousand UAH or 2.63%.

References:

1. Fomin O. V., Optimization design of railway gondola body elements and organization of their production: monograph: Donetsk: DonIZT, 2013. P. 251.
2. Pakholyuk A. P. Fundamentals of materials science and structural materials: a manual, Lviv: Svit, 2015. P. 172.
3. Fomin O. V., Burlutsky O. V., Gorbunov M. I., Logvinenko O. A., Fomina A. M. Mathematical modulation of variational characteristics of heating spots during thermal straightening of frame elements of gondola cars, Collection of scientific papers of the State University of Infrastructure and Technologies (series "Transport Systems and Technologies"). Kyiv: DETUT, 2018. No. 31. P. 186-195
4. Fomin, O.V.Logvinenko O. A., Demin R. Yu., Fomin V. V., Boroday G. P., Burlutsky O. V. Mathematical models of changes in the main indicators of the basic load-bearing elements of gondola car bodies of the Railway Transport of Ukraine. 2013. Issue 5/6. P. 95-104.

fominaleksejvictorovic@gmail.com

leha2006181@gmail.com

alex.digma77@gmail.com

СЕКЦІЯ 4

ЕКОНОМІКА ТА ПРАВОВЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТРАНСПОРТУ

\

УДК: 658.7

Гриценко Н.В. к.е.н., доц.,

Козодой Д.С. к.т.н., доц.

Український державний університет залізничного транспорту, Україна

**МОДЕЛЬ УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В КОНТЕКСТІ ТРАНСПОРТНО-
ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ**

***Анотація.** Наслідки світової кризи, а також військовий стан в Україні, в умовах глобалізації економіки, відкриває нові проблеми, які потребують глибокого осмислення та обґрунтування шляхів їхнього практичного вирішення. Однією з них є проблема оптимізації матеріальних та супутніх їх потоків у сфері транспортної логістики. Важливим його аспектом є управління ризиками в ланцюгах поставок у системі логістики, яка є недостатньо вивченою та систематизованою. Будь-який суб'єкт господарювання в економічній діяльності стикається з ризиком. Результат ефективного управління ризиками зумовлює одержання економічного ефекту для всіх учасників логістичного ланцюга.*

Проблематика. Актуальність проблеми управління ризиками у транспортній логістиці нині не викликає сумнівів. Ризик-менеджмент у транспортній логістиці є невід'ємним елементом економічних відносин і стає органічною частиною стратегії та тактики соціально-економічної політики підприємств. Для вітчизняного транспортно-логістичного ризик-менеджменту характерна низька ефективність: відсутність комплексності розвитку цього напрямку, недостатнє вивчення теоретичних та практичних аспектів, його другорядність у ієрархії корпоративних цінностей, епізодичність та несистемність у використанні, а також, часте заміщення страхуванням. Таке

становище загрожує як зловживанням із боку страхової компанії, і збільшенням відповідного бюджету транспортного підприємства, і зниженням важливості вирішення питань управління логістичними ризиками. При цьому на більшості підприємств України досі функції керування логістикою виконуються безсистемно.

Основні матеріали дослідження. На практиці транспортна логістика охоплює широкий спектр аспектів, на які впливають різноманітні фактори та пов'язані з певними ризиками. Надійність та безперебійність є основним принципом транспортної логістики. Основною метою транспортної логістики є мінімізація витрат, тому важливо визначити пріоритетність управління ризиками, оскільки виникнення цих проблем може призвести до значних втрат ресурсів, часу та конкурентоспроможності. У складі загальних витрат у сфері управління ризиками в транспортній логістичній системі можна виділити такі групи:

- збитки від ризиків;
- витрати на управління ризиками у сфері транспортної логістики.

Вкрай важливо мінімізувати або навіть нейтралізувати ризик, гарантуючи, що витрати на управління ризиками у сфері логістики утримуються в розумних межах. Найвагомішим комплексним показником ефективності у транспортно-логістичній системі є тривалість повного циклу, що визначається як час виконання перевезки в режимі «точно та вчасно».

Ризики транспортної логістики поєднують різні види ризиків усіх складових і елементів у процесі матеріальних, фінансових та інформаційних потоків. Вони також включають ризики в процесі реального управління ризиками, що виникають в транспортно-логістичній системі. Несприятливою ситуацією або невдалим результатом може бути: упущена вигода; втрата або втрата власних коштів; відсутність результату – ні прибутку, ні збитку; втрата доходу або прибутку; подія, яка може призвести до збитків або втрати доходу в майбутньому.

Ризики в транспортній логістиці проявляються як відхилення від поставлених цілей і очікуваних результатів, пов'язані з порушенням динамічної стійкості логістичної системи підприємства з метою досягнення оптимального економічного ефекту.

Ефективність управління ризиками залежить від здатності сприяти досягненню цілей транспортного підприємства. Мета транспортно-логістичної діяльності вважається досягнутою, коли виконуються шість умов логістики, тобто доставка правильного продукту належної якості, у правильній кількості, у правильний час, у правильне місце з мінімальними витратами.

Управління ризиками в контексті транспортно-логістичної системи, як і будь-яка діяльність, пов'язана з управлінням, характеризується конкретними цілями, завданнями, методологіями та визначенням суб'єкта управління та пов'язаних з ним ризиків. Функції, які охоплює управління ризиками в системі транспортної логістики підприємства, включають планування, прогнозування факторів ризику, організацію управління ризиками, координацію, регулювання та контроль ризиків. У сукупності ці елементи сприяють формулюванню стратегії управління ризиками логістичної системи підприємства. Методи, які використовуються в управлінні ризиками в системі логістики підприємства, можна розділити на три окремі групи: методи ідентифікації ризиків, методи оцінки ризиків і методи зменшення ризиків.

Управління ризиками у транспортно-логістичній системі, як система складається з двох підсистем: керованої підсистеми (об'єкта управління) та керуючої підсистеми (суб'єкта управління). У контексті управління транспортно-логістичними ризиками об'єктом управління є ризик, тобто економічні відносини між суб'єктами господарювання в процесі реалізації цього ризику. Суб'єктом управління в системі управління ризиками є менеджер з логістики, який через методи управління здійснює цілеспрямований вплив на об'єкт управління. Основною метою управління ризиками в логістичному

секторі є підвищення конкурентоспроможності суб'єктів господарювання шляхом захисту від реалізації ризиків.

Під час функціонування логістичної системи учасники всіх точок ланцюга поставок орієнтовані на отримання прибутку. Перед менеджерами з логістики цих пунктів стоїть завдання збільшити цей прибуток і знизити витрати.

Для оцінки ризиків менеджери з логістики повинні оцінити особливості поняття «ризик» на конкретному транспортному підприємстві.

Найбільш прийнятними методами оцінки ризику в логістиці є: статистичний метод; методика аналізу доцільності витрат; метод експертних оцінок; аналітичний метод; спосіб використання аналогів.

Механізм ризик-менеджменту в транспортній логістиці характеризується як багатоетапний процес, метою якого є зменшення або компенсація збитку об'єкту у разі виникнення несприятливих подій. Виконання цього процесу залежить від циркуляції необхідних інформаційних потоків між суб'єктом і об'єктом управління. Впровадження інноваційного програмного забезпечення, в тому числі спеціальних логістичних програмних продуктів, сприяє швидкому отриманню актуальної інформації, такої як наявність і величина попиту на товари, фінансова стійкість і платоспроможність підприємства, клієнтура, конкуренти, а також, на основі аналізу, ймовірність настання конкретного страхового випадку. Важливо відзначити, що питання управління ризиками зазвичай не є пріоритетними для менеджерів з логістики, доки не відбудеться подія ризику, і витрати на вирішення цих проблем часто є високими порівняно з прибутком, отриманим протягом значного періоду. Для вирішення цього питання рекомендовано впровадження електронних спеціальних документів з управління ризиками.

На підставі проведеного аналізу розробок дослідників у галузі ризик-менеджменту пропонуємо модель управління ризиками в транспортній логістиці, яка схематично представлена на рисунку 1.

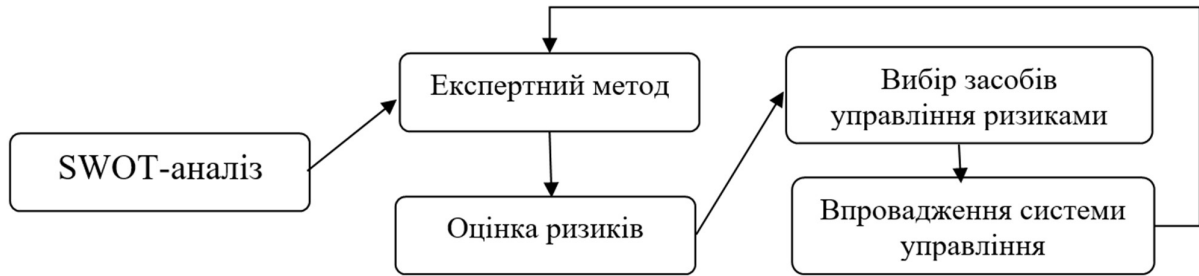


Рисунок 1 – Модель управління ризиками в транспортній логістиці

Пропонована модель управління ризиками в транспортній логістиці включає п'ять блоків функціонування системи ефективного управління ризиками. Перший блок моделі включає SWOT-аналіз, на підставі якого здійснюється класичний аналіз зовнішніх та внутрішніх ризиків транспортного підприємства. Другий блок виявляє найбільш значущі ризики за допомогою експертного методу менеджерами-логістами шляхом ранжування ризиків, упорядкування оцінюваних об'єктів дослідження в порядку зростання або зменшення їх якостей на підставі спеціальних документів. Третій блок оціночний, в ньому встановлюються рейтинги ризиків за допомогою шкали оцінки. Четвертий блок моделі відповідає за вибір засобів зниження ризиків за допомогою визначення інструментів управління ризиками. П'ятий блок безпосередньо відповідає за впровадження та коригування системи управління ризиками, який забезпечує зворотний зв'язок у досліджуваній системі.

Висновки. Застосування в транспортній логістиці розширеного концептуального підходу у вигляді запропонованої моделі управління ризиками сприятиме оперативному врахуванню факторів ризику, притаманних конкретному напрямку діяльності. Цей підхід має бути включений у систему стратегічного та тактичного управління транспортним підприємством, щоб створити комплексну структуру управління ризиками. У сучасному контексті глобалізації та транснаціоналізації міжнародної економіки інтегрована парадигма управління ризиками на транспортних підприємствах перетворилася на критично важливий компонент корпоративної стратегії, забезпечуючи

оптимізоване управління потоками ресурсів у транспортно-логістичній системі, тим самим максимізуючи прибуток для всіх зацікавлених сторін завдяки синергічному ефекту.

gritsenkonatal@gmail.com

dmitry_1980@ukr.net

УДК 658.14:656.022.9

Зозуля О.С., студ.,

Чебанова Т.Є., к.е.н., доц.

Одеський Національний Морський Університет, Україна

ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ КАПІТАЛУ ПІДПРИЄМСТВ МОРСЬКОГО БІЗНЕСУ

***Анотація.** Формування раціональної структури капіталу є одним із ключових завдань сучасного фінансового менеджменту, оскільки від нього залежить фінансова стійкість, прибутковість і можливості зростання підприємства. Особливо актуальним це питання постає для підприємств стратегічної інфраструктури, зокрема порткових операторів, що здійснюють діяльність в умовах нестабільного зовнішнього середовища, підвищеного рівня ризиків, зміни валютного курсу та вартості капіталу.*

Вивчення та дослідження питання оцінки фінансового стану дозволило зробити висновки про те, що однією з ключових фінансових проблем деяких підприємств морського бізнесу є високий рівень залученого капіталу, що формує суттєве боргове навантаження. При цьому обмежений обсяг власного капіталу знижує здатність підприємств до самофінансування та зменшує їх інвестиційну привабливість.

Нерівномірність надходження доходів в умовах зниження обсягів перевалки та порушення ланцюгів постачання збільшує ймовірність дефолту за

кредитними зобов'язаннями. Крім того, зростання відсоткових ставок у банківському секторі ускладнює доступ до зовнішнього фінансування.

Проблема полягає також у відсутності уніфікованого підходу до визначення оптимальної структури капіталу, що враховувала б специфіку портової галузі та ризики воєнного стану.

У ході аналізу структури капіталу було встановлено, що частка позикового капіталу іноді доходить аж до 70%. Така структура може бути прийнятною в умовах економічної стабільності та для фінансового стабільних підприємств, однак у кризових ситуаціях так ситуація підвищує ризик фінансової нестійкості.

Основні джерела позикового капіталу - це банківські кредити, залучені під заставу майна, а також короткострокові зобов'язання перед контрагентами. Водночас власний капітал формується переважно за рахунок статутного фонду та нерозподіленого прибутку, якого останніми роками недостатньо для повного самофінансування.

Анализ міжнародної практики показує, що у багатьох країнах портова галузь фінансується за моделлю державно-приватного партнерства (ДПП), яка дозволяє комбінувати державні інвестиції з приватним капіталом. Наприклад, у Польщі порти Гданськ і Щецин активно залучають грантове фінансування ЄС та приватних інвесторів, зберігаючи структуру капіталу на рівні 60% власного і 40% позикового. У Нідерландах компанії, що керують портами Роттердам та Амстердам, користуються довгостроковими облігаційними програмами з фіксованою відсотковою ставкою, що дозволяє знизити ризики волатильності.

Цей досвід може бути адаптований і до умов України - через запровадження зелених облігацій, кредитування з боку МФО (наприклад, ЄБРР, IFC), залучення міжнародних донорів у логістичні проекти.

Для формування оптимальної структури капіталу підприємствам морського бізнесу рекомендується реалізувати такі кроки:

- 1) Аналіз доцільності боргових зобов'язань - регулярна переоцінка вартості обслуговування боргу.

- 2) Розробка фінансової стратегії з урахуванням сценаріїв розвитку ринку на 3-5 років.

3) Формування резервного капіталу, що може бути використаний у кризових умовах.

4) Переорієнтація частини прибутку на фінансування інноваційних технологій перевалки, що дозволить знизити операційні витрати.

5) Для оцінки ефективності використання позикового капіталу розраховувати та аналізувати показник - ефект фінансового важеля.

6) Ввести внутрішні фінансові індикатори контролю: коефіцієнт автономії, покриття відсотків, коефіцієнт маневреності власного капіталу. Встановлення цільових значень цих показників допоможе відстежувати ефективність фінансової політики.

7) Реінвестування прибутку замість його повного розподілу серед засновників. Це дозволить поступово нарощувати власний капітал без додаткових витрат.

8) Диверсифікація джерел фінансування, зокрема за рахунок залучення коштів міжнародних фондів, інституційних інвесторів, грантових програм, які доступні підприємствам транспортної галузі.

9) Рефінансування існуючої заборгованості під нижчі відсоткові ставки або на більш тривалий термін, що зменшить фінансовий тиск у короткостроковому періоді.

10) Залучення стратегічних партнерів, готових вкласти капітал в обмін на частку у компанії або спільну реалізацію інвестиційних проектів.

Оптимальним співвідношенням власного та позикового капіталу для підприємств морського бізнесу в умовах нестабільності на найближчі роки може бути 60/40, що забезпечить баланс між ризиком і рентабельністю, з урахуванням поточних ринкових умов.

Підприємства також мають враховувати кілька принципів при формуванні структури капіталу:

1) Принцип оптимального ризику, що вимагає балансування між прибутковістю і фінансовою стабільністю.

2) Принцип мінімізації вартості капіталу, що передбачає вибір такого співвідношення джерел фінансування, яке дозволяє зменшити середньозважену вартість капіталу (WACC).

3) Принцип забезпечення фінансової гнучкості, який дає змогу підприємству швидко адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі.

Висновки: раціональна структура капіталу має забезпечити підприємствам морського бізнесу:

- стабільне функціонування підприємства навіть за умов воєнного стану;
- гнучкість у прийнятті рішень про нові інвестиційні проекти;
- підвищення довіри з боку потенційних партнерів і кредиторів;
- поліпшення фінансової звітності, що важливо для участі у міжнародних логістичних проєктах;
- перехід до змішаної моделі фінансування, зберігаючи баланс між ризиком і доходністю, а також використання альтернативних джерел інвестицій.

Це дозволить підприємствам морського бізнесу не лише вижити в кризових умовах, а й стати флагманами відновлення української морської галузі.

sasha28zozulia@gmail.com

ilyusha182004@gmail.com

УДК 631.115

Кравченко О.О., д.е.н., проф.,

Челомбітько О.І.

Національний транспортний університет, Україна

ОЦІНЮВАННЯ КОНКУРЕНТОСТІЙКОСТІ ТРАНСПОРТНИХ КОМПАНІЙ

***Анотація.** Розглянуто сутність конкурентостійкості компаній. Виділено особливості конкурентостійкості транспортних компаній. Запропоновано підхід до оцінки рівня конкурентостійкості транспортних компаній.*

Проблематика досліджень. В умовах підвищення динамічності і непередбачуваності розвитку національної та світової економіки особливого значення для компаній, зокрема транспортних набуває проблема стійкості їх функціонування. При цьому стійкість функціонування слід розглядати як комплексне поняття, складовою якої є конкурентостійкість компанії, забезпечення якої у сучасному ринковому середовищі є одночасно одним з основних критеріїв ефективності у поточному періоді, передумовою забезпечення виживання в конкурентному середовищі, фундаментом ефективної діяльності у довгостроковій перспективі та забезпечення цілеспрямованого розвитку в майбутньому. Досягнення стабільного положення на ринку можливе лише за умов безперервного вдосконалення, активного пошуку інноваційних рішень, а також впровадження передових технологій і сучасних методів організації виробничих процесів та управління, які формують конкурентостійкість компанії.

Основні матеріали дослідження. Конкуренція є одним з ключових факторів, що визначає ефективність функціонування ринкової економіки та сприяє її стабільності й збалансованому розвитку. Взаємодія конкурентних суб'єктів у поєднанні з раціональним державним регулюванням спроможна стимулювати підвищення продуктивності виробництва, вдосконалення якісних характеристик товарів, а також забезпечити їхню доступність для споживачів з урахуванням цінових параметрів. Конкуренція виступає складним і гнучким механізмом управління виробничими процесами, що характеризується високою чутливістю до змін ринкового середовища. Найкраще адаптуються до таких змін ті компанії, які володіють найбільшою конкурентною перевагою порівняно з іншими учасниками ринку.

Під конкурентостійкістю розуміється здатність зберігати свою конкурентоспроможність (тобто реальна і потенційна можливість перевершувати своїх суперників у різних умовах, постійно вдосконалюючи

ключові бізнес-процеси). Стосовно компаній категорія «конкурентостійкість» розглядається як можливість ефективної господарської діяльності, що забезпечує прибуткову реалізацію товарів та послуг в умовах конкурентного ринку. Вона забезпечується всім комплексом наявних у компанії ресурсів (власних і залучених необоротних і оборотних активів).

При цьому конкурентостійкість слід розглядати з позицій як конкурентостійкості діяльності компанії, так і конкурентостійкості окремих товарів (послуг, робіт). Так, конкурентостійкість діяльності компанії є похідною від виробництва та реалізації товарів (послуг, робіт) і виступає узагальнюючим показником життєстійкості компанії, а також її спроможності ефективно використовувати наявний організаційний, виробничий, фінансовий, соціальний потенціал.

Конкурентостійкість товару (послуги, роботи) слід розглядати, з одного боку, як властивість продукту, що займає певну частку відповідного ринку, що характеризує ступінь відповідності техніко-функціональних, економічних та інших характеристик вимогам споживачів, а також визначає частку ринку, що належить даному товару, та перешкоджає перерозподілу цього ринку на користь інших. З іншого боку, конкурентостійкість товару (послуги, роботи) є сукупністю технічних, якісних та вартісних характеристик виробу, що забезпечують задоволення конкретної потреби споживачів. Конкурентостійким є той товар (послуга, робота), комплекс споживчих та вартісних властивостей якого забезпечує йому комерційний успіх, тобто дозволяє бути прибутково обміненим на грошові та інші кошти в умовах широкої пропозиції та існування аналогів.

Конкурентостійкість транспортних компаній, перш за все, залізничних та автомобільних має такі основні особливості: (1) гнучкість та адаптивність (здатність швидко реагувати на зміни попиту, регуляторні вимоги та технологічні нововведення); (2) ефективне управління ресурсами (можливість оптимізації витрат на паливо, технічне обслуговування та логістичні процеси); (3) інноваційність (використання сучасних цифрових технологій для управління перевезеннями та автоматизації процесів); (4) якість обслуговування (високий

рівень надійності, точності та швидкості доставки); (5) екологічна відповідальність (використання екологічно чистих технологій та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище).

Оцінка конкурентостійкості транспортних компаній має здійснюватися за такими етапами.

Етап 1. Збір інформації щодо попиту на послуги з транспортування і про основних конкурентів. Така інформація має надходити із різних джерел, а саме: закони, укази, ухвали органів державної влади, статистичні дані, дослідження провідних консалтингових компаній тощо.

Етап 2. Оцінка перспективності ринку послуг з транспортування. Оцінка має базуватися на вивченні факторів розуміння організаціями та персоналом різниці між прибутком та задоволеністю покупців, а також вивченні способів, засобів, які безпосередньо стосуються сприйняття та поведінки споживачів послуг.

Етап 3. Виділення основних факторів, які мають визначальний вплив на формування рівня конкурентостійкості окремих видів перевезень та діяльності транспортної компанії в цілому.

Етап 4. Оцінка сталості систем управління компанією. Основний акцент на можливості вироблення адекватних рішень при змінах у зовнішньому і внутрішньому середовищі транспортної компанії.

Етап 5. Оцінка інвестиційної привабливості транспортної компанії. Незважаючи на те, що транспортні компанії порівняно з іншими мають невисокий рівень інвестиційної привабливості, для забезпечення необхідного (достатнього) рівня конкурентостійкості вони мають: (а) покращувати загальні характеристики технічної бази компанії (наявність сучасного обладнання, власного транспорту, географічне положення, наближеність до транспортних комунікацій, перевізні технології, ступінь фізичного та морального зносу необоротних активів, перш за все, транспортних засобів і спеціального обладнання); (б) наявні виробничі потужності; (в) місце компанії на ринку перевезень; (г) характеристики системи управління; (д) структура активів і пасивів компанії; (е) фінансові результати діяльності та напрями використання прибутків тощо.

Етап 6. Оцінка фінансової стійкості транспортної компанії. При аналізі фінансового стану і фінансової стійкості необхідно комплексне застосування таких коефіцієнтів, а саме: рівня фінансового ризику; автономії (фінансової незалежності); боргу (індекс фінансової напруженості); фінансової стійкості; маневреності власних джерел; стійкості структури мобільних засобів; забезпеченості оборотного капіталу власними джерелами (ставлення власних оборотних коштів до оборотних активів) та ін.

Висновки. Поняття конкурентостійкості є комплексним і охоплює конкурентостійкість окремих товарів (послуг, робіт) та діяльності компанії в цілому. Основними особливостями конкурентостійкості транспортних компаній є гнучкість та адаптивність, ефективне управління ресурсами, інноваційність, якість обслуговування, екологічна відповідальність. Оцінка конкурентостійкості транспортних компаній має базуватися на аналізі як конкурентного середовища, так і внутрішніх характеристик компанії.

kravch.olha@gmail.com

stud.work17@gmail.com

УДК 658.6

Потьомкін С.М.

Національний транспортний університет, Україна

ПРОБЛЕМИ ФОРМУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВ В УМОВАХ ТУРБУЛЕНТНОГО СЕРЕДОВИЩА

***Анотація.** Розглянуто сукупність «правил», якими керуються підприємства в процесі прийняття рішень та управління діяльністю. Виділено і проаналізовано системні проблеми формування стратегії транспортних підприємств в умовах турбулентного середовища.*

Проблематика досліджень. Формування стратегії транспортних підприємств є ключовим елементом забезпечення їх довгострокової ефективності та конкурентоспроможності. Стратегічне планування дозволяє

підприємству адаптуватися до змін у ринковому середовищі, забезпечуючи стійкість та оптимальне використання ресурсів. В умовах глобалізації та зростання попиту на транспортні послуги необхідність визначення чітких напрямів розвитку стає особливо актуальною. Комплексний аналіз зовнішніх і внутрішніх факторів сприяє прийняттю обґрунтованих управлінських рішень. Крім того, ефективна стратегія дозволяє мінімізувати ризики, пов'язані з турбулентністю економічного середовища, технічними змінами та законодавчими обмеженнями. Вона також сприяє впровадженню інноваційних рішень, що підвищують продуктивність і якість послуг. Зрештою, правильно сформована стратегія транспортного підприємства сприяє його стабільному зростанню, розширенню сфери діяльності та зміцненню позицій на ринку.

Основні матеріали дослідження. Тривалий розвиток підприємства, зокрема транспортного у значному ступені обумовлюється його здатністю своєчасно прогнозувати ринкові трансформації, ефективно впливати на їх напрямок та адаптуватися до нових умов. Стратегія є комплексом взаємопов'язаних заходів, орієнтованих на досягнення стратегічних цілей організації та підвищення результативності її діяльності. Водночас вона визначає ключові характеристики підприємства та забезпечує його конкурентні переваги.

Процес формування стратегії розвитку транспортного підприємства має ґрунтуватися на детальному аналізі як зовнішніх, так і внутрішніх факторів, що включають доступні ресурси, а також оцінку його можливостей та ризиків. Так, ефективна стратегія сприятиме розширенню спектра діяльності підприємства та зростанню прибутковості.

Ансофф І. зазначав, що стратегія розвитку будь-якої організації є сукупністю правил, якими вона керується у процесі прийняття рішень та управління своєю діяльністю. Він виокремив чотири основні групи таких правил. По-перше, оцінювання результативності діяльності компанії має здійснюватися як у поточний період, так і в перспективі. По-друге, взаємодія підприємства із зовнішнім середовищем регулюється продукцією та технологіями, напрямами реалізації товарів, вибором цільових ринків та способами досягнення конкурентних переваг (бізнес-стратегія). По-третє, внутрішня організація

компанії встановлює принципи та процедури взаємодії в її внутрішньому середовищі (організаційна концепція компанії). По-четверте, загальний підхід до управління діяльністю компанії визначає множину її оперативних прийомів. Таким чином, стратегія є системним методом, що забезпечує гармонійне узгодження складної організаційної структури компанії та загального напрямку її розвитку [1].

Формування стратегії транспортних компаній в сучасних умовах стикається з множиною проблем. Розглянемо системні проблеми, притаманні процесу формування стратегії в умовах турбулентного середовища.

Проблема 1 – висока непередбачуваність динаміки процесів у зовнішньому середовищі транспортної компанії. Невизначеність параметрів зовнішнього середовища обумовлюється рівнем волатильності та багатофакторності, які зростають із збільшенням динамічності розвитку економічних процесів. Турбулентність зовнішнього середовища характеризує зміни у зовнішньому середовищі, які протікають в умовах високої невизначеності та непередбачуваності. Проблема турбулентності зовнішньої середовища обумовлена тим, що менеджмент підприємства нездатний перевірити всі детермінанти, які наявні в бізнес-середовищі, та оцінити результати їхнього впливу на його ефективність і конкурентоспроможність.

Проблема 2 – специфічна роль в процесі виробництва. Основною особливістю транспорту є те, що він одночасно є продовженням процесу виробництва продукції і заключним ланцюгом в процесі її обороту. Наслідком цього є те, що структура та обсяги перевезень, їх розподіл по території країни визначаються не самими транспортними підприємствами, а підприємствами виробничого сектору, перш за все, промисловими. Продукція транспортних підприємств являє собою транспортні послуги з переміщення (перевезення) вантажів і пасажирів та не є новим продуктом, який може бути відокремлений від процесу виробництва і брати участь у господарському обороті в матеріально-речовій формі як товар. Транспортна продукція виступає у вигляді корисного ефекту від роботи транспорту, який можна споживати тільки під час виробничого процесу і не існує як відмінний від цього процесу предмет

споживання [2]. Таким чином, при формуванні стратегії транспортних підприємств необхідно враховувати прогностні оцінки перспектив розвитку пов'язаних галузей національної економіки.

Проблема 3 – складність прогнозування і планування як основних кількісних і якісних показників діяльності транспортних підприємств, так і параметрів зовнішнього середовища. Прогнозування та планування діяльності транспортних підприємств в умовах високої нестабільності є складним завданням, що потребує гнучкості та всебічного аналізу. Економічні коливання, зміни в законодавстві, політичні фактори та технічні інновації можуть суттєво впливати на ринок транспортних послуг. Зростання вартості пального, коливання попиту та зміни логістичних маршрутів створюють додаткові ризики для стратегічного управління. Крім того, глобальні кризи, пандемії та військові конфлікти можуть різко змінювати умови функціонування галузі, вимагаючи оперативного перегляду стратегічних рішень. Висока нестабільність ускладнює прогнозування фінансових потоків і потребує застосування сценарного аналізу для моделювання можливих варіантів розвитку подій.

Проблема 4 – складність, а інколи і неможливість врахування проявів ризиків при формуванні стратегії. Врахування ризиків при розробці стратегії транспортних підприємств в умовах турбулентного середовища є надзвичайно складним процесом, що потребує глибокого аналізу та адаптивного підходу. Динамічні зміни економічної ситуації, коливання вартості ресурсів, технічний прогрес і регуляторні обмеження можуть суттєво впливати на діяльність підприємства. Додаткові ризики виникають через військові дії, політичну нестабільність, міжнародні конфлікти та глобальні кризи, що можуть різко змінювати умови функціонування транспортної сфери. Крім того, особливості динаміки процесів в умовах турбулентного середовища накладає значні обмеження на можливості використання апарату економіко-математичного моделювання. Це актуалізує необхідність широкого використання методів якісного аналізу ризиків, а також імітаційного моделювання із застосуванням цифрових технологій для виявлення потенційних загроз та знаходження ефективних шляхів їх мінімізації.

Висновки. Формування стратегії є необхідною умовою ефективного функціонування і забезпечення цілеспрямованого розвитку підприємств, зокрема транспортних. Здійснення діяльності в умовах турбулентного середовища призводить до підвищення невизначеності щодо майбутнього у короткостроковій і довгостроковій перспективі, наслідком чого є загострення системних проблем формування стратегії підприємств.

Література:

1. Ansoff, H.I. (2007). Strategic Management: Classic edition. Palgrave Macmillan London. XV, 251 p.

2. Marx, K. (2024). Capital: Critique of Political Economy, Volume 1. Princeton University Press. 944 p.

kiberyes@gmail.com

УДК 658.5

¹Чуйко О.С., маг.,

^{2,3}Кравченко О.П., д.т.н., проф.,

⁴Чуйко С.П., PhD, доц.

¹Поліський національний університет, Україна

²Жилінський університет в Жиліні, Словаччина

³Вінницький національний технічний університет, Україна

⁴Державний університет «Житомирська політехніка», Україна

**ІННОВАЦІЙНА НАПРАВЛЕНІСТЬ АВТОТРАНСПОРТНИХ
ПІДПРИЄМСТВ**

***Анотація.** Розглянуто механізм удосконалення визначення стратегічних напрямів розвитку інноваційного потенціалу автотранспортних підприємств шляхом зменшення часу простою рухомого складу через відсутність запасних частин. Запропоновано перелік ризиків оцінки непродуктивних простоїв і визначені показники рівня інноваційного потенціалу автомобільного транспорту. Запропоновано критерії підвищення рентабельності автопідприємства за рахунок оперативного управління складськими запасами.*

Проблематика. Для автотранспортних підприємств, для яких властивий перехід на новий шлях розвитку, позитивні результати може принести тільки інноваційна політика, орієнтована на відтворювальний процес з врахуванням стратегічних цілей, сучасних методів управління інноваційною діяльністю, пріоритетів та специфіки автопідприємства і транспортної галузі в цілому [1]. Активність у цьому напрямку на будь-якому ринку залежить від наявності певних особливостей та певних бар'єрів. Їх виявлення дозволяє визначити перспективи та встановити правильні шляхи інноваційного розвитку. Своєчасне та оперативне впровадження інновацій забезпечить конкурентоспроможність підприємства та оптимальне використання наявного виробничого потенціалу.

Процес вантажних перевезень – це сфера діяльності, яка потребує ретельного планування та постійного вдосконалення реалізації інновацій. Однак, незалежно від того, наскільки ретельно були сплановані процеси вантажних перевезень, є кілька загальних проблем, які часто зустрічаються в цьому секторі. Найбільш поширеними проблемами при організації автомобільних вантажних перевезень є затримка доставки вантажу і непродуктивні простой через неефективну роботу служби матеріально-технічного забезпечення автопідприємства, відсутності запасних частин для оперативного втручання.

Основні матеріали дослідження. Соціально-економічні реформи України зумовили радикальну структурну зміну автотранспорту як галузі. На місці структур централізованого галузевого управління автотранспортом поступово формується нова система, що відповідає вимогам ринкової економіки, заснована на механізмах ліцензування, сертифікацій, що поєднує адміністративні та економічні важелі управління.

Витрати на транспортування при вантажних перевезеннях, відомі як витрати на доставку, охоплюють загальні витрати, пов'язані з транспортуванням вантажів від постачальника до споживача. На вартість транспортування впливає кілька факторів, наприклад вага та об'єм вантажу, відстань сполучення, обраний спосіб транспортування та додаткові послуги: митне очищення, страхування, вимоги спеціалізованої обробки. Це свідчить, що точний розрахунок вартості

транспортування є важливим для ефективного бюджетування, стратегії ціноутворення та підтримки прибутковості в логістиці.

Діяльність автомобільного транспорту пов'язана з вирішенням широкого кола наукових, технологічних, економічних та стратегічних проблем. Це забезпечення ефективного та результативного функціонування транспортної системи, що вимагає збільшення інвестицій у розробку нових, ефективних та надійних транспортних засобів, будівництво доріг, навчання персоналу, підвищення якості проведення технічних обслуговувань рухомого складу тощо.

Витрати, пов'язані зі створенням виробничих потужностей, обслуговуванням та ремонтом є значними, однак навіть при цих витратах через відмови окремих вузлів та агрегатів транспортні засоби простоюють в очікуванні технічного обслуговування (ТО) та позапланового ремонту. Цей фактор набирає особливої гостроти при вимушених простоях через недосконалість матеріально-технічного забезпечення автопідприємства, так як напряду впливає на ефективність та безперебійність транспортного процесу. Серед проблем, які формують систему матеріально-технічного забезпечення автопідприємства є недостатній облік взаємозв'язку своєчасності поставки запасних частин при ТО і ремонті рухомого складу, як фактору впливу на частоту і тривалість непродуктивних простоїв (рис.1).

Особливої уваги при експлуатації рухомого складу вимагають роботи зі збору статистики про несправності, визначення потреби в запасних частинах, вибору оптимального терміну обслуговування та багато інших моментів. Сфера забезпечення запасних частин для автопідприємства, особливо де на балансі присутні різномаркові транспортні засоби є складною і неоднорідною.



Рисунок 1 – Проблеми з якими стикаються автотранспортні підприємства при непродуктивних простоях рухомого складу

Основними задачами матеріально- технічного забезпечення підприємств автомобільного транспорту є: прогноз і планування потреби в матеріальних ресурсах, організація і управління закупками, забезпечення ефективного зберігання, розробка і впровадження заходів на придбання, зберігання і використання. Разом з тим, досконалість системи матеріально-технічного забезпечення на автопідприємстві сприяє підвищенню економічних показників, підвищенню конкурентоспроможності, попиту водійського складу, залучення додаткових користувачів транспортних послуг, забезпечить сталий розвиток підприємства в перспективі.

У кожному ринковому сегменті функціонування автотранспортних підприємств реалізуються інформаційні моделі для рішення як тактичних, так і стратегічних задач. Тактичні задачі визначають ринкове забезпечення підприємства енергетичними і трудовими ресурсами, експлуатаційними матеріалами для транспортного самообслуговування.

Стратегічні задачі, це аналіз попиту на ринку автотранспортних послуг для визначення потрібної кількості технологічних ресурсів: а) технічних – автотранспорт, трудових – водіїв, енергетичних – паливо, електроенергія; б) формування вимог до споживчих властивостей нових технічних ресурсів; в) моніторинг сегментів ринку автомобілів за показниками конструктивно-технічних властивостей. До останніх відноситься інноваційне забезпечення технологічно-сталого розвитку ресурсно-технологічного базису і процесів автомобільних перевезень згідно очікуваного попиту [2].

Для проведення експериментального дослідження було обрано метод пасивного експерименту. Визначався вплив на коефіцієнт технічної готовності рухомого складу діючого вантажного АТП (процесу забезпечення необхідними запасними частинами). Дослідження передбачало вимірювання тільки вибраних показників в результаті спостереження за об'єктом для формування статистичної інформації без втручання в його функціонування. На рис. 2 представлено результати моніторингу витрат і кількості простоїв рухомого складу через відсутність запасних частин на складі автопідприємства.

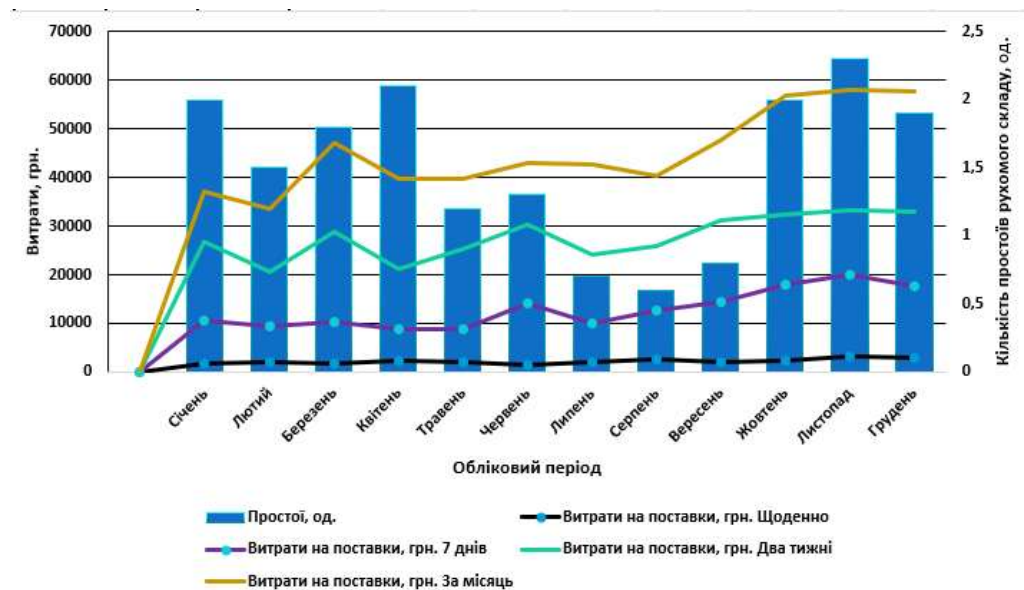


Рисунок 2 – Визначення оптимальної кількості витрат на запасні частини за обліковий період з урахуванням непродуктивних простоїв рухомого складу

Витрати, які пов'язані зі зберіганням необхідної кількості запасних частин відповідно номенклатурної групи на складі можна визначити за підходом [3]:

$$C_{\text{зчзбер}} = \sum_{i=1}^n C_i \cdot \omega_i(\Delta t) \cdot \Delta t, \quad (1)$$

де C_i - затрати на зберігання i -ої запасної частини на складі АТП за одиницю часу; Δt - проміжок часу, протягом якого на складі АТП буде зберігатись i - та кількість запасних частин; $\omega_i(\Delta t)$ - параметр потоку відмов деталей i - того найменування під час експлуатації рухомого складу протягом проміжку часу Δt .

Втрата прибутку від простоїв в ТО і ремонту через відсутність запасних частин (матеріалів) визначаємо:

$$C_{np} = T_{np} + C_t, \quad (2)$$

де, T_{np} - тривалість простою в ТО і ремонті через відсутність запасних частин, год; C_t – часовий дохід від роботи рухомого складу, грн/год.

Встановлено, що середні значення простою рухомого складу через відсутність запасних частин на складі АТП становить 1,6 авт. щоденно. Разом з тим, щоденна витрата на запасні частини здійснюється після встановлення факту відмови складової, або відсутності на складі і придбання через торгівельну мережу здійснюються вже при простої рухомого складу. Це свідчить, що для безперебійного надання транспортних послуг автотранспортному підприємству необхідно мати на складі певний обсяг запасних частин при виявленні факту простою рухомого складу для відновлення його працездатності.

Висновки. Для підвищення рентабельності перевізного процесу необхідна інноваційна організація забезпечення зберігання запасних частин (матеріалів) певної номенклатури і управління запасами. Пропонується застосовувати

комплексний підхід визначених витрат на придбання, доставку та зберігання запасних частин.

Література:

1. Біліченко В. В. Цільова комплексна програма управління інноваційним розвитком автотранспортних підприємств / В. В. Біліченко, С. О. Романюк // Наукові нотатки. - 2010. - Вип. 28. - С. 61-64.

2. Хабутдінов Р.А. Теорія автомобільно-транспортної технології. Монографія. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ : Видавець Кушнір Г.М. – 2024. – 192 с.

3. Біліченко В. В., Макаров В. А., Макарова Т. В., Антонюк О. П. Про раціональний підхід до забезпечення запасними частинами вантажних АТП регіону. Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Технічні науки»). 2018. Вип. 62. - С. 29-35.

etorzt@i.ua

oleksandr.kravchenko@fstroj.uniza.sk

expertauto@ukr.net

УДК 658.1:334.758.4

Яшина Т.Д., студ.,

Чебанова Т.Є., к.е.н., доц.

Одеський Національний Морський Університет, Україна

**ФІНАНСОВА СТІЙКІСТЬ АГРАРНО-СУДНОПЛАВНИХ ХОЛДИНГІВ
УКРАЇНИ: ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ**

***Анотація.** У матеріалах доповіді розглянуто особливості забезпечення фінансової стійкості аграрно-судноплавних холдингів України. Визначено основні загрози та перспективні напрямки удосконалення фінансового управління в умовах економіки воєнного часу.*

Фінансова стійкість є ключовою умовою ефективного функціонування будь-якого підприємства, особливо в періоди зовнішньоекономічних та політичних викликів. Для аграрно-судноплавних холдингів України ця категорія набуває особливого значення через подвійний характер діяльності - як у сфері аграрного виробництва, так і в логістичному забезпеченні експорту. Такі підприємства не тільки забезпечують продовольчу безпеку країни, а й формують значну частину валютних надходжень до державного бюджету, особливо в період дії обмежень на експорт іншої продукції.

Водночас вони залишаються надзвичайно вразливими до ряду чинників, серед яких - бойові дії, логістичні ризики, девальвація гривні, банківські обмеження, нестабільність ринків збуту.

Серед найбільш відомих аграрно-судноплавних холдингів варто виділити ТОВ «НІБУЛОН», який об'єднує функції виробництва, зберігання, транспортування і експорту сільськогосподарської продукції. Цей холдинг є прикладом вертикально інтегрованої компанії, що володіє власним флотом, терміналами і залізничною інфраструктурою. Проте навіть такі потужні структури зіткнулися з колосальними труднощами внаслідок війни: знищення частини флоту, блокування морських портів, перебої в логістиці та зростання витрат на фінансування. Все це суттєво знижує рівень фінансової стійкості.

Фінансова стійкість підприємства розглядається як здатність стабільно функціонувати в умовах змін зовнішнього середовища, зберігаючи платоспроможність, ліквідність, прибутковість та інвестиційну привабливість. Для аграрно-судноплавних холдингів вона залежить не лише від обсягу продажів, а й від ефективності управління активами, структурою капіталу, здатності залучати інвестиції та швидко адаптуватися до змін.

До основних проблем, які негативно впливають на фінансову стійкість таких підприємств в Україні, належать:

1) Ризики морської логістики: обмеження на судноплавство через блокування портів (наприклад, Миколаїв, Херсон), загроза обстрілів суден, відсутність страхування перевезень у зонах ризику.

2) Інфраструктурні втрати: руйнування портових та залізничних об'єктів, необхідність постійних ремонтів за власний кошт.

3) Обмежений доступ до кредитування: через високий рівень ризиків банківські установи знижують ліміти або відмовляють у фінансуванні судноплавних проєктів.

4) Високі витрати на енергоносії та паливе, які напряду впливають на вартість логістики.

5) Валютні ризики та інфляція: девальвація гривні ускладнює фінансове планування та знижує реальну вартість контрактів в іноземній валюті.

6) Проблеми страхування активів, особливо флоту, складів і вантажів у прифронтових регіонах.

У відповідь на ці виклики підприємства розробляють нові підходи до забезпечення фінансової стійкості. Зокрема, ефективним може бути впровадження таких рішень:

1) Диверсифікація логістичних маршрутів: активніше використання річкових та залізничних перевезень до європейських портів.

2) Міжнародна фінансова підтримка: участь у програмах ЄБРР, МФК, грантових платформах ЄС, що дають змогу залучити дешевші фінансові ресурси.

3) Цифрова трансформація фінансового менеджменту: автоматизація обліку, бюджетування, використання ERP-систем для контролю за витратами.

4) Створення резервних фондів та фінансових буферів, які дозволяють компаніям функціонувати у випадках надзвичайних витрат або тимчасових втрат доходів.

5) Поглиблена система ризик-менеджменту, що включає фінансове планування за сценаріями, адаптацію до шоків, короткострокове прогнозування ліквідності.

Окрім внутрішніх заходів, велику роль у зміцненні фінансової стійкості відіграє державна політика. Йдеться про субсидії на відновлення логістичних вузлів, пільгове кредитування, податкові стимули, державні гарантії для морських перевізників, зокрема у межах «зернової ініціативи».

Висновок: підтримання фінансової стійкості аграрно-судноплавних холдингів України є критично важливим не лише для самих підприємств, а й для всієї економіки держави. Забезпечення гнучкості, адаптивності та стабільного доступу до фінансування дозволить їм витримати тиск кризових явищ та зберегти потенціал для розвитку у післявоєнний період.

dmitrievna03561@gmail.com

ilyusha182004@gmail.com

СЕКЦІЯ 5
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ЛОГІСТИЧНИХ ТА
ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ

УДК 656.02:004.89

Боженко Т.І.,

Кічка О.І., к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧ
У ПОРТОВІЙ ЛОГІСТИЦІ

***Анотація.** Дослідження присвячено застосуванню технології блокчейн у сфері портової логістики. Особливу увагу приділено алгоритмам вирішення практичних задач з використанням технології блокчейн, а саме сертифікація екіпажу та моніторинг санітарного стану контейнерів.*

Морський ланцюг поставок завжди страждав від довгих циклів обслуговування, складних структур і неоднорідної інформації з багатьох джерел. У цьому контексті, будучи розподіленою системою баз даних, нова технологія блокчейн має характеристики децентралізації, захисту від втручання та відстеження, які можна правильно застосовувати у морській галузі для сприяння її трансформації та модернізації. Однак застосування блокчейну в морському ланцюзі поставок залишається помітно відсутнім, залишаючи цю критичну тему майже невивченою.

Сектор морського транспорту за своєю суттю характеризується складними процесами, пов'язаними з переміщенням товарів, що передбачає обробку пов'язаної інформації та метаданих. Відвантаження товарів і ведення записів у запутаній павутині ланцюга поставок, створюють значні проблеми, насамперед

через обсяги обміну документами між постачальниками, клієнтами, посередниками, портами та судноплавними компаніями тощо.

Крім того, вкрай важливо, щоб документи, які безпосередньо стосуються вантажних операцій, залишалися легко відстежуваними. Однак сьогоденна практика часто не дає бажаного рівня відстеження важливих цифрових документів, головним чином через обмеження вартості або властиву складність систем. Інтеграція технології блокчейн в індустрію морського судноплавства має потенціал для отримання безлічі переваг, зокрема в сферах безпечного відстеження документів і перевірки походження товарів для всіх зацікавлених сторін [1].

Блокчейн визначається як розподілена книга, яка зберігає постійний і захищений від підробки запис транзакцій даних. Це децентралізована система, де кожен вузол зберігає копію книги обліку, щоб уникнути єдиної точки збою.

На підставі вивчення досвіду застосування технології блокчейн, в дослідженні було виділено п'ять напрямків її використання, а саме: цифрові коносаменти, автоматизацію ланцюжка поставок, прозорі та безпечні операції з суднами, морське страхування та транзакції з фінансування суден.

Розглянемо окремо кожен з цих напрямків.

1. Використання технології блокчейн у застосуванні цифрових коносаментів. Блокчейн забезпечує більш прозорий і ефективний процес, спрощуючи перехід від традиційних паперових коносаментів до цифрових. Наприклад, Maersk розгорнула цифрові коносаменти в партнерстві з технологією TradeLens від IBM. Завдяки відстеженню в режимі реального часу та перевірці власності на відправлення, значно знижує ймовірність помилок, шахрайства та затримок, спричинених фактичним процесом оформлення документів.

2. Впровадження технології блокчейн задля автоматизації ланцюга поставок за допомогою смарт-контрактів. Реалізація смарт-контрактів на блокчейн-платформах, таких як Ethereum, революціонізує автоматизацію ланцюга поставок у морській галузі. Смарт-контракти, що виконуються

самостійно, використовуються для автоматизації та перевірки кількох етапів процесу доставки, від завантаження вантажу до митного оформлення.

3. Забезпечення прозорих та безпечних операції на судні завдяки технології блокчейн. Використання технології блокчейн для безпечного зберігання та передачі даних у режимі реального часу про рух суден, відомостей про технічне обслуговування та споживання палива.

4. Застосування технології блокчейн для ефективної обробки претензій у морському страхуванні. Блокчейн полегшує навігацію у морському страхуванні, спрощуючи процес розгляду претензій. На прикладі використання технології блокчейн Corda, було продемонстровано впровадження автоматизації виплат претензій за участі розумних контрактів. Страховики морської галузі та застраховані сторони зрештою виграють від цієї автоматизації, оскільки вона зменшує кількість помилок, прискорює процедуру розгляду претензій та гарантує прозорість.

5. Захист фінансових транзакцій суден з використанням технології блокчейн. Ця технологія пропонує безпечне фінансування суден, яке часто є вразливими до загроз шахрайства. Приклад використання блокчейн-технології Ripple у сфері морських фінансів демонструє, як методи валового розрахунку в режимі реального часу можуть підвищити ефективність і безпеку фінансових транзакцій.

В той же час, можна виділити наступні недоліки технології блокчейн. Серед яких: високе енергоспоживання, що несе ризик для навколишнього середовища; комплексна інтеграція витрат, що перешкоджає впровадженню технології для систем з меншою кількістю ресурсів; масштабованість; труднощі сумісності роботи із застарілими системами; порушення конфіденційності та захист прав, через що виникають проблеми щодо виконання законів про конфіденційність і захист даних; відповідність нормативним умовам, що вимагає постійного моніторингу та адаптації [2].

Підсумовуючи все вище сказане, на підставі проведеного аналізу, було виявлено відсутність алгоритмів використання технології блокчейн для вирішення таких задач як верифікація сертифікатів екіпажу та відстеження санітарного стану контейнерів. Отож, в цьому дослідженні запропоновані власні алгоритми рішення таких задач.

У процесі управління морським флотом часто виникає потреба у перевірці кваліфікації членів екіпажу: ліцензій, медичних допусків, сертифікатів з техніки безпеки тощо. Виконання цих процесів вручну спричиняє затримки та вимагає велику кількість персоналу.

Було створено блокчейн-алгоритм верифікації сертифікатів екіпажу, який дозволить миттєво перевіряти актуальність та достовірність документів моряків через децентралізовану систему. Першим етапом є реєстрація документів, кожен сертифікат (наприклад, допуск до навігації, медогляд, сертифікат безпеки) при видачі створюється у вигляді цифрового запису з хешем у блокчейні. Другий етап включає зміну статусу в реальному часі. Якщо сертифікат відкликається (через порушення, нові вимоги, закінчення терміну) — установи можуть оновлювати його статус через смарт-контракт. Третім етапом є запит на перевірку: судноплавна компанія або порт може виконати запит до блокчейн-мережі, і за ID моряка отримає усі необхідні документи. Останній етап передбачає безпеку та конфіденційність. Доступ до повних даних можуть мати лише уповноважені органи за допомогою шифрування та дозволів.

Також заслуговує уваги впровадження алгоритму відстеження санітарного стану контейнерів за допомогою технології блокчейн. Так як наразі контроль санітарного стану часто здійснюється вручну та локально, що ускладнює відстеження і створює ризики, такі як зіпсовані вантажі, зараження, штрафи від санітарних служб. Першим етапом виступає сама реєстрація контейнера. Кожному контейнеру присвоюється унікальний ID у блокчейні. Після кожної мийки, дезінфекції або перевірки його стану створюється запис про дату та час події, тип обслуговування, підпис компанії-оператора або контролера. Другий

етап - інтеграція з IoT (Internet of Things)-датчиками: контейнери мають бути оснащені температурними сенсорами та сенсорами вологості. Третій етап це контроль доступу, тобто перевізники, митниці, клієнти можуть перевірити історію контейнера перед завантаженням або прийомом товару. Верифікація виконується швидко та без посередників. Останній етап включає смарт-контракт, наприклад якщо контейнер не проходить санітарну перевірку або перевищує встановлені межі за останній рейс — смарт-контракт автоматично забороняє його використання до проведення очищення.

Висновок. Було проаналізовано світовий досвід використання блокчейну для вирішення задач у морській галузі, який показав значний потенціал цієї технології для трансформації портової логістики, зокрема в аспектах прозорості, безпеки, автоматизації та відстеження операцій. Запропоновано блокчейн-алгоритми для верифікації сертифікатів екіпажу (що автоматизує процес перевірки документів) та для перевірки й контролю санітарного стану контейнерів.

Література

1. Jianguo Liu, Huimin Zhang, Lu Zhen. Blockchain technology in maritime supply chains: applications, architecture and challenges. 2021
URL:<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00207543.2021.1930239?scroll=top&needAccess=true>
2. Mohamed Ben Farah , Yussuf Ahmed, Haithem Mahmoud, Syed Attique Shah, M. Omar Al-kadri, Sandy Taramonli, Xavier Bellekens, Raouf Abozariba, Moad Idrissi, Adel Aneiba. A survey on blockchain technology in the maritime industry: Challenges and future perspectives. 2024
URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X24001213>

tettyboshenko05@gmail.com

ki4kinaoi@ukr.net

УДК 656.615:004.9

Демир Л.Ф.,

Кічка О.І., к.т.н., доц.

Одеський національний морський університет. Україна

ЗАСТОСУВАННЯ ІОТ-СЕНСОРІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ КОНТЕЙНЕРІВ, ВАНТАЖІВ У РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ

***Анотація.** В статті досліджується значний потенціал Інтернет Речей (IoT-сенсорів) для оптимізації портової логістики, зокрема в контексті моніторингу контейнерів та вантажів у реальному часі, оптимізації маршрутів перевезення та загального підвищення ефективності роботи смарт-портів.*

Проблематика: У сучасному світі, де глобальна торгівля стрімко розвивається, цифровізація логістичних процесів набирає обертів, питання прозорості та управління перевезенням контейнерів і вантажів стають критично важливими. Традиційні підходи до моніторингу вантажів і контролю маршрутів вже не в змозі швидко реагувати на постійні зміни в логістичних ланцюгах. На ці виклики відповідають рішення, засновані на технології Інтернету речей (IoT), які сприяють збору та обробці даних у режимі реального часу.

IoT (Інтернет Речей) відноситься до мережі підключених пристроїв, які збирають і передають дані через Інтернет. Під час відстеження відправлень датчики з підтримкою Інтернету речей, GPS-трекери та мітки RFID (радіочастотна ідентифікація), вбудовані у вантажі і транспортні засоби, щоб забезпечити відстеження їх стану і рух у реальному часі. Ці пристрої збирають важливі дані, такі як місцезнаходження, температура, вологість і стан безпеки, забезпечуючи моніторинг вантажів на кожному етапі. [1]

Загалом, розгортання Інтернету речей (IoT) дає можливість портам оптимізувати ресурси та мінімізувати втручання людини. IoT охоплює мережу взаємопов'язаних пристроїв, об'єктів і датчиків, здатних збирати та передавати дані через Інтернет. Це забезпечує безперебійний зв'язок і обмін даними між пристроями, забезпечуючи автономне прийняття рішень без нагляду з боку

людини. Таким чином, вірогідність людських помилок зменшується, це підвищує ефективність роботи, управління та, зокрема, безпеку в портах. [2]

Також, дані про місцезнаходження і стан вантажу допомагають портовим операторам ефективніше контролювати роботу, прогнозувати можливі проблеми та приймати зважені рішення. Наприклад, порт Лос-Анджелеса використовує датчики з підтримкою Інтернету речей для моніторингу якості повітря та продуктивності обладнання, підвищуючи ефективність роботи та відповідність екологічним вимогам. [3]

До переваг IoT відноситься: можливість відстеження у реальному часі місцезнаходження транспортних засобів і контейнерів; зберігання даних в хмарному середовищі; можливість надсилати миттєві сповіщення про відхилення від маршрутів, затримки, зміни температури в рефрижераторному контейнері, аварійні ситуації. Використання IoT дозволяє формувати альтернативні маршрути на підставі використання штучного інтелекту та машинного навчання, аналізуючи попередні ситуації. [1]

Для вирішення задачі моніторингу контейнерів, вантажів у реальному часі з використанням IoT були проаналізовані існуючі методи оптимізації маршрутів на основі IoT, а саме: метод інтелектуального керування трафіком - означає збирання датчиками IoT поточних даних про трафік і прогнозування найбільш ефективних маршрутів доставки, що в свою чергу скорочує час доставки та споживання палива; технологія геоогорожі - ця технологія дозволяє створити віртуальні географічні кордони і також надсилати сповіщення, коли вантажі з IoT-сенсорами надходять або залишають визначені зони, що підвищує безпеку та забезпечує дотримання плану маршруту; технологія динамічного коригування маршруту - дає змогу на основі штучного інтелекту переглядати маршрути у разі непередбачених збоїв, аварій або екстремальних погодних умов, забезпечуючи своєчасну доставку. [1]

Інтеграція технології Інтернету речей у діяльність порту, а саме в сфері моніторингу контейнерів та вантажів, оптимізації їх розміщення на контейнерному майданчику та складах, має численні переваги.

Відстеження контейнерів та вантажів у режимі реального часу за рахунок використання автоматизованої системи розподілу ресурсів гарантує більш швидку обробку вантажу на підставі зменшення часу на пошук та переміщення вантажів і контейнерів, використання необхідного за типом і кількістю відповідного перевантажувального обладнання.

Застосування датчиків для контролю стану і доступності портового обладнання, наприклад кранів, автонавантажувачів і вантажівок, дозволить оптимізувати використання обладнання, забезпечуючи мінімальний час простою; зниження витрат за рахунок прогнозного технічного обслуговування.

Водночас було досліджено фактори, які значно впливають на впровадження технології IoT-сенсорів в українських портах. Зокрема, в українських портах зазвичай застарілі системи обладнання, які ускладнюють інтеграцію з новітніми технологіями і потребують оновлення, а оновлення в свою чергу потребує інвестицій. Одним із факторів, який також впливає на впровадження Інтернету Речей є підключення до мережі Інтернет; в Україні наразі немає технологій, які могли б підтримувати стабільне підключення до мережі задля коректної роботи Iot-сенсорів. Також, розгортання IoT потребує високих початкових інвестицій в самі датчики, хмарні сховища та новітні рішення для підключення, що є проблематичним в умовах економіки через воєнний стан на сьогоднішній день.

Висновок: Інтеграція IoT-сенсорів у портову логістику відкриває широкі можливості для підвищення ефективності перевезень, зокрема шляхом оптимізації маршрутів доставки та забезпечення постійного моніторингу контейнерів у реальному часі. Завдяки використанню GPS-технологій, хмарних платформ та систем ШІ забезпечується швидкий доступ до актуальної інформації, оперативне реагування на надзвичайні ситуації та зниження рівня людських помилок. Водночас, попри численні переваги, існують і певні виклики — зокрема, високі початкові інвестиції, проблеми сумісності з застарілими системами та залежність від стабільного підключення до інтернету. Врахування цих факторів є вкрай важливим для успішного впровадження IoT у сферу логістики та портового управління. Таким чином, подальше дослідження має

бути спрямоване як на розвиток технологічних рішень, так і на пошук шляхів подолання зазначених обмежень.

Література:

1. Gaurav Shriwastava - «The Role of IoT in Real-Time Shipment Tracking and Route Optimization», 2025.
2. URL: <https://www.ivoyant.com/blogs/the-role-of-iot-in-real-time-shipment-tracking-and-route-optimization>
3. Jessica Nguyen – «Rise of Smart Port: How it is changing maritime trade in future», 2024.
4. URL: <https://worldcraftlogistics.com/rise-of-smart-port-how-it-is-changing-maritime-trade-in-future>
5. Jaber Ebrahimi– «Role of Technology in Enhancing Port Efficiency», 2024.
6. URL: <https://www.visiwise.co/blog/enhancing-port-efficiency/>

lubovdemir539@gmail.com

ki4kinaoi@ukr.net

УДК 656.3: 004

Кічкін О.В.¹, ст. викл.,

Кічкіна О.І.², к.т.н., доц.,

Micah Vodolazsky³

¹ Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

² Одеський національний морський університет, Україна

³AVA Carrier LLC, Lincoln, NE, USA

**ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БІЗНЕСУ АВТОМОБІЛЬНИХ
ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ**

***Анотація.** В статті представлений аналіз проблем, пов'язаних з створенням інформаційної системи для забезпечення бізнесу автомобільних вантажних перевезень на прикладі компанії-перевізника, яка працює на ринку комерційних автоперевезень США.*

Проблематика дослідження. Ефективне функціонування бізнесу автомобільних вантажних комерційних перевезень зумовлено багатьма факторами. Ці фактори підрозділяються на наступні групи:

- комерційні, які зумовлюють ціни та об'єм вантажних перевезень та залежать від сезону року;
- маркетингові, які зумовлюють попит на послуги конкретної компанії-перевізника;
- технічні, які залежать від технічних можливостей компанії-перевізника, зокрема від складу та стану парку автотранспортних засобів;
- інформаційні, які зумовлені можливостями інформаційного забезпечення бізнесу автомобільних вантажних комерційних перевезень.

Остання група факторів надалі відіграє все більшу роль у формуванні ефективного бізнесу автомобільних вантажних комерційних перевезень. Особливе значення при цьому має створення відповідної інформаційної системи компанії-перевізника.

Реальне створення подібної інформаційної системи стикається з двома основними проблемами. Перша проблема пов'язана з необхідністю використання публічних інформаційних сервісів, які забезпечують бізнес автомобільних вантажних комерційних перевезень. Друга проблема полягає в необхідності вибору типу застосунку (offline або online).

Вирішення першої проблеми, як правило, забезпечується створенням корпоративної бази даних компанії, яка дозволяє інтегрувати інформацію відповідних публічних сервісів в єдину інформаційну модель з можливостями її оперативного використання для потреб компанії-перевізника. Відповідна інформаційна інтеграція з корпоративною базою даних відбувається на файловому рівні (як правило в форматі Excel) або на програмному рівні (API-інтерфейс відповідного публічного сервісу).

Вирішення другої проблеми, яке полягає у створенні відповідного застосунку залежить в першу чергу від фінансових можливостей компанії, оскільки створення та експлуатація online- та offline- версії застосунку одночасно передбачає значні бюджетні витрати компанії. При цьому створення застосунку залежить від можливостей корпоративної бази даних, яка також створюється в online або offline варіанті, що в кінцевому варіанті й визначає online або offline варіант створення програмного застосунку інформаційної системи компанії-перевізника.

Розглянемо приклад створення подібної інформаційної системи на базі компанії-перевізника, яка працює на ринку комерційних автоперевезень США.

Основу створеної корпоративної бази даних складають наступні публічні інформаційні сервіси:

- FleetOne - сервіс продажу паливно-мастильних матеріалів з можливістю використання паливної картки в якості кредитної;
- ITS-Dispatch – сервіс обліку вантажів з можливістю ведення довідників транспорту, водіїв та вантажних брокерів;
- QuickBooks Online – сервіс бухгалтерського та фінансового обліку;
- Comdata – сервіс мікрокредитування , який використовується як основа всіх оперативних витрат компанії-перевізника;
- IPASS & KTAG – сервіси, які реалізують безконтактну технологію оплати платних шляхів у відповідних штатах;
- GOOGLE-сервіс – реалізує online ведення додаткових доходів та витрат, які первинно формуються не в електронному вигляді.

Створена на основі цих сервісів корпоративна база даних оперативно оновлюється на файловому рівні, що не потребує додаткових витрат на API-ліцензію. Мінімізація витрат компанії на створення та подальшу експлуатацію інформаційної системи передбачало створення Offline версії корпоративної бази даних та відповідного програмного застосунку.

Особливої уваги потребують технологічні рішення, пов'язані з вирішенням специфічних задач, які потребують нестандартних підходів. До переліку таких задач відносяться, по-перше, задача розпізнавання тексту сканованих вантажних документів низької якості. Для вирішення цієї задачі було застосовано штучний інтелект(ШІ) та його навчання на перелік форм документів різних вантажних брокерів. По-друге, це задача автоматизованого контролю температури при перевезенні ріфферних вантажів, яка була вирішена за допомогою технології RFID та відповідного програмного забезпечення в online та offline версії.

Висновки: Запропонована методика створення інформаційної системи дозволяє створити ефективне інформаційне забезпечення бізнесу автомобільних вантажних комерційних перевезень. Основою такого рішення є мінімізація витрат на проектні та експлуатаційні витрати та можливість інтеграції будь-яких публічних інформаційних сервісів.

kichkin@ukr.net

ki4kinaoi@ukr.net

УДК 339.173

Клюєв С.О., к.т.н., доц.,

Кириченко І.О., д.т.н., проф.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ЛОГІСТИЦІ

Впровадження цифрових технологій у логістичну сферу дозволяє забезпечити краще управління виробничими запасами, більш оптимальне використання складських площ, зменшити витрати на внутрішнє обслуговування складу та підвищити ефективність комплектування товарів відповідно до поточного попиту. Програмне забезпечення системи управління складом дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати за рахунок скорочення часу

пошуку складської продукції, більш оптимального використання складських площ.

Також важливим є облік вантажів та їх постійний супровід диспетчерською службою, що може здійснюватися більшою мірою за рахунок цифрових технологій, що зменшує вплив людського фактору на прийняття рішень, а також похибку їх прийняття.

Цифрові технології дозволяють досягти принципово нового рівня точності та надійності в обміні інформацією, завдяки сучасним інформаційно-комунікаційним технологіям можлива тісна взаємодія з бізнес-партнерами, що дає змогу скоротити цикл замовлення та його обробку під час транспортування.

У логістичній діяльності використання цифрових технологій є важливим у плануванні розподілу ресурсів, транспортних витрат, розташування запасів та інших напрямків планової діяльності. Планування розподілу ресурсів дає змогу мінімізувати майбутні проблеми із запасами та забезпечити чіткість і своєчасність поповнення запасів при використанні сучасних інформаційних ресурсів.

Але позитивний ефект від впровадження цифрових технологій проявляється не лише в управлінні запасами, а й в обробці та реєстрації замовлень у режимі реального часу, плануванні перевезень, аудиті платежів за перевезення продукції тощо. Автоматизація ідентифікації продукції забезпечує обізнаність на всіх етапах процесу логістичного обслуговування, захищає від появи фальсифікованої продукції.

Розвиток цифрових технологій призвів до переходу від автоматизації в логістичній системі до цифровізації завдяки впровадженню: Інтернет речей – IoT / Машина-машина – M2M; Інтерактивні електронні портали; Великі дані; Штучний інтелект (ШІ); Бізнес-аналітика (БІ); Інтелектуальний аналіз даних; Блокчейн; Хмарні сервіси; Електронна комерція; Логістика п'ятого рівня (5PL); Колл-центр, Стратегічна оптимізація мережі (SNO); Електронне управління ланцюгами поставок (E-SCM); Планування ресурсів підприємства (ERP);

Система управління транспортом (СУТ); Система управління складом (WMS); Планування ресурсів виробництва (дистрибуції) (M(D)RP II); Планування ресурсів підприємства (ERP II), $(ERP II = MRP II + FRP)$; Синхронізоване планування ресурсів клієнта (CSRП); Управління взаємовідносинами з клієнтами (CRM); Управління ланцюгом поставок (SCM); Управління взаємовідносинами з постачальниками (SRM); Безперервні закупівлі та підтримка життєвого циклу (CALS); - електронний обмін даними (EDI) тощо.

Впровадження цифрових технологій руйнує операційну диференціацію через її функціонування у віртуальному просторі, що впливає не лише на вартісну складову цінностей, а й на клієнтоорієнтацію зі скороченим циклом логістичних послуг.

Застосування логістики п'ятого рівня (5PL) через «єдине вікно» забезпечує весь комплекс інтегрованих логістичних послуг та дає власнику вантажу можливість отримувати весь спектр логістичних послуг одночасно на одному ресурсі. 5PL виступає практичним інструментом для управління логістичними потоками, які включають матеріальні, віртуальні, трудові, фінансові, інформаційні, та для забезпечення синергетичного ефекту для логістики в цілому.

Цифрові технології призвели до використання підходу «безпосередньо до споживача» (D2C), що популяризувало попит на послуги доставки та дозволило знизити витрати виробників на утримання власного автопарку. Інструментарій штучного інтелекту (ШІ), який максимально впроваджує цифрові технології для самостійного управління перевезеннями в режимі реального часу та забезпечує максимальну персоналізацію відносин з кінцевим споживачем.

Хмарні технології поєднують фізичну та віртуальну реальність в результаті додавання фізичної фізичної реальності до цифрових віртуальних об'єктів. Хмарні технології успішно обслуговують такі елементи логістичної системи, як: складування, постачання ресурсів та продукції, оптимізація транспортування тощо. Найбільший ефект від впровадження хмарних технологій спостерігається

у підтримці управління складським господарством, оскільки вони дозволяють вдвічі скоротити витрати на складання товарів, покращити процес комплектації та забезпечити краще розміщення вантажів на складах. Хмарні та мережеві інформаційні системи дозволяють візуалізувати склади та розробляти проекти їх реконструкції для підвищення ефективності використання складів.

Цифрові технології хмарних та мережевих сервісів активно використовуються та мають потенціал для подальшого застосування в оптимізації перевезень, особливо міжнародних, перевірці повноти поставок, контролі завантаження складів, системі навігації логістичних операцій.

У логістиці також широко використовуються цифрові технології, такі як системи Knapp, SAP та Ubimax, які надають можливість розпізнавати такі логістичні об'єкти, як склади, транспорт, маршрути в режимі реального часу, зчитувати штрих-коди, сканувати внутрішню навігацію та інтегрувати інформацію із систем управління складом, розраховувати найоптимальніші маршрути, постійно оновлювати інформацію про залишки на складах у режимі реального часу, уникати помилок в обліку товарів на складах, знижувати витрати на зберігання запасів.

Новим напрямком впровадження цифрових технологій у логістиці є впровадження для клієнтів послуг, пов'язаних зі зберіганням, ремонтом та покращенням якості логістичних послуг. Також високу ефективність демонструє застосування хмарних технологій у контролі та моніторингу діяльності працівників складів та ремонту за допомогою передового розпізнавання зображень, що дає змогу виявляти помилки в процесі складання та ремонту. Хмарні цифрові системи забезпечують візуальний спосіб підтримки ідентифікації та виправлення помилок працівниками, скорочуючи час складання та ремонту.

Використання хмарних технологій дає можливість об'єднувати товари під час відправлення, скануючи їх розміри та оцінюючи вагу, що дозволяє вибрати не тільки найкращий варіант доставки, але й упаковку.

Висновки. Цифрові технології дозволяють перетворити капітальні витрати на операції, забезпечуючи збереження інформації та надаючи швидкий доступ до неї, на основі чого можливі більш оптимальні управлінські рішення, а також впровадження превентивних дій на будь-якому ланцюжку логістичних послуг, що підвищує якість обслуговування клієнтів.

Обґрунтування переваг використання цифрових технологічних систем у логістичній діяльності, такої як: електронна комерція; кол-центр, стратегічна оптимізація мережі; електронне управління ланцюгом поставок; планування ресурсів підприємства; система управління транспортом, система управління складом, планування виробничих (дистрибуційних) ресурсів, планування ресурсів підприємства, синхронізоване планування ресурсів з клієнтами, управління взаємовідносинами з клієнтами, управління ланцюгом поставок, постачальник

Управління взаємовідносинами, безперервні закупівлі та підтримка життєвого циклу, електронний обмін даними та інші дозволяють оцінити їхній значний внесок у розвиток логістичної сфери.

Література:

1. Romanová a. et al. Application of modern information technology in innovation of business logistics processes // Ad Alta: Journal of interdisciplinary research. – 2019. – т. 9. – №. 1.

2. Frąś J., Scholz S., Olsztyńska I. Modern information technologies in the logistics of e-business //Research in Logistics & Production. – 2017. – Т. 7. – №. 4. – С. 285-297.

3. Качуровський С. В. Інформаційні технології в логістиці складування на підприємствах АПК //Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки). – 2013. – №. 2 (6). – С. 149-155.

4. Ключев С.О. Особливості цифрового розвитку транспортної галузі / С.О. Ключев, І.М. Смола // «Транспорт: наука та практика»: збірник наукових праць

III-ї міжнародної науково-практичної конференції, 16 травня 2024 р., м. Київ, Одеса / К.: СНУ ім. В. Даля, 2024. – С. 302–307.

5. Ключев С.О. Формування інформаційного забезпечення вантажних та пасажирських перевезень / С.О. Ключев, Сігонін А.Є. // Технологія-2024: матеріали міжн. наук.-практ. конф. 24 травня. 2024 р., м. Київ. / укладач Є. І. Зубцов – Київ : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2024. – С. 85–86.

6. Ключев С.О. Використання штучного інтелекту в управлінні логістичними процесами / С.О. Ключев, І.О. Кириченко, А.Є. Сігонін // Логістичне управління та безпека руху на транспорті: збірник наукових праць науково-практичної конф., 1 лютого 2024 р., м. Київ / відп. ред. Н.Б. Чернецька-Білецька. – Київ: СНУ ім. В. Даля, 2024. – С. 31–33.

7. Потапова Н. А. Перспективи впровадження інформаційних технологій у логістиці // Міжнародна науково-практична конференція «Відновлення України у повоєнні часи: виклики, стратегічні пріоритети, ресурсне забезпечення, потенціал майбутнього розвитку». – 2024. – С. 41-43.

kliuiev@snu.edu.ua

i_kir@ukr.net

УДК 65.01:656.2

Ключев С.О., к.т.н., доц.,

Сігонін А.Є., студ.

Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ

Цифровізація вантажних та пасажирських перевезень сприяє вдосконаленню транспортної інфраструктури через інтеграцію сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. Використання автоматизованих

систем моніторингу, обробки великих даних та інтелектуального управління дозволяє підвищити ефективність, зменшити витрати та забезпечити точність управлінських рішень у транспортній сфері. Цифрові технології також змінюють форми взаємодії між учасниками транспортних процесів, забезпечуючи безперервний обмін інформацією в реальному часі. Впровадження прогнозування попиту, оптимізації маршрутів та моніторингу руху дозволяє зменшити затори, покращити екологічну ситуацію та підвищити комфорт для пасажирів.

Метою тези є дослідження впливу цифровізації на ефективність та безпеку вантажних і пасажирських перевезень, а також аналіз використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій для оптимізації транспортних процесів.

Завдання полягає в аналізі технологій цифровізації вантажних та пасажирських перевезень, дослідженні їх впливу на ефективність і безпеку перевезень, оцінці ролі автоматизованих систем і платформ, а також визначенні перспектив розвитку цифрових технологій у транспортній галузі.

Методика проведення роботи включає аналіз сучасних технологій цифровізації в транспорті через вивчення наукових джерел, статистичних даних та практичних прикладів. Для оцінки ефективності цифрових рішень застосовуються порівняльний аналіз та моделювання на основі реальних кейсів у сфері перевезень.

Значимість отриманих результатів полягає в тому, що вони дозволяють оцінити вплив цифровізації на ефективність вантажних та пасажирських перевезень, а також визначити основні напрямки для покращення транспортних процесів. Результати можуть стати основою для подальших досліджень і впровадження інноваційних рішень у транспортну інфраструктуру.

Цифровізація вантажних і пасажирських перевезень сприяє суттєвим змінам у транспортній галузі, покращуючи процеси та спрощуючи управління перевезеннями. Інтеграція сучасних інформаційно-комунікаційних технологій

забезпечує більш ефективну організацію руху, зменшення витрат та підвищення якості пасажирського сервісу. Автоматизовані системи моніторингу дозволяють контролювати транспорт у реальному часі, що дає змогу оперативно коригувати маршрути, уникати затримок і оптимізувати використання ресурсів. Це сприяє економії пального, підвищенню ефективності транспорту та покращенню точності виконання графіків [1,с.64]. В умовах воєнного стану цифровізація також має важливе значення для швидкої адаптації транспортних мереж до нових викликів, забезпечуючи ефективну координацію та логістичну підтримку в надзвичайних ситуаціях [2].

Обробка великих даних відкриває можливості для аналізу пасажиропотоків і вантажоперевезень, прогнозування попиту та оптимізації маршрутів, що допомагає знизити витрати і водночас покращити якість обслуговування. Технології Інтернету речей (IoT) забезпечують автоматичний збір інформації з різноманітних датчиків і пристроїв, встановлених як на транспортних засобах, так і на інфраструктурних об'єктах. Це дозволяє своєчасно виявляти несправності та проводити необхідні технічні роботи, що підвищує надійність транспорту й мінімізує ймовірність аварій.

Цифрові технології докорінно змінюють взаємодію між усіма учасниками процесу перевезень, забезпечуючи більш узгоджену координацію та полегшуючи планування. Завдяки використанню цифрових платформ і мобільних додатків для пасажирів стало можливим здійснювати бронювання, оплату й відстеження транспортних засобів у режимі реального часу. Це створює комфортніші умови для користувачів і підвищує загальну зручність послуг.

Цифровізація вантажних та пасажирських перевезень значно змінює функціонування транспортної системи, підвищуючи її ефективність і безпеку. Використання автоматизованих систем, таких як GPS-навігація та аналіз великих даних, дозволяє оперативно реагувати на зміни в попиті та зменшити витрати на паливо. Це дозволяє знизити час бездіяльності транспортних засобів на 20-30%,

що, в свою чергу, збільшує загальну рентабельність перевезень і підвищує ефективність роботи транспортних компаній.

Завдяки цифровим технологіям, також покращується безпека на дорогах. Інтелектуальні системи управління рухом та моніторинг транспорту в реальному часі дозволяють своєчасно виявляти порушення правил дорожнього руху, що сприяє зменшенню кількості аварій на 15-20%. Це підвищує рівень безпеки як для водіїв, так і для пасажирів, знижуючи ризики дорожніх інцидентів [3,с.17].

Цифрові платформи для планування маршрутів дозволяють знижувати час доставки вантажів на 25-30%, а також оптимізувати навантаження транспортних засобів, що сприяє зменшенню кількості порожніх рейсів та зниженню викидів шкідливих газів в атмосферу. Ці технології покращують обслуговування пасажирів, даючи можливість здійснювати оплату через мобільні додатки та точно планувати поїздки, що підвищує комфорт і зручність користувачів.

Автоматизовані системи та цифрові платформи істотно покращують ефективність транспортних перевезень. Вони допомагають оптимізувати маршрути, скорочують час простою транспорту і зменшують витрати на паливо. Інтелектуальні системи управління рухом у режимі реального часу підвищують рівень безпеки, зменшуючи кількість аварій і порушень. Завдяки таким технологіям зростає рентабельність перевезень, а вплив транспорту на довкілля стає менш значним. Цифрові рішення також сприяють раціональному використанню транспортних ресурсів, оптимізуючи логістичні процеси.

Розвиток цифрових технологій у транспортній галузі відкриває широкі можливості для вдосконалення логістичних процесів. Автономні транспортні засоби сприяють не лише зменшенню витрат на робочу силу, але й підвищенню рівня безпеки завдяки автоматизації управління. Застосування штучного інтелекту дозволяє ефективніше оптимізувати маршрути та прогнозувати трафік, що зменшує затори і знижує загальні витрати на перевезення. Технології Інтернету речей (IoT) забезпечують безперервний моніторинг стану транспорту та інфраструктури, завчасно виявляючи несправності й мінімізуючи витрати на

технічне обслуговування. Разом ці технології сприяють підвищенню якості перевезень, зменшенню негативного впливу транспорту на довкілля, а також підтримують сталий розвиток і екологічну безпеку галузі [4,с.132].

Отже, цифровізація вантажних та пасажирських перевезень оптимізує процеси і підвищує ефективність перевезень, знижуючи витрати та покращуючи безпеку. В умовах війни цифрові технології допомагають підтримувати безперебійне функціонування транспортних мереж та адаптуватися до змін в обстановці.

Література:

1. Особливості розвитку ринку вантажних і пасажирських перевезень / М. Маяк та ін. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2020. Т. 2, № 15. С. 64–71. URL: <https://doi.org/10.36910/automash.v2i15.393>.
2. Григораш Т. Ф., Сагло К. С. Вплив війни на сферу вантажних перевезень України. *Efektivna ekonomika*. 2024. № 3. URL: <https://doi.org/10.32702/2307-2105.2024.3.89>.
3. Степаненко Р. Пріоритети та ризики цифрової трансформації в формуванні потреб управління сучасними екосистемами. *Актуальні проблеми інноваційної економіки та права*. 2024. Т. 2024, № 5. С. 16–20. URL: <https://doi.org/10.36887/2524-0455-2024-5-3>.
4. Бурдик О. Ю. Основні принципи управління вартістю автотранспортного підприємства. *Herald of Lviv university of trade and economics economic sciences*. 2021. № 62. С. 132–136. URL: <https://doi.org/10.36477/2522-1205-2021-62-18..>
5. Ключев С.О. Інноваційний розвиток вантажних перевезень на залізничному транспорті / С.О. Ключев, Д.Г. Кузнєцов // Сучасні дослідження: транспортна інфраструктура та інноваційні технології: Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти, викладачів та науковців 29-30 листопада 2023р. м. Київ, вид-во: Київський інститут залізничного транспорту Державного університету інфраструктури та технологій, реєстр. УкрІНТЕІ №396 від 09.10.2023, 2023. Ч.1. С. 131–135.

6. Ключев С.О. Розвиток інтелектуальних транспортних систем / С.О. Ключев, А.Є. Сігонін, С.В. Цимбал // Вісник машинобудування та транспорту. – 2023. – Т. 18. – №. 2. – С. 80-86.

7. Ключев С.О. Особливості цифрового розвитку транспортної галузі / С.О. Ключев, І.М. Смола // «Транспорт: наука та практика»: збірник наукових праць III-ї міжнародної науково-практичної конференції, 16 травня 2024 р., м. Київ, Одеса / К.: СХУ ім. В. Даля, 2024. – С. 302–307.

8. Ключев С.О. Формування інформаційного забезпечення вантажних та пасажирських перевезень / С.О. Ключев, Сігонін А.Є. // Технологія-2024: матеріали міжн. наук.-практ. конф. 24 травня. 2024 р., м. Київ. / укладач Є. І. Зубцов – Київ : Східноукр. нац. ун-т ім. В. Даля, 2024. – С. 85–86.

kliuiev@snu.edu.ua

a.sigonin2020@gmail.com

УДК 004.4

Лютак І.З., д.т.н., проф.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

ВИКОРИСТАННЯ КОМПОНЕНТНОГО ПІДХОДУ В ПРОЄКТУВАННІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

***Анотація.** У тезах розглянуто використання компонентного підходу для проєктування інтелектуальних транспортних систем. Проаналізовано особливості побудови архітектури із застосуванням *reactjs* та окреслено переваги і перспективи такого підходу.*

Проблематика дослідження. У сучасних умовах інтенсивного розвитку транспортної інфраструктури виникає потреба у створенні інтелектуальних транспортних систем (ІТС), здатних адаптивно реагувати на зміну умов дорожнього руху, підвищувати ефективність логістики та забезпечувати безпеку

перевезень. Традиційні монолітні підходи до розробки програмного забезпечення для транспортної галузі виявляються недостатньо гнучкими та складними для масштабування в умовах динамічного розвитку технологій. Це обумовлює необхідність пошуку нових методів проєктування та реалізації програмних рішень. Компонентний підхід до розробки програмного забезпечення дозволяє будувати гнучкі, масштабовані та легко модифіковані системи, що відповідає вимогам сучасних ІТС. Завдяки модульності та чітким інтерфейсам взаємодії компонентів спрощується процес оновлення, розширення та інтеграції нових функцій без значного втручання в основну архітектуру системи. Це особливо важливо для транспортної сфери, де системи повинні підтримувати роботу в режимі реального часу, обробляючи великі обсяги даних із різномірних джерел. Попри очевидні переваги, впровадження компонентного підходу в транспортних застосунках супроводжується низкою викликів, серед яких забезпечення сумісності між компонентами, оптимізація продуктивності та гарантування високого рівня надійності систем. Тому актуальним є дослідження методів інтеграції компонентних рішень у структуру інтелектуальних транспортних систем з урахуванням специфіки транспортних процесів, вимог до безпеки та оперативності функціонування.

Основні матеріали дослідження. Публікація Jeong, Baek і Son присвячена побудові компонентно-орієнтованої архітектури для кіберфізичних систем у сфері транспорту [1]. У роботі пропонується структура з чітким розподілом обов'язків між компонентами, що дозволяє реалізувати адаптивну поведінку системи у режимі реального часу. Проте автори зосереджуються переважно на архітектурі взаємодії апаратних і програмних частин без прив'язки до сучасних веб-технологій чи фреймворків на зразок ReactJS. Стаття Kothapalli аналізує розвиток компонентно-орієнтованого підходу у фронтенд-розробці, акцентуючи увагу на таких фреймворках як React, Angular та Vue.js [2]. Робота дає чітке розуміння переваг модульності та повторного використання коду, що є фундаментом для сучасних програмних систем. Водночас дослідження не

фокусується на специфічних застосуваннях у транспортних системах і не розглядає питання інтеграції компонентних підходів із системами управління реального часу. У роботі Reddy представлений огляд основних бібліотек компонентів для ReactJS, де автор оцінює їхню функціональність, гнучкість та зручність для практичного використання [3]. Стаття корисна для розуміння можливостей готових рішень у React-екосистемі та може допомогти при виборі інструментів для проєктування інтерфейсів. Проте робота обмежується аналізом окремих бібліотек і не зачіпає питання побудови складних систем, таких як інтелектуальні транспортні рішення.

Побудова архітектури інтелектуальної транспортної системи на основі компонентного підходу передбачає розподіл функціональності на окремі незалежні модулі, кожен з яких виконує певну роль у загальній структурі. Для фронтенд-частини особливо важливо забезпечити чітку ієрархію компонентів, де базові елементи, такі як віджети відображення інформації про транспортні потоки або навігаційні панелі, є самостійними та можуть використовуватись повторно. Використання ReactJS як платформи для реалізації такої архітектури дозволяє спростити управління станом системи, організувати ефективну обробку подій у реальному часі та легко масштабувати застосунок за рахунок додавання нових функціональних блоків. Одним із ключових принципів при розробці архітектури є забезпечення слабкої зв'язаності та високої когезії компонентів. Це досягається через використання чітко визначених інтерфейсів обміну даними між компонентами, що дає можливість швидко змінювати або оновлювати окремі частини системи без ризику порушення її цілісності. У контексті інтелектуальних транспортних систем це особливо важливо для оперативного додавання нових функцій, таких як моніторинг трафіку, аналіз дорожніх подій або адаптивне планування маршрутів. ReactJS надає для цього потужні інструменти, зокрема контекст управління даними (Context API), хуки для оптимізації продуктивності та механізми lazy loading для динамічного завантаження модулів.

Однією з основних задач при побудові архітектури є визначення базових типів компонентів, які повинні забезпечувати візуалізацію даних, управління станом системи та інтеграцію із зовнішніми сервісами. До першої категорії належать компоненти для відображення карт, списків маршрутів, статусу руху транспорту чи інформації про дорожні події. Управління станом передбачає використання глобального сховища даних за допомогою інструментів, таких як Redux або вбудованого Context API у ReactJS, що дозволяє централізовано синхронізувати дані між різними частинами застосунку. Іншою важливою частиною архітектури є компоненти інтеграції, які відповідають за обмін даними між клієнтською частиною та серверними системами. У випадку інтелектуальних транспортних систем це можуть бути підсистеми отримання даних з сенсорів, інформаційних шлюзів або зовнішніх API для даних про трафік. Компонентна архітектура дозволяє організувати таку взаємодію через окремі сервіси або допоміжні бібліотеки, що полегшує тестування та обслуговування кожного з елементів. Однією з переваг застосування компонентного підходу у розробці ІТС є можливість реалізації адаптивного інтерфейсу користувача. Завдяки використанню умовного рендерингу у ReactJS можна забезпечити динамічну зміну відображення даних залежно від поточного контексту: наприклад, різні режими роботи для диспетчерів, водіїв або аналітиків. Це дозволяє створювати персоналізовані робочі простори без дублювання коду і зберігати гнучкість системи. Крім адаптивності, важливим аспектом є продуктивність. Використання оптимізаційних механізмів ReactJS, таких як мемоізація компонентів (React.memo), асинхронне завантаження модулів (React.lazy) та оптимізоване управління списками через Virtual DOM, дозволяє підтримувати високу швидкодію навіть у системах із великими обсягами даних. Це критично важливо для інтелектуальних транспортних систем, де затримка в оновленні інформації може призвести до неефективних рішень або навіть до небезпечних ситуацій. Ще одним важливим аспектом є масштабованість архітектури. За допомогою компонентного підходу легко створювати модульні

рішення, які можна поступово розширювати без потреби повної перебудови системи. Наприклад, при впровадженні нових типів транспортних засобів або додаткових функцій аналізу трафіку достатньо додати нові компоненти або модифікувати існуючі через інтерфейси, що підтримують розширення. Питання безпеки даних також має важливе значення в архітектурі інтелектуальних транспортних систем. Компонентний підхід дозволяє чітко розмежувати рівні доступу до даних через контейнери і сервіси автентифікації. Використання сучасних бібліотек авторизації у ReactJS, таких як OAuth-автентифікація або інтеграція з зовнішніми системами захисту, дозволяє надійно захищати як самі компоненти, так і передані через них дані. Нарешті, важливим етапом у побудові архітектури є впровадження механізмів тестування компонентів. У ReactJS це можуть бути юніт-тести окремих компонентів за допомогою Jest, інтеграційні тести за допомогою React Testing Library та енд-ту-енд тестування через інструменти типу Cypress. Такий підхід забезпечує високу якість системи, дозволяє своєчасно виявляти помилки на рівні окремих модулів та гарантувати стабільність роботи системи загалом.

Висновки. Запропонований компонентний підхід до проектування інтелектуальних транспортних систем на базі ReactJS дозволяє забезпечити гнучкість, масштабованість та високу адаптивність програмного забезпечення. Чітка структура компонентів, розмежування функцій між модулями, централізоване управління станом і використання сучасних інструментів оптимізації дають змогу ефективно вирішувати завдання збору, обробки та візуалізації транспортних даних у реальному часі. Застосування такої архітектури відкриває можливості для швидкої модернізації систем, впровадження нових сервісів, підвищення безпеки даних та оптимізації користувацького досвіду. Перспективними напрямками подальших досліджень є розробка типових бібліотек компонентів для ІТС, вдосконалення механізмів тестування та інтеграція з системами штучного інтелекту для автоматичного аналізу транспортних процесів.

Література:

1. Jeong S., Baek Y., Son S. H. Component-Based Interactive Framework for Intelligent Transportation Cyber-Physical Systems // Sensors. 2020. Vol. 20, No. 1. P. 264. DOI: 10.3390/s20010264.
2. Kothapalli M. The Evolution of Component-Based Architecture in Front-End Development // Journal of Scientific and Engineering Research. 2021. Vol. 8, No. 7. P. 261–264.
3. Reddy M. P. Analysis of Component Libraries for React JS [Електронний ресурс] // ResearchGate. 2021. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/353173122_Analysis_of_Component_Libraries_for_React_JS.

ihorlt@gmail.com

УДК 004.4

Лютак З.П., к.т.н., проф.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна

**МЕТОДОЛОГІЯ ТЕСТУВАННЯ І ВЕРИФІКАЦІЇ У ПРОЄКТУВАННІ
БЕЗПЕЧНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСТОСУНКІВ**

***Анотація.** У тезах розглянуто методологію тестування і верифікації при проєктуванні безпечних транспортних застосунків. Основну увагу приділено компонентному підходу, використанню формальних моделей і створенню повних тестових наборів. Проаналізовано актуальні підходи та виявлено перспективи їх застосування для підвищення надійності транспортних систем.*

Проблематика дослідження. У сучасних транспортних системах програмне забезпечення відіграє критичну роль у забезпеченні безпеки пасажирів, ефективності перевезень та координації різноманітних транспортних засобів.

Поява інтелектуальних транспортних систем, автономних автомобілів та цифрових платформ для управління рухом спричинила необхідність розробки високонадійного і безпечного програмного забезпечення. Недоліки або помилки в таких системах можуть призвести до серйозних технічних збоїв, заторів або навіть до загрози життю людей, що вимагає застосування спеціалізованих методів тестування і верифікації. Традиційні підходи до тестування програмного забезпечення часто виявляються недостатньо ефективними для складних транспортних застосунків, оскільки вони не завжди охоплюють усі можливі сценарії використання у реальному середовищі. Зокрема, виклики виникають у тестуванні компонентів, які функціонують у режимі реального часу або взаємодіють із фізичними об'єктами через мережі з невизначеною затримкою. Верифікація таких систем потребує використання як формальних методів доведення правильності роботи, так і гнучких технік тестування, адаптованих до особливостей транспортного середовища. Ще однією важливою проблемою є масштабованість тестування у великих розподілених системах, які інтегрують дані з різноманітних джерел: сенсорних мереж, супутникових навігаційних систем, дорожніх інфраструктурних датчиків тощо. Розробка методологій, які дозволяють автоматизувати процес тестування та верифікації при великій кількості змінних, є критично важливою для забезпечення надійності транспортних застосунків у динамічно змінюваних умовах. Особливу увагу також слід приділяти аспектам безпеки даних і захисту інформаційних каналів обміну, що використовуються транспортними системами. Верифікація програмного забезпечення повинна включати перевірку коректності обробки даних, стійкості до атак, відповідності стандартам безпеки та здатності системи адекватно реагувати на позаштатні ситуації. Це вимагає комплексного підходу до тестування, що поєднує функціональні, нефункціональні та безпекові аспекти розробки.

Основні матеріали дослідження. У роботі Schwammberger та співавторів запропоновано комбінований підхід до верифікації та валідації транспортних

систем, який поєднує формальну перевірку моделей із симуляційною перевіркою тверджень [1]. Застосування такої методології дозволяє більш надійно тестувати поведінку складних транспортних систем, особливо автономних транспортних засобів. Підхід може бути корисним у проектуванні безпечних транспортних застосунків, однак автори відзначають складність адаптації моделей під реальні умови експлуатації, що обмежує пряме практичне застосування без додаткової кастомізації [1]. Стаття Тао та співавторів присвячена розробці механізму верифікації транспортних даних на основі Zero-Knowledge Proof, що дозволяє перевіряти правильність кооперативних даних без розкриття приватної інформації [2]. Запропонований метод є перспективним для впровадження у транспортних системах, де важливо забезпечити як достовірність даних, так і збереження конфіденційності користувачів. Проте недоліком підходу є його обмеження в продуктивності при роботі з великими обсягами трафіку або в умовах складних мережових затримок [2]. У дослідженні Eder, Huang і Peleska розроблено агентно-орієнтовану методику тестування автономних транспортних систем, яка базується на моделюванні поведінки агентів і формалізованому сценарному тестуванні [3]. Цей підхід дає можливість ретельно перевіряти відповідність системи вимогам безпеки на етапі розробки, що є надзвичайно важливим для побудови безпечних транспортних застосунків. Однак обмеженням залишається велика ресурсомісткість процесу тестування, що ускладнює його застосування у проектах з обмеженим бюджетом або часовими рамками [3].

Запропонована формальна модель контролера, яка слугує центральною складовою для тестування автономних систем у агентно-орієнтованому підході. Контролер розглядається як автономна одиниця, що приймає рішення на основі вхідних даних і стану середовища. Формальна модель контролера представлена у вигляді скінченного автомата, де стани відображають допустимі ситуації, а переходи між ними визначаються умовами на вхідні дані. Така структура забезпечує формалізоване визначення поведінки, що є необхідною основою для подальшої автоматизації процесу тестування. Модель складається з чітко

визначеного набору змінних стану, умов переходу та дій, які виконуються на переходах. Вхідні дані надходять від моделі середовища або інших агентів і включають сенсорні показники, повідомлення та сигнали керування. На основі поточного стану і вхідних даних контролер оцінює умови переходу та змінює свій стан відповідно до заздалегідь визначених правил. Крім зміни стану, контролер може також ініціювати певні вихідні дії, такі як переміщення, зміна швидкості або передача повідомлення іншому агенту. Тестування формальної моделі контролера базується на генерації сценаріїв, у яких симулюються різні можливі ситуації середовища. Для кожного сценарію перевіряється, чи правильним є набір переходів між станами та чи відповідають вихідні дії встановленим вимогам безпеки та функціональності. Таким чином, тестування спрямоване не лише на перевірку окремих відповідей системи на події, а й на верифікацію цілісності послідовності дій у рамках визначеної логіки роботи контролера. Особливу увагу приділено аспекту відтворюваності тестів: оскільки контролер визначено формально, кожне виконання тесту повинно або успішно підтверджувати правильність поведінки, або чітко вказувати на розбіжність із специфікацією. Такий підхід дозволяє точно локалізувати помилки і дає змогу автоматизувати не лише виявлення дефектів, а й формування доказів їх усунення. Формальна специфікація моделей також спрощує процес інтеграції нових тестових сценаріїв без ризику порушення вже протестованої функціональності. Таким чином, запропонована модель контролера є критично важливою для побудови надійної системи тестування автономних транспортних застосунків. Вона дозволяє формалізувати поведінку системи, здійснювати автоматизовану верифікацію відповідності очікуваним стандартам безпеки та функціональності, а також забезпечує гнучкість і масштабованість процесу тестування у складних сценаріях реального світу.

Тестування на рівні окремих модулів автономної системи пропонується на основі створенні повних тестових наборів на основі формальних методів. Модуль вважається базовою одиницею тестування, яка має чітко визначену вхідну та вихідну поведінку, що описується через формальну модель. Кожен модуль розглядається ізольовано, тобто без залежностей від інших частин

системи, що дозволяє ретельно перевіряти його правильність за всіх можливих вхідних умов. Побудова повних тестових наборів ґрунтується на ідеї досягнення максимальної покритості специфікації модуля. Для цього використовується спеціалізована техніка генерації тестів, яка автоматично створює вхідні дані, здатні перевести модуль через усі його можливі стани та перевірити всі дозволені переходи. Такий підхід базується на формальних моделях (наприклад, скінченних автоматах) і дозволяє довести, що поведінка модуля є повною та узгоджується із заданими вимогами. Однією з основних переваг застосування формальних методів для тестування модулів є можливість виявлення навіть тих помилок, які могли б залишитись непоміченими у традиційному тестуванні на основі сценаріїв. Формальні моделі дають змогу систематично охопити всі можливі комбінації станів і дій, а не лише найбільш ймовірні або передбачувані ситуації. Це особливо важливо у контексті безпеки критичних транспортних систем, де навіть рідкісні або нетипові помилки можуть мати серйозні наслідки.

Висновки. Запропонована методологія тестування та верифікації безпечних транспортних застосунків на основі компонентного підходу та формальних методів дозволяє значно підвищити рівень надійності та безпеки програмного забезпечення. Використання формальних моделей контролерів і створення повних тестових наборів забезпечує систематичну перевірку поведінки модулів і виявлення дефектів ще на ранніх етапах розробки, що особливо важливо для систем критичного призначення. Аналіз сучасних підходів довів ефективність поєднання формальної верифікації та симуляційного тестування для складних транспортних систем. Перспективним напрямом подальших досліджень є оптимізація ресурсів тестування та адаптація методик до умов реального часу у великих розподілених середовищах транспортної інфраструктури.

Література:

1. Schwammberger M., Harper C., Alves G. V., Chance G., Pipe T., Eder K. Integrating Formal Verification and Simulation-based Assertion Checking in a Corroborative V&V Process // arXiv preprint. 2022. № arXiv:2208.05273. URL: <https://arxiv.org/abs/2208.05273>.

2. Tao Y., Javanmardi E., Lin P., Nakazato J., Jiang Y., Tsukada M., Esaki H. Zero-Knowledge Proof of Traffic: A Deterministic and Privacy-Preserving Cross Verification Mechanism for Cooperative Perception Data // arXiv preprint. 2023. № arXiv:2312.07948. URL: <https://arxiv.org/abs/2312.07948>.

3. Eder K. I., Huang W.-l., Peleska J. Complete Agent-driven Model-based System Testing for Autonomous Systems // arXiv preprint. 2021. № arXiv:2110.12586. URL: <https://arxiv.org/abs/2110.12586>.

ihorlt@gmail.com

УДК 37.091.3:004.8

Нсженцев О.Б., к.т.н., доц.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

ДОСЛІДЖЕННЯ СЕРВІСІВ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ GOOGLE SOCRATIC TA RESEARCHRABBIT

*Тези містять результати дослідження сервісів **Google Socratic** та **ResearchRabbit**, працюючих із застосуванням штучного інтелекту. Розглянуто базові характеристики вказаних сервісів: посилання, досвід використання в навчанні, основні функції, безпека та конфіденційність, переваги та недоліки, приклади використання.*

Проблематика. В даний час штучний інтелект має багато сервісів, які допомагають: писати тексти, генерувати фото, обробляти відео, працювати зі звуком і навіть створювати віртуальних блогерів, які розмовляють багатьма мовами світу. Люди використовують неймережі для навчання, роботи, бізнесу, розваг і творчості. В даній роботі розглянуто два сервіси із застосуванням штучного інтелекту: **Google Socratic** та **ResearchRabbit**, які допомагають в навчанні та в наукових дослідженнях.

1. Дослідження сервісу Google Socratic

Назва сервісу: Google Socratic

Лінк на сервіс: <https://itest.com.ua/instrumenty/socratic>

Базові характеристики сервісу:

Платність: при реєстрації - безкоштовний помічник з написання (поліпшить граматику, пунктуацію, стислість та багато іншого).

Інтерфейс та досвід використання: Google Socratic - це навчальна платформа, яка базується на штучному інтелекті Google. Студенти з різних областей — від технічних наук та математики до гуманітарних дисциплін — можуть поставити запитання через текст, голос чи скріншоти та отримати розгорнуті відповіді. Ці відповіді можуть включати не лише текстові роз'яснення, а й графіки, зображення і навіть ресурси з мережі.

Google Socratic має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що забезпечує легкий доступ для школярів і студентів. Інтерфейс побудований на основі карток, що відображають ключову інформацію. Користувач може робити фото задачі, вводити текст або диктувати голосом питання, а система відображає відповіді у зручному форматі.

Можна використовувати як основу для швидкого збору інформації для статей чи досліджень. Доступно на платформах iOS та Android.

Платформа спілкується англійською мовою, але голосовий пошук розпізнає також іспанську.

Після того, як питання буде вставлено, Сократик почне показувати всі доступні для нього пояснення, кожне з яких має різні точки зору та різні способи вирішення, оскільки ми маємо письмові або відеопояснення.

Джерела різноманітні, від уроків, які пояснюють вчителі та експерти через співпрацю, на конкретних сторінках з даної теми, через відео YouTube або статті у Вікіпедії. На всіх ресурсах результати пояснюються крок за кроком,

Використання в навчанні: Socratic спрямований на допомогу в навчанні. Він може пояснювати концепції, розв'язувати рівняння, надавати ресурси для

поглибленого розуміння тем. Особливо корисний для математики, фізики, хімії, історії та гуманітарних дисциплін. Сервіс використовує машинне навчання, щоб розпізнавати складні питання та знаходити відповідні пояснення.

Добре підходить для школярів, студентів, дослідників-початківців, які шукають швидкі відповіді на базові та складні питання.

Безпека та конфіденційність: Google заявляє, що Socratic відповідає стандартам конфіденційності даних. Усі зображення та питання, які передаються до сервісу, використовуються лише для надання відповідей. Особисті дані користувачів не збираються, але важливо читати політику конфіденційності для розуміння нюансів.

Основна **функція** Socratic - допомагати з вирішенням освітніх завдань:

- Розпізнавання задач за фото чи текстом.
- Надання покрокових рішень.
- Генерація пояснень складних концепцій.

Вхід - Вихід:

- **Вхід:** користувач вводить питання у вигляді тексту або фото.
- **Вихід:** результати у вигляді текстових відповідей, графіків, пояснень або посилань на освітні матеріали.

Переваги:

- Легкість використання.
- Підтримка різних форматів вводу.
- Детальні та зрозумілі пояснення.
- Підтримка багатьох дисциплін.
- Інтеграція з Google Search для пошуку додаткових ресурсів.

Недоліки:

- Потрібен доступ до інтернету.
- Не завжди пропонує глибокий аналіз.
- Для дуже складних задач іноді потрібне людське втручання.
- Пояснення тільки англійською.

- Не замінює викладачів, вчителів або репетиторів.

Приклади використання:

- Учень робить фото задачі, а Socratic надає покрокове рішення.
- Студент шукає пояснення фізичного закону, вводячи текстовий запит.
- Використання сервісу для підготовки до іспитів або самостійного навчання вдома.

Висновки про кейс та функцію сервісу:

- Socratic є потужним інструментом, який значно полегшує процес навчання та допомагає розвивати навички самостійного вирішення задач.
- Відповіді сервісу є достатньо розгорнутими особливо для загальних запитань. Тексти відповідей можуть бути спрощеними для складних тем. Вузькоспеціалізовані теми потребують додаткових уточнень.
- Інтерфейс простий і зручний, швидкість відповіді достатньо висока.
- Підходить для: студентів, які хочуть швидко отримати загальні знання.

2. Дослідження сервісу ResearchRabbit

Назва сервісу: **ResearchRabbit**

Лінк на сервіс: <https://www.researchrabbit.ai/>

Категорія: Дослідження та наука

Базові характеристики сервісу ResearchRabbit:

1. Інтерфейс та досвід використання. ResearchRabbit має сучасний, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Платформа організована так, щоб забезпечити легкий доступ до пошуку та відстеження наукових публікацій. Користувачі можуть створювати колекції, переглядати рекомендації на основі їхніх вподобань, а також отримувати візуалізації зв'язків між статтями та авторами, що робить роботу із сервісом комфортною навіть для новачків.

2. Використання в навчанні. Сервіс ідеально підходить для студентів, аспірантів та викладачів, які займаються науковими дослідженнями. Він допомагає знаходити актуальну літературу, вивчати нові тренди в обраній

тематиці та стежити за цитуваннями. ResearchRabbit може слугувати інструментом для підготовки курсових, дипломних або наукових робіт.

3. Безпека та конфіденційність. ResearchRabbit забезпечує належний рівень захисту даних користувачів. Однак, оскільки сервіс використовує сторонні джерела для рекомендацій, варто перевіряти політику конфіденційності платформи. Вхід через Google або інші сервіси може створювати потенційні ризики, якщо користувач не ознайомлений із захистом облікових даних.

4. Функція. Основна функція ResearchRabbit — це персоналізований пошук наукових джерел, побудова бібліографій та аналіз цитувань. Сервіс пропонує рекомендації на основі обраної тематики, візуалізує мережі цитувань і авторів, що допомагає швидко зорієнтуватися в темі дослідження.

5. Вхід - Вихід

- **Вхід:** користувач може авторизуватись через облікові записи Google або створити власний акаунт. Пошук і завантаження матеріалів здійснюється через введення ключових слів чи завантаження існуючої бібліографії.

- **Вихід:** результати представлені у вигляді рекомендацій публікацій, бібліографій та візуальних карт. Дані можна зберігати в особистому кабінеті або експортувати до зовнішніх інструментів (наприклад, Zotero, Mendeley).

6. Переваги

- Персоналізовані рекомендації.
- Візуалізація зв'язків між дослідниками, статтями та темами.
- Інтеграція із популярними бібліографічними менеджерами.
- Простий і зручний інтерфейс для пошуку та аналізу.
- Безкоштовний доступ до базових функцій.

7. Недоліки

- Обмежений доступ до повних текстів статей.
- Може потребувати додаткового навчання для використання розширених функцій.
- Ризики, пов'язані з використанням сторонніх сервісів авторизації.

8. Приклади використання

- Студент готує дипломну роботу, наприклад, з біології й використовує ResearchRabbit для пошуку актуальних статей та аналізу зв'язків між дослідниками в цій сфері.

- Викладач створює підбірку літератури в рамках наукових досліджень, отримуючи рекомендації на основі ключових статей.

- Дослідник аналізує мережу цитувань, щоб зрозуміти вплив своєї публікації на інші роботи.

Висновки. ResearchRabbit — корисний інструмент для тих, хто прагне організувати науковий пошук ефективно й отримувати релевантні результати для навчання та досліджень.

nezhentsev007@gmail.com

УДК. 621. 876. 25

Посмітюха М.О., студ.

Український державний університет науки і технологій

РОЗРОБКА ПРОГРАМИ-КАЛЬКУЛЯТОРА ДЛЯ РОЗРАХУНКУ СИЛИ СТАТИЧНОГО ПРОКОЛЮВАННЯ ҐРУНТУ

***Анотація.** У статті представлено результати дослідження, спрямованого на розробку програмного забезпечення для розрахунку сили статичного проколювання ґрунту з урахуванням специфічних параметрів та технічних характеристик бурових установок конкретного підприємства. Виконано аналіз теоретичних основ розрахунків сили проколювання, описано підходи до створення математичних моделей та алгоритмів. Запропонована програма дозволяє автоматизувати процес розрахунків, підвищити точність результатів та знизити ризики технічних помилок у реальних умовах роботи операторів бурових установок.*

***Ключові слова:** статичне проколювання ґрунту, програмне забезпечення, безтранишейні технології, математичне моделювання, сила проколювання, бурові установки, автоматизація розрахунків.*

Постановка проблеми. Зараз сила для статичного проколювання ґрунту підбирається емпірично, без застосування точних розрахунків. Хоча цей підхід досить часто працює, він не забезпечує належної точності, що може призводити до серйозних технічних проблем, які потім вимагають дорогих і ресурсозатратних рішень. Оскільки ці помилки призводять до додаткових витрат часу та ресурсів, це створює значні проблеми для підприємств, особливо в умовах жорстких термінів виконання робіт, визначених контрактами.

Зважаючи на ці труднощі, вирішено розробити програмне забезпечення, яке б дозволяло точно розраховувати силу, необхідну для статичного проколювання ґрунту, з урахуванням усіх важливих параметрів. Для цього проаналізовано існуючі аналоги на ринку. Але, існуючі продукти частіше мають досить загальний функціонал, пов'язаний з веденням журнальної звітності.

Тому, розробка спеціалізованого програмного забезпечення, яке відповідає умовам та потребам конкретних підприємств і враховує всі технічні деталі, стала очевидною необхідністю.

У зв'язку з вищезазначеними труднощами виникає необхідність у створенні спеціалізованого програмного забезпечення, яке дає змогу вести точні розрахунки сили, необхідної для статичного проколювання ґрунту, враховуючи всі важливі параметри, такі як щільність, вологість ґрунту та характеристики бурових установок. Це програмне забезпечення дозволить мінімізувати технічні помилки, підвищити ефективність виконання робіт, забезпечити безпеку на будівельних майданчиках, зменшення витрат та полегшення роботи інженерів і будівельників. . Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, рекомендації щодо введення параметрів та збереження історії розрахунків допоможуть працівникам на майданчиках здійснювати точні розрахунки без зайвих помилок. Таке рішення дозволить значно покращити точність і знизити витрати на виконання робіт.

Розробка такого програмного забезпечення є важливою для підприємств, які займаються проколюванням ґрунту та експлуатацією бурових установок Крім того, розробка такого програмного забезпечення відповідає вимогам ринку та є важливим кроком у розвитку технологій у будівельній галузі.

Основний текст. Сучасне міське будівництво вимагає застосування технологій, які забезпечують мінімальне втручання в навколишнє середовище та міську інфраструктуру. Однією з таких технологій є безтраншейне прокладання комунікацій, зокрема методом статичного проколювання ґрунту. Незважаючи на очевидні переваги цього методу, підприємства часто стикаються з проблемами, пов'язаними з неточністю визначення необхідної сили проколу, що, в свою чергу, може призводити до технічних неполадок обладнання та значних фінансових витрат.

На багатьох підприємствах сила для статичного проколювання ґрунту визначається емпірично, що не гарантує точності та може призводити до серйозних помилок. Так, поширеними випадками є поломки бурових штанг через надмірну силу або застрягання наконечника у ґрунті через недостатню силу. Виправлення цих ситуацій супроводжується значними витратами часу та ресурсів, що є критичним, зважаючи на жорсткі умови контрактних зобов'язань перед замовниками послуг.

Для вирішення проблеми було створено спеціалізоване програмне забезпечення для точного розрахунку сили статичного проколювання ґрунту. Аналіз існуючих аналогів показав, що вони не враховують специфіку роботи з окремими моделями бурових установок, тому наша розробка орієнтована на конкретні бізнес-процеси та обладнання підприємства.

В основу розробки програми були покладені фундаментальні дослідження та формули з праць визнаних вчених: Посмітюхи О.П.[1], Кравця С.[2], Супонєва В.М.[3] та інших. На базі цих досліджень були визначені та сформульовані алгоритми для розрахунку сили проколювання з урахуванням таких параметрів, як щільність ґрунту, вологість, тип наконечника та характеристики обладнання.

У результаті аналізу обрано найбільш релевантні формули для двох основних типів наконечників: клиново-призматичного та конічно-циліндричного.

Програма забезпечує точний розрахунок сили для статичного проколювання ґрунту, враховуючи тип наконечника та введені користувачем параметри через зручний інтерфейс з підказками. Додатково реалізовано автоматичне збереження історії обчислень із зазначенням дати, місця та параметрів, що спрощує повторне використання даних.

З практичної точки зору розроблене програмне забезпечення дозволить значно підвищити ефективність роботи операторів бурових установок. Наприклад, у ситуаціях, коли рекомендований сумарний опір перевищує максимальні можливості установки (скажімо, 60 тонн при максимально доступній силі в 35 тонн), програма автоматично рекомендуватиме поетапне збільшення діаметра проколу – від меншого (наприклад, 90 мм) до необхідного (наприклад, 250 мм). Це суттєво знижує ризики поломок та аварійних ситуацій, зменшуючи витрати підприємства.

Наукова новизна дослідження полягає в розробці алгоритмів і математичних моделей, адаптованих до параметрів обладнання та властивостей ґрунту, з подальшою інтеграцією у веб-додаток. Рішення реалізовано з використанням сучасних технологій програмування та оптимізованої архітектури. Методологія включала покрокову деталізацію задач і перевірку алгоритмів на тестових прикладах. Це дозволило створити надійне програмне забезпечення, що підвищує точність і безпеку робіт із використанням безтраншейних технологій.

На рисунку продемонстровано скріншот екрану програми.

Робочий тиск: 45 (Н)

Робочий орган

β , кут загострення при вершині: 25 град

V_n , довжина калібруючої частини: 160 мм

Розрахувати

Результат: 33.50 Н
24.06.2024 21:35:29

Рисунок 1 – Екран користувацького інтерфейсу програми

Висновки. Розроблене програмне забезпечення автоматизує розрахунок сили статичного проколювання ґрунту, знижує ризики аварій і поломок, економить ресурси та скорочує час робіт. Надалі передбачається інтеграція з технічними системами бурових установок і локацій, а також оновлення бази ґрунтів і характеристик обладнання.

Література:

1. Посмітюха О. П. Створення та обґрунтування параметрів робочого органу для сумісного безтраншейного прокладання лінійно-протяжних об'єктів : дис. ... канд. техн. наук : 05.05.04. м. Дніпро, 14 груд. 2023 р.
2. Кравець, С., Супонєв, В. & Посмітюха, О. (2021). Наукові основи та практика створення мінімально енергоємних робочих органів для формування комунікаційних порожнин в ґрунті. Монографія. Харків.
3. Супонєв, В. (2020). Методологічні основи та практика створення мінімально енергоємних робочих органів для формування комунікаційних порожнин в ґрунті: дис. д-ра техн. наук. Харків. навчальний посібник. Рівне – Дніпропетровськ – Харків.
4. Кравець, С., Кованько, В., & Лук'янчук, О. (2015). Наукові основи створення землерийно-ярусних машин і підземно рухомих пристроїв. Монографія. Рівне.

mashaposmmit@gmail.com

УДК 656.3:004

Романова О.А.,

Кічка О.І., к.т.н., доц.

Одеський Національний Морський Університет, Україна

АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ DIGITAL TWIN В ПОРТАХ

***Анотація:** Предметом дослідження є технологія Digital Twin («цифровий двійник») та можливості її використання в морській галузі, зокрема, в портах. Наведені приклади застосування технології Digital Twin в провідних портах світу. Досліджено алгоритм розробки та впровадження «цифрового двійника», визначені відмінності імітаційної моделі і «цифрового двійника».*

Постановка проблеми: Ефективна робота сучасних морських портів залежить від безпечних, швидких та економічно вигідних вантажоперевезень, які забезпечуються постійним моніторингом та аналізом даних. Це вимагає створення баз даних з високою безпекою, надійністю, прозорістю та інтеграцією. Сучасні ІТ-технології значно покращують ефективність портів, оптимізують логістику та підвищують безпеку судноплавства й інфраструктури. Цифровізація українських портів є важливою, але на повільне впровадження новітніх технологій в морській галузі впливає ряд факторів.

До таких факторів належать:

- недостатня інвестиційна підтримка та застаріла інфраструктура, що ускладнюють модернізацію портів;
- відсутність єдиної національної стратегії та координації між державними органами, портами та приватними операторами, що заважає ефективному провадженню інформаційних технологій;
- недостатня кваліфікація кадрів та відсутність гнучкої нормативно-правової бази для впровадження нових технологій.

- нестабільна політична ситуація та фінансові труднощі, що також гальмують інвестиції та розвиток інфраструктури. [1]

В рамках дослідження було розглянуто сучасну інформаційну технологію «Цифровий двійник (близнюк)» - Digital Twin (DT) [2], що створює віртуальну копію фізичного об'єкта, системи чи процесу, використовуючи дані в реальному часі для імітації їхньої поведінки та характеристик. У суднопластві DT дозволяє збирати дані про ефективність суден, прогнозувати потреби в обслуговуванні та оптимізувати споживання палива. Цей метод активно використовується в провідних портах світу, таких як Роттердам і Сінгапур, для моделювання руху суден з метою запобігання заторам, а також для моніторингу та оптимізації портових операцій в режимі реального часу.

Так в порту Роттердам (Нідерланди) створено цифрову копію всього порту в партнерстві з Siemens, IBM, Esri та Boston Consulting Group [3]. Складовими цифрової копії є віртуальна модель інфраструктури: моделі доків, кранів, складів, суден. Застосування цієї технології дає можливість прогнозувати прибуття суден на основі даних AIS, метео, гідрології; оптимізувати завантаження/розвантаження на підставі імітації вантажних процесів, прогнозувати обсяг ресурсів, часу обробки; прогнозувати аналіз зносу технічних засобів, вібрацій, навантажень тощо; підтримувати екологічну безпеку за рахунок оцінки викидів, сценаріїв декарбонізації.

В порту Сінгапур розроблена та діє повна цифрова репліка терміналів на підставі використання Digital Twin у рамках Smart Port Program з метою створення автоматизованого, енергоефективного мегапорту (Tuas Mega Port) [4]. Здійснено 3D-моделювання портових об'єктів і процесів, що дозволяє проводити реальний моніторинг і керування автокранами, автономними вантажівками (AGV). За рахунок встановлених датчиків на контейнерах, транспорті та кранах здійснюється інтеграція з IoT, що дає можливість відстежувати їх рух, місцеположення та стан. За допомогою імітації на «двійнику» здійснюється прогнозування обсягів ресурсів для переробки вантажопотоку, що призводить до

зменшення черг затримок, та дає можливість планування оптимальних маршрутів. Крім того використання цифрового двійника дозволяє навчати персонал у віртуальному середовищі.

Дослідження структури та функцій цифрового двійника порту, дозволило сформулювати алгоритм створення та впровадження Digital Twin у порту. (рис.1)

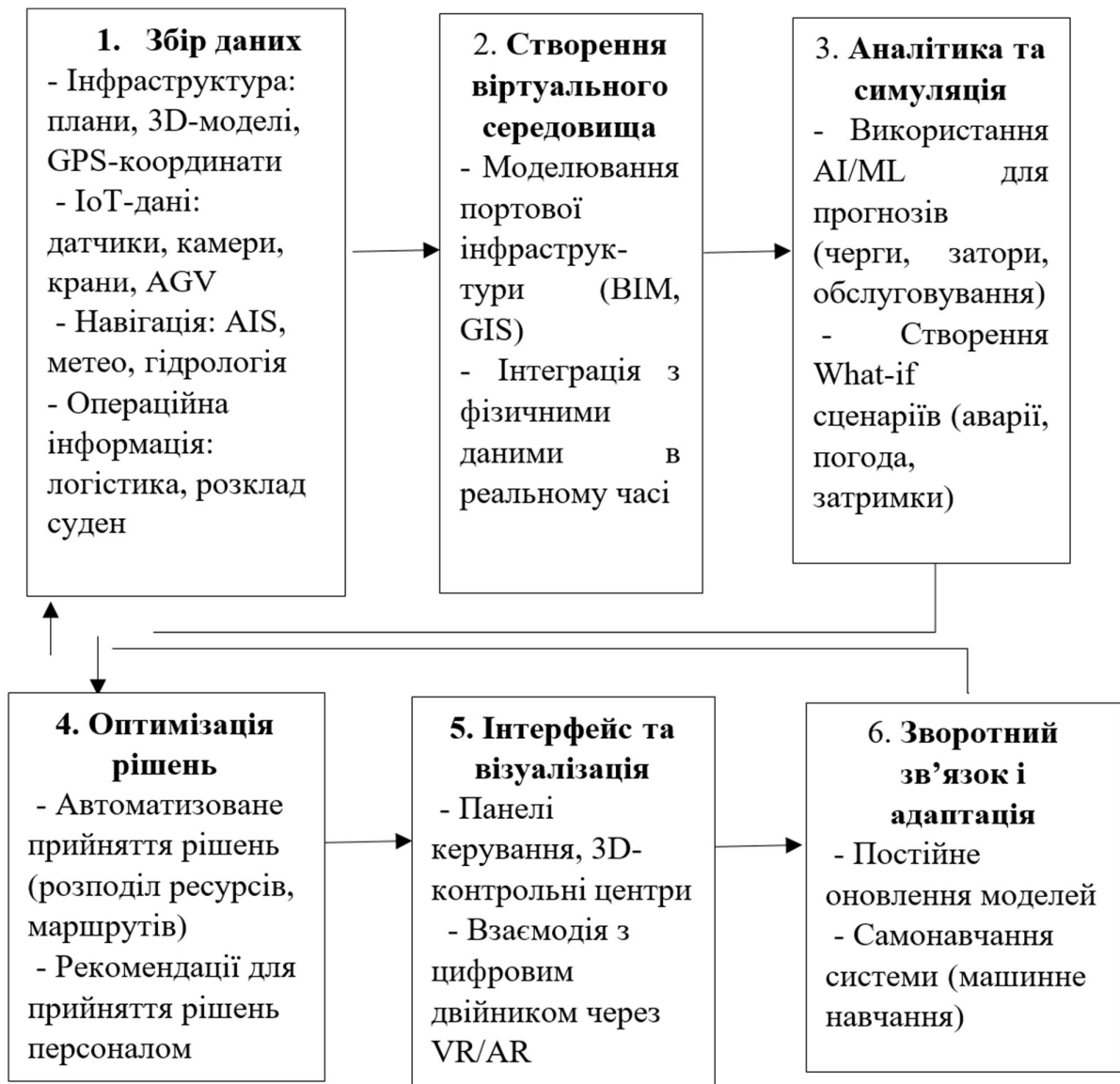


Рисунок 1 – Схема-алгоритм створення та впровадження Digital Twin у порту

В ході дослідження також були проаналізовані відмінності технології цифровий двійник (Digital Twin) та імітаційних моделей (simulation model) і

визначено, що між ними є суттєва різниця в рівні інтеграції, динамічності та застосуванні.

На відміну від імітаційної моделі, цифровий двійник здійснює безперервний, двосторонній обмін даними з фізичним портом в реальному часі. Тобто, оновлення даних в технології DT динамічне, в режимі реального часу через IoT, датчики, SCADA, GPS, тоді як в імітаційній моделі - ручне або періодичне, часто засноване на накопичених або умовних даних. Реакція на зміни при використанні DT адаптивна, тобто модель змінюється разом із фізичним об'єктом, а в імітаційній моделі - статична: зміни задаються вручну користувачем. Імітаційна модель більш простіша, а «цифровий двійник» більш складний, включає використання штучного інтелекту (ШІ), інтернету речей (IoT), хмарні сервіси, методи і засоби зберігання та обробки масивів великих даних.

Зазвичай, імітаційні моделі використовуються для відтворення ситуацій, тестування та аналізу певних «сценаріїв» дій, вони використовуються для дослідження системи або аналізу можливих ситуацій. «Цифровий двійник» супроводжує систему протягом всього життєвого циклу та виконує функції моніторингу, передбачення, автоматичного управління, оптимізацію процесів.

Висновки: Впровадження цифрових технологій, таких як Digital Twin, є ключовим напрямом для підвищення ефективності та безпеки морської індустрії, про що свідчить досвід провідних світових портів. Дослідження показало, які заходи та ресурси необхідно задіяти для створення «цифрових двійників» в українських портах, та які переваги технологія Digital Twin має в порівнянні з імітаційними моделями. Для підвищення конкурентоздатності українських морських портів вкрай необхідно впровадження новітніх інформаційних технологій таких, зокрема, як технологія Digital Twin.

Література:

1. Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025–2027

роках : Постанова Кабінету Міністрів України від 27 груд. 2024 р. № 1550 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1550-2024-п> (дата звернення: 23.04.2025).

2. О.В. Кириллова, В.Ю. Кириллова, О.Р. Магамадов, В.Л. Ромах. Smart port: новітні технології і міжнародний досвід їх упровадження. РОЗВИТОК транспорту № 2(21), 2024. С. 62-74. DOI <https://doi.org/10.33082/td.2024.2-21.06>.

3. Port of Rotterdam – [Електронний ресурс] // Portofrotterdam.com. – Режим доступу: <https://www.portofrotterdam.com/en>

4. Smart Port Program [Електронний ресурс] // МРА Singapore. – Режим доступу: <https://www.mpa.gov.sg>

arirom1701@gmail.com

ki4kinaoi@ukr.net

ЗМІСТ

Бабій М.В., Бабій В.А., Плекан У.М. Способи досягнення раціоналізації перевезень при ефективному управлінні транспортними потоками	3
Бережняк І.А., Блошкін М.І., Сліпенький Є.Б., Дорощук В.О. Вплив інтелектуальних транспортних систем (its) на прояви парадоксу Бреса.....	6
Загурський О.М. Економіко-математична модель оптимізації логістичного сервісу ланцюга постачань	9
Киман А.М., Краченко М.А., Товстопят В.В., Прохорченко А.В. Аналіз методів управління розвитком залізничної мережі в умовах виявлення обмежень її пропускної спроможності	14
Кириллова О.В., Кириллова В.Ю. Еволюція ролі портів у глобальних ланцюгах постачання: концептуалізація моделі Port-centric supply chains	17
Кириллова О.В., Ромах В.Л. Засади створення конкурентного ринку портових контейнерних терміналів.....	24
Корнієць П.Є. Особливості судноплавства на Дунаї	29
Коробкова О.М. Європейські стандарти митного посередництва: регуляторні зміни та нові вектори адаптації бізнесу.....	33
Кудряшов Д.В. Моделювання транспортних потоків будівельних матеріалів у контексті розвитку мультимодальних логістичних центрів.....	36
Лебідь Є.М., Лужанська Н.О., Лебідь І.Г. Розробка заходів з оптимізації тривалості транспортно-експедиторського обслуговування замовників при виконанні мультимодальних перевезень	39
Магамадов О.Р. Алгоритм адаптивного управління процесом обробки судна	44
Кириллова О.В., Магамадов О.Р., Павлова Н.Л. Українська школа підготовки фахівців з управління портовою діяльністю.....	48
Мазуренко О. О., Тігов О.Г. Впровадження блокчейн технологій для відстеження контейнерів на залізничному транспорті.....	53

Мойса А.І., Кічка О.І. АНаліз застосування штучного інтелекту та ІТ-технологій у сфері логістики в Україні та чинників, що впливають на їх впровадження.....	64
Мурад'ян А.О., Демидюков О.В. Сучасний стан перевалювання вантажів у Дунайських портах України, перспективи та виклики.	69
Новальська Н.І., Марчук В.В. Інтеграція дронів у мультимодальні ланцюги як інструмент зеленої логістики	74
Павлова Н.Л. Формальний аспект створення механізму взаємодії транспортно-експедиторських компаній зі стейкхолдерами.....	78
Павлова Н.Л., Курогло В.О. «Зелена логістика»: основні напрямки розвитку.....	83
Pavlova N., Uvarov M. Transformation of the maritime transport market under the conditions of war in Ukraine.....	86
Павловська Л.А. Сучасні технологічні тенденції розвитку навичок морських кадрів	89
Перепічко М.Є., Самойловська В.П. Дослідження варіатів транспортного забезпечення виробничої інтеграції в системі «Порт-індустріальний парк».	92
Шульдінер Ю.В., Петрик С.В. Удосконалення функціонування ланцюгів доставки вантажів на основі моделей мультимодальних перевезень.....	98
Пітерська В.М. Концептуальні засади інтеграції проектного управління у транспортно-експедиторську діяльність.....	103
Решетков Д.М. Розвиток морських портів у контексті оновленої національної транспортної стратегії України до 2030 року	107
Решетков Д.М., Павлова Н.Л. Показники ефективності причалу в системі вимірювання пропускної здатності порту	112
Смаженко О.П., Холоденко А.М. Проблематика контейнерних перевезень в Україні в сучасних умовах	116
Софронов А.І., Судник Н.В. Алгоритм вибору напрямку роботи судна в умовах волатильності фрахтового ринку.....	119

Steba A.A. Problems and prospects of using unmanned auxiliary fleet	124
Зеленько Ю.В., Тарасов В.В. Система відстеження та супроводження небезпечних вантажів	128
Тихонін В.І., Тихоніна І.І. Особливості вимог при морському транспортуванні режимних вантажів.....	130
Ларіна І.М., Решетков Д.М. Ризики, пов'язані з невизначеним підвищенням продуктивності контейнерних терміналів	135
Харченко Д.Р., Золотарьов С.А., Прохорченко А.В. Аналіз недоліків процедури розподілу пропускнуої спроможності в єс з урахуванням досвіду італійської залізниці.....	139
Зеленько Ю. В., Черкудінов В. Е. Порівняльний аналіз логістичних схем доставки нафтопродуктів в умовах обмеженої інфраструктури.....	144
Шibaєв О.Г., Берневек Т.І., Вільшанюк М.С. Організація постачання суден шипчандлерськими компаніями	147
Шпак Н.Г., Літачевський В.В. Аналіз собівартості транспортно-експедиторського обслуговування міжнародних вантажопотоків аутсорсинговими підприємствами України	151
Артюх О.М. Удосконалення плавності ходу та мінімізація вібрацій автобусів в умовах складних дорожніх покриттів України.....	156
Асташов О.В., Климаш А.О., Ворох А.О. Визначення технічної готовності автотransпортних засобів в процесі експлуатації	159
Воробйов О.В., Сапронова С.Ю. Дослідження напружень тонкого гребеня колеса локомотива.....	169
Дьомін Р.Ю., Дьомін Ю.В., Ковтун О.М., Маркова О.М. Порівняльний аналіз динамічних характеристик контейнерної платформи з візками різних типів	173
Заверкін А.В., Кузьменко С.В., Климаш А.О., Марченко Д.М. Вибір автотransпортних засобів для контейнерної доставки будівельних вантажів .	177

Ігнатов Д.В., Воробйов О.В., Климаш А.О. Застосування альтернативних видів палива для зниження шкідливих викидів тепловозних двигунів.....	183
Ковтанець М.В., Бурейка Г., Марченко Д.М. Спосіб регулювання механічною частиною стендової установки «Машина тертя»	187
Ковтанець М.В., Сладковський О.В., Могила В.І. Підвищення коефіцієнту тертя колеса з рейкою шляхом струмино-абразивного впливу на зону їх контакту.....	192
Kovtanets M.V., Kučera P., Sergienko O.V., Kovtanets T.M. Improving the adhesion qualities of locomotives by controlling the frictional interaction between the wheel and the rail	197
Nozhenko V.S., Kovtanets M.V., Kravchenko K.A., Kovtanets T.M., Automated measuring and modeling bench installation «Friction machine» for studying the friction properties of the «Wheel-rail» contact.....	201
Могила В.І., Ковтанець М.В., Плотніков В.Д., Куртов Д.В. Аналіз способів оцінки процесів взаємодії колеса та рейки	205
Могила В.І., Ковтанець М.В., Плотніков В.Д. Способи оцінки процесів взаємодії колеса та рейки	213
Ковтанець М.В., Могила В.І., Плотніков В.Д. Аналіз технічних засобів, що впливають на значення коефіцієнта зчеплення та пропозиції його покращення	217
Могила В.І., Ковтанець М.В., Плотніков В.Д., Тарасов Д.В. Технічні параметри високошвидкісного рухомого складу залізниць	223
Кузьменко С.В., Мілов С.О., Бричак О.В. Визначення режимів узгодженої роботи системи опалення з тепловим акумулятором для рухомого складу залізниць.....	228
Кучеренко В.Ю. Судно як джерело акустичного шуму: механічні, гідродинамічні та експлуатаційні аспекти.....	234
Литвиненко А.С., Сергієнко О.В., Климаш А.О. Адаптація та використання моментної теорії оболонок для математичного розрахунку	239

Ловська А.О. Дослідження міцності контейнера-цистерни удосконаленої конструкції при вантажно-розвантажувальних операціях.....	245
Ловська А.О., Діжо Я. Аналіз міцності удосконаленої несучої конструкції вагона-платформи для перевезень контейнерів в умовах експлуатаційних навантажень	248
Михайлов Е.В. Дослідження особливостей використання зчіпної маси локомотивів при гальмуванні	251
Фомін О.В., Мірошникова М.В., Баранов І.О. Методика імітаційного моделювання діагностики ходових частин рухомого складу залізниць	256
Кузьменко С.В., Ніконець А.О., Бахтар М.С. Визначення переважного типу теплоізоляційного матеріалу для рухомого складу залізниць.....	262
Осипов В.О., Хоменко В.О. Вивчення залежності впливу швидкості зорового пошуку небезпек водіями транспортних засобів на рівень аварійності.....	265
Петрюк Ю.І., Артюх О.М. Автоматизація машинно-тракторних агрегатів для транспортно-технологічних процесів у сільському господарстві України	270
Румянцев В.Р., Савінов В.П. Дослідження впливу магнітних полів постійних магнітів на роботу силових установок транспортних засобів.....	274
Сумцов А.І. Процедура визначення енергетичного балансу локомотива	277
Тарасенко О.В., Качанська Д.А. Кібербезпека автоматизованих транспортних засобів у портових логістичних системах України.....	280
Луценко О.А., Кузьменко С.В., Зарайська Я.М. Конструкції холодильної камери тепловоза з застосуванням діаметрального вентилятора	285
Торгашов В.Ю., Баб'як М.О., Недужа Л.О., Гнатенко Т.П., Довгань Б.К. Впровадження системи захисту колектора тягових електричних двигунів локомотива від електричної дуги.....	288

Торгашов В.Ю., Баб'як М.О., Недужа Л.О., Гащук А.В., Забіж І.О. Удосконалення роботи системи захисту від боксування на електровозі ВЛ11м.....	291
Хітров І.О. Інтелектуальні транспортні системи у забезпеченні безпеки перевезень	293
Фомін О.В., Козинка О.С. Використання еластомерів як антивібраційного та зхисного покриття для збільшення життєвого циклу несівних конструкцій в рухомому складі	296
Черкашин І.А., Шевченко С.І., Полупан Є.В. Перспективи застосування вуглець-вуглецевих композитних фрикційних матеріалів для гальмівних пристроїв автомобілів	300
Кузьменко С.В., Черкашин О.П. Особливості розрахункової комп'ютерної моделі котла вагона-цистерни.....	308
Татарченко Г.О., Білошицька Н.І., Білошицький М.В. Формування сталого транспортної інфраструктури міст.....	314
Плекан У.М. Вплив міжнародних транспортних коридорів на західний регіон України	319
Плекан У.М., Бабій М.В. Роль транспортної інфраструктури в розвитку транскордонного співробітництва.....	323
Fomin O.V., Burlutskyi O.V., Burlutskyi D.O., Cherkashin O.P. Criteria and mathematical models for predicting mechanical properties of freight wagon bearing systems	326
Гриценко Н.В. Козодой Д.С. Модель управління ризиками в контексті транспортно-логістичної системи	332
Зозуля О.С., Чебанова Т.Є. Формування раціональної структури капіталу підприємств морського бізнесу	337
Кравченко О.О., Челомбітько О.І. Оцінювання конкурентостійкості транспортних компаній.....	340

Потьомкін С.М. Проблеми формування стратегії транспортних підприємств в умовах турбулентного середовища.....	344
Чуйко О.С., Кравченко О.П., Чуйко С.П. Інноваційна направленість автотранспортних підприємств.....	348
Яшина Т.Д., Чебанова Т.Є. Фінансова стійкість аграрно-судноплавних холдингів України: проблеми і перспективи	354
Боженко Т.І., Кічкіна О.І. Застосування технології блокчейн для вирішення задач у портовій логістиці.....	358
Демир Л.Ф., Кічкіна О.І. Застосування іот-сенсорів для моніторингу контейнерів, вантажів у реальному часі	363
Кічкін О.В., Кічкіна О.І., Micah Vodolazskyu Інформаційне забезпечення бізнесу автомобільних вантажних перевезень	366
Клюєв С.О., Кириченко І.О. Сучасні інформаційні технології у логістиці...	369
Клюєв С.О., Сігонін А.Є. Цифрова трансформація підприємств автомобільного транспорту в умовах глобалізації	374
Лютак І. З. Використання компонентного підходу в проектуванні інтелектуальних транспортних систем	379
Лютак З. П. Методологія тестування і верифікації у проектуванні безпечних транспортних застосунків.....	384
Неженцев О.Б. Дослідження сервісів штучного інтелекту Google Socratic та Researchrabbit	389
Посмітюха М. О. Розробка програми-калькулятора для розрахунку сили статичного проколювання ґрунту.....	394
Романова О.А., Кічкіна О.І. Аналіз можливостей використання технології Digital Twin в портах.....	399

Формат 60 × 84 1/8. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. . Обл.-вид. арк. .
Наклад 100 прим. Вид. № . Ціна вільна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля

Свідоцтво про реєстрацію: серія ДК № 1620 від 18.12.03

Адреса університету: вул. Іоанна Павла II, 17
м. Київ, 01042, Україна
E-mail: vidavnictvoSNU.ua@gmail.com