



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



Збірник матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної конференції,
19 – 21 листопада 2025 р.

Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference,
November 19-21, 2025.



**Інноваційні технології розвитку та
ефективності функціонування
автомобільного транспорту**

**Innovative technologies for the development
and efficiency of road transport**

Кропивницький 2025

Kropyvnytskyi 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра експлуатації та ремонту машин

**MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
CENTRAL UKRAINIAN NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
Department of operation and repair of machines**

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

VIII Міжнародної науково-практичної конференції

**"Інноваційні технології розвитку та
ефективності функціонування автомобільного
транспорту"**

COLLECTION OF MATERIALS

VIII International scientific and practical conference

**"Innovative technologies for the development and
efficiency of road transport"**



**Кропивницький
19-21 листопада 2025 року
Kropyvnytskyi
November 19-21, 2025**

УДК:656.02, 656.05, 656.07

Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту : VIII Міжнар. наук.-практ. конф., 19-21 листоп. 2025 р., м. Кропивницький : зб. матер. / М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та рем. машин. – Кропивницький : ЦНТУ, 2025. – 287 с.

Мета конференції: висвітлення найважливіших актуальних проблем підвищення ефективності функціонування автомобільного транспорту та пошук оптимальних шляхів їх вирішення розробкою та впровадженням сучасних інноваційних технологій у виробництво, обмін дослідницьким і практичним досвідом, публікація результатів наукових досліджень.

Основні напрями роботи конференції:

- сучасні та перспективні конструкції засобів транспорту;
- розвиток технологій обслуговування, сервісу та ремонту засобів транспорту;
- вдосконалення технологій транспортних процесів та безпеки дорожнього руху;
- підвищення надійності та ефективності функціонування засобів транспорту та автомобільних транспортних підприємств;
- система інжинірингу на автомобільному транспорті;
- нове нормативне та законодавче забезпечення ефективності функціонування та розвитку автомобільного транспорту;
- економіка та організація роботи автомобільного транспорту, ринок транспортних послуг;
- автоматизація процесів управління та сучасні інформаційні технології на автомобільному транспорті;
- "зелений" транспорт та перспективні методи зменшення екологічного навантаження автомобільного транспорту на довкілля;
- вдосконалення та використання нових конструкційних та експлуатаційних матеріалів на життєвих циклах засобів транспорту;
- інтелектуальні транспортні системи та транспортні засоби;
- інтегровані логістичні системи підтримки життєвого циклу засобів транспорту та транспортної інфраструктури;
- мехатроніка, електроніка та ергономіка на автомобільному транспорті;
- підвищення якості підготовки фахівців з спеціальності J8 "Автомобільний транспорт" та J8 "Логістика на автомобільному транспорті".

UDC:656.02, 656.05, 656.07

Innovative technologies for the development and efficiency of road transport: VIII International science and practice conference, November 19-21 2025, Kropyvnytskyi: coll. mat.s / Ministry of Education and Science of Ukraine, CentralUkraine National Technical University, Department of Operation and Maintenance cars – Kropyvnytskyi: CNTU, 2025. – 287 p.

Purpose of the conference: highlighting the most urgent topical issues of increasing the efficiency of road transport operation and finding the best ways to solve them by developing and implementing modern innovative technologies in production, sharing research and practical experience, publishing the results of scientific research.

The areas of the conference:

- modern and promising designs of transport vehicles;
- development of technologies for maintenance, servicing, and repair of transport vehicles;
- improvement of transport process technologies and road traffic safety;
- increasing the reliability and efficiency of transport vehicles and road transport enterprises;
- engineering system in road transport;
- new regulatory and legislative frameworks for improving the efficiency and development of road transport;
- economics and organization of road transport, transport services market;
- automation of management processes and modern information technologies in road transport;
- "green" transport and promising methods for reducing the environmental impact of road transport;
- improvement and application of new structural and operational materials throughout the life cycle of transport vehicles;
- intelligent transport systems and vehicles;
- integrated logistics systems supporting the life cycle of transport vehicles and transport infrastructure;
- mechatronics, electronics, and ergonomics in road transport;
- improving the quality of specialist training in specialty J8 "Automobile Transport" and J8 "Logistics in Road Transport."

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова:

Андрій ТИХИЙ, кандидат технічних наук, доцент, проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків ЦНТУ.

Заступник голови:

Віктор АУЛІН, доктор технічних наук, професор, кафедра експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Відповідальний секретар:

Дар'я КУЛЬОВА, доктор філософії, старший викладач, кафедра експлуатації та ремонту машин ЦНТУ;

Члени оргкомітету:

Анджей ЗДУНЯК, доктор економічних наук, професор, Вища школа безпеки (Польща);

Анджей НСВЧАС, PhD, професор, Люблінський технологічний університет (Польща);

Віктор БІЛЧЕНКО, доктор технічних наук, професор, ректор Вінницького національного технічного університету;

Борут ЖЕРЕБ, доктор філософії, професор факультету логістики Маріборського університету (Словенія);

Віктор ВОЙТОВ, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортних технологій і логістики, Державний біотехнологічний університет;

Володимир ВОЛКОВ, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технічної експлуатації та сервісу автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет;

Андрій ГАЛКІН, доктор наук, професор Антверпенського університету (Бельгія);

Петро ГОРБАЧОВ, доктор технічних наук, професор кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет;

Євген ЛЮБИЙ, кандидат технічних наук, завідувач кафедри транспортних систем і логістики, Харківський національний автомобільно-дорожній університет;

Ігор ГРИЦУК, доктор технічних наук, професор, професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок, Херсонська державна морська академія;

Володимир ДЗЮРА, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя;

Олександр ДИХА, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства, Хмельницький національний

університет;

Доминик ЗИМОН, PhD, доцент кафедри систем управління та логістики факультету менеджменту Жешувський технологічний університет (Польща);

Ельжбета МАЦЬОШЕК, доктор технічних наук, доцент, професор, кафедра транспортних систем та інженерії руху Сілезького технологічного університету (Польща);

Ігор КАБАШКІН, PhD, професор, Інститут транспорту і зв'язку (Латвія);

Катерина ЛИСЕНКО-РИБА, PhD, доцент, декан кафедри логістики та інженерії процесів, факультет логістики та інженерії процесів Університету інформаційних технологій та менеджменту в Жешуві (Польща);

Володимир КВАСНІКОВ, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем і технологій, Національний авіаційний університет;

Богдан КІНДРАЦЬКИЙ, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки, Національний університет «Львівська політехніка»;

Михайло КРИСТОПЧУК, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування;

Святослав КРИШТОПА, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу;

Олег ЛЯШУК, доктор технічних наук, проф., перший проректор, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя;

Марчін КІЧІНСЬКИЙ, доктор філософії, доцент, факультет цивільної та транспортної інженерії, Інститут транспорту, відділ транспортних систем Познанського технологічного університету (Польща);

Микола МАРЧУК, кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університет водного господарства та природокористування;

Василь МАТЕЙЧИК, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет;

Микола МОРОЗ, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортних технологій, Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського;

Ігор МУРОВАНІЙ, кандидат технічних наук, доцент, декан факультету транспорту та механічної інженерії, Луцький національний технічний університет;

Іван НАГЛЮК, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри організації та безпеки дорожнього руху, Харківський національний автомобільно-дорожній університет;

Вікторія НИКОНЧУК, доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний

університет водного господарства та природокористування;

Андрій ОКороков, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри транспортний сервіс та логістика, Український державний університет науки і технологій;

Олегас ПРЕНТКОВСКИС, PhD, професор кафедри мобільних машин і залізничного транспорту Вільнюського технічного університету імені Гедімінаса (Литва);

Олександр ГРАКОВСКИ, PhD, професор, Інститут транспорту і зв'язку (Латвія);

Мирослав ОЛІСКЕВИЧ, доктор технічних наук, професор кафедри автомобілів та тракторів, Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького;

Олександр ПОЛЯНСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет;

Павло ПОПОВИЧ, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспорту і логістики, Західноукраїнський національний університет;

Рамунас ПАЛЬШАТИС, PhD, професор, Вільнюський технічний університет імені Гедімінаса (Литва);

Іван РОГОВСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка, Національний університет біоресурсів і природокористування України;

Юрій РОЙКО, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри транспортних технологій, Національний університет «Львівська політехніка»;

Олександр РОССОЛОВ, доктор технічних наук, професор Dalhousie University Halifax, Nova Scotia (Canada);

Володимир САХНО, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автомобілів, Національний транспортний університет;

Людмила ТАРАНДУШКА, доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет;

Євген ФОРНАЛЬЧИК, доктор технічних наук, професор, професор кафедри транспортних технологій, Національний університет «Львівська політехніка»;

Сергій ЦИМБАЛ, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет;

Андрій ГРИНЬКІВ, кандидат технічних наук, ст. дослідник, старший викладач кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Олег ЦЬОНЬ, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобілів, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Члени робочої групи оргкомітету:

Сергій МАГОПЕЦЬ, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Сергій ЛИСЕНКО, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Дмитро ГОЛУБ, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Артем ГОЛОВАТИЙ, асистент кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Руслан КІЧУРА, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Олександр ЮВЖЕНКО, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Сергій ХАРЧЕНКО, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Дмитро КОСЯКЕВИЧ, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Тарас НАДИЧ, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Володимир ПЕТЛЕНКО, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Андрій ЗАЙЦЕВ, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Сергій ТИЩЕНКО, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Андрій СЕРГІЙЧУК, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Євген КОЗАЧЕНКО, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ.

УДК 656.025

ДИНАМІКА СТРУКТУРНИХ ЗМІН ПАРКУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗА ОКРЕМИМИ ТИПАМИ В ТЕРНОПІЛЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ

І.Б. Гевко, д.т.н., проф.,
Б.Р. Гевко, к.е.н.,
О.П. Цьонь, к.т.н., доц.
Т.Д. Навроцька, к.т.н.,
М.Д. П'єнтак, ст. викладач,

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль

Сучасний етап розвитку парку автотransпортних засобів характеризується інтенсивною динамікою. Ця тенденція повною мірою стосується як транспортних засобів, призначених для перевезення пасажирів та вантажів, так і легкових автомобілів. Зокрема, в останні роки чітко спостерігається виражене зростання частки електричних транспортних засобів (електромобілів), на процес змін якого немає впливу жодні фактори, навіть проведення військових дій в Україні. Ця динаміка детермінована сукупністю факторів, включаючи тенденції впливу війни, логістичних процесів, економічних чинників, ремонтпридатності та зміни споживчих уподобань [1, 2]. В таблицях 1 – 3 представлені статистичні дані отримані від Головного сервісного центру МВС у межах його компетенції на запит ГО «Альянс автомобільного транспорту» від 20.10.2025 № 469 щодо надання статистичних даних про реєстрацію автотransпортних засобів за 2019 – 2025 роки. Вони зокрема стосуються кількості транспортних засобів, призначених для перевезення пасажирів (автобусів та бусів) і вантажів (тягачі), а також кількості зареєстрованих за останні роки електричних транспортних засобів (електромобілів). Ці дані стосуються окремо Тернопільської області та України загалом. При цьому слід враховувати, що відповідно до положень статті 1 Закону України «Про автомобільний транспорт» автомобіль вантажний – це автомобіль, який за своєю конструкцією та обладнанням призначений для перевезення вантажів, а автобус – це транспортний засіб, який за своєю конструкцією та обладнанням призначений для перевезення пасажирів з кількістю місць для сидіння більше ніж дев'ять з місцем водія включно.

Зокрема в табл. 1 представлено дані за 2019 – 2025 роки по реєстрації транспортних засобах за типом конструкції «Автобус».

Таблиця 1 – Транспортні засоби за типом конструкції «Автобус»

Рік	Тернопільська область	По державі загалом
2019	80	3364
2020	40	2407
2021	50	2763
2022	117	2172
2023	136	2981
2024	98	2459
Станом на 01.10.2025	86	1927

Аналізуючи наведені дані можна констатувати, що у час до широкомасштабного вторгнення РФ загалом по Україні спостерігалась тенденція до зростання реєстрації цих засобів, а в 2022 році пройшов різкий спад, з подальшим сплеском зростання у 2023 році та спадом у наступних роках. Значний вплив на статистичні дані мала окупація значної

кількості територій України. На відміну від загальних даних по Україні у розрізі Тернопільської області можна відмітити інші тенденції. Так відбувається різке зростання реєстрації даних транспортних засобів у 2022 році (більше ніж у 2 рази) з подальшим зростанням у 2023 році та спадом у наступних. Загалом тенденції з 2023 року по Україні та в Тернопільській області є однаковими, а сплеск 2022 року по Тернопільській області можна пояснити значним напливом тимчасово переміщених осіб з окупованих територій та прифронтової зони і необхідністю їх подальших перевезень у межах області і, особливо, за кордон.

В табл. 2 представлено дані за 2019-2025 роки по реєстрації транспортних засобах за типом конструкції «Вантажні».

Таблиця 2 – Транспортні засоби за типом конструкції «Вантажні»

Рік	Тернопільська область	По державі загалом
2019	1284	48994
2020	1098	42819
2021	1124	45397
2022	1541	42215
2023	1501	43868
2024	1286	38115
Станом на 01.10.2025	882	26688

Аналогічна тенденція спостерігається по вантажних транспортних засобах. Так, у 2022 році загалом по Україні відбувається зменшення реєстрації вантажних транспортних засобів у 2022 році, а по Тернопільській області навпаки – значне зростання (більше ніж 1,37 рази). 2023 році проходить незначне зростання по Україні в цілому і незначний спад (40 од.) по Тернопільській області реєстрації вантажних транспортних засобів. У 2024 та 2025 відбувається падіння їх реєстрації в Тернопільській області та Україні загалом.

В табл. 3 представлено дані за 2019-2025 роки по реєстрації транспортних засобах за типом палива «Електро».

Таблиця 3 – Транспортні засоби з типом палива «Електро»

Рік	Тернопільська область	По державі загалом
2019	168	7709
2020	134	7504
2021	317	9003
2022	811	13923
2023	1631	37978
2024	1894	52625
Станом на 01.10.2025	1982	56927

На відміну від попередньо проаналізованих статистичних даних по автотранспортних засобах призначених для перевезення пасажирів та вантажів, реєстрація як в Тернопільській області так і в Україні загалом електричних транспортних засобів (електромобілів) з року в рік з 2019 року стрімко зростає. Це пояснюється дешевизною типу палива «Електро» (електроенергії), простотою в обслуговуванні та високою ремонтпридатністю, наявністю значних пільг зі сторони держави при сплаті мита.

Список використаних джерел

1. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Гевко І.Б. та ін. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
2. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Гевко І.Б., та ін. – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2021. 544 с.

УДК 629.3.082.4

ОСОБЛИВОСТІ НАДАННЯ АВТОСЕРВІСНИХ ПОСЛУГ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

І.В. Шепеленко, проф., д-р техн. наук,

М.В. Красота, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет

Кількість автомобілів на вітчизняних дорогах неминуче зростає. За даними [1] тільки на кінець 2024 р. в Україні на обліку перебувало 13,16 млн. транспортних засобів, з яких 9,8 млн. – легкових. Враховуючи сталу тенденцію до їх збільшення неминуче постає питання щодо якісного обслуговування автомобілів. Зокрема, збереження кузова автомобіля, проведення якісного огляду, виконання робіт з технічного обслуговування (ТО) й ремонту забезпечується миттям автомобілів. Своєчасне виконання миття автомобілів дозволяє знизити можливість виникнення корозії, зберегти лакофарбове покриття, полегшити зовнішній огляд, а також доступ до вузлів і деталей автомобіля при виконанні різних робіт з його ТО й ремонту [2]. Таким чином, регулярне миття автомобілів є одним з основних видів ТО транспортного засобу [3].

Офіційної статистики з частоти миття автомобілів в Україні не існує, але за результатами власного досвіду та дослідження звернень споживачів до послуг автомийки отриманні наступні данні (рис. 1).

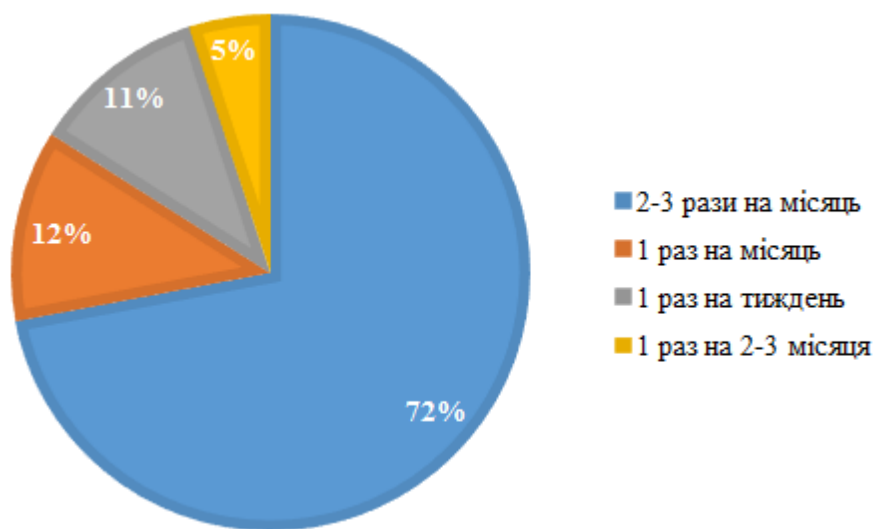


Рисунок 1 – Частота звернень до послуг миття автомобілів

Сучасний ринок обладнання для миття автомобілів представлений різноманітними за конструкцією і технічним виконанням пристроями, які, за даними [2], можна класифікувати наступним чином (рис. 2).

Обсяг світового ринку систем автомийок у 2024 році оцінювався в 1,58 млрд дол. США, а до 2032 року, за прогнозами [4], він досягне 2,22 млрд дол. США при середньорічному темпі зростання 4,35% у прогнозований період.

На протязі останніх років у Європі намітилася стійка тенденція щодо збільшення кількості автомийок: близько 64% власників автомобілів віддають перевагу

самообслуговуванню на автомийках, 6% – ручній мийці, а решта 30% користуються послугами автоматичних автомийок [5]. Збільшення попиту на мийки самообслуговування характерно і для нашої країни. Якщо у 2018 р. в Україні кількість автомийок самообслуговування складала 15 % від загальної кількості, то зараз їх частка набагато вище.

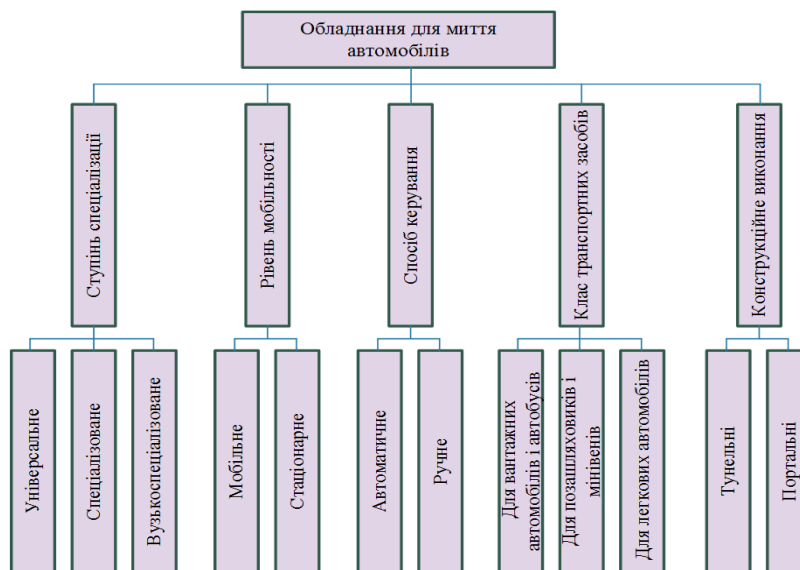


Рисунок 2 – Класифікація обладнання для миття автомобілів [2]

Основними перевагами даного типу миття автомобілів є:

- нижча вартість миття як послуги;
- можливість власнику автомобіля самостійно впливати на якість і вартість миття шляхом вибору часу та інтенсивності обробки кузова миючими засобами та струменями високого тиску;
- менший, порівняно з пунктами ручного миття, час очікування послуги.

У відповідності до [6-10] у м. Кропивницький розташовано біля 35 автомийок, більшість з яких знаходяться у центральній частині міста.

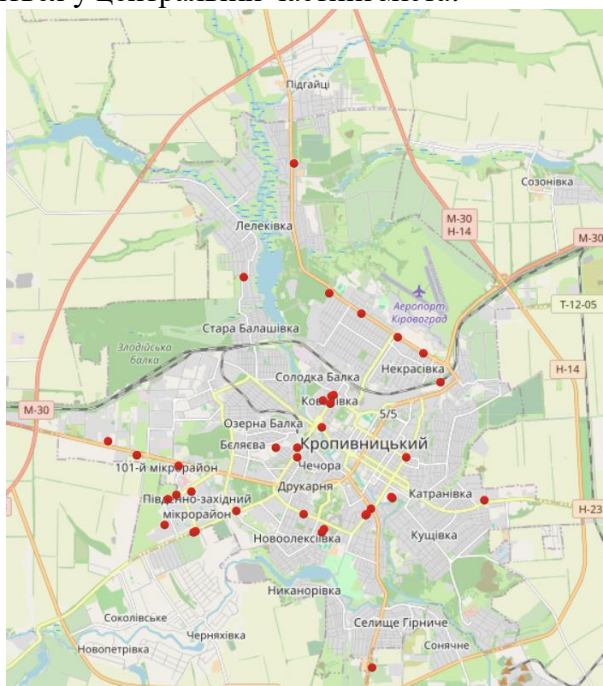


Рисунок 3 – Розташування автомийок в м. Кропивницький [6]

Певним попитом серед власників автомобілів продовжують користуватися мінімійки, про що свідчить статистика їх продажу в Україні (рис. 4) [7].

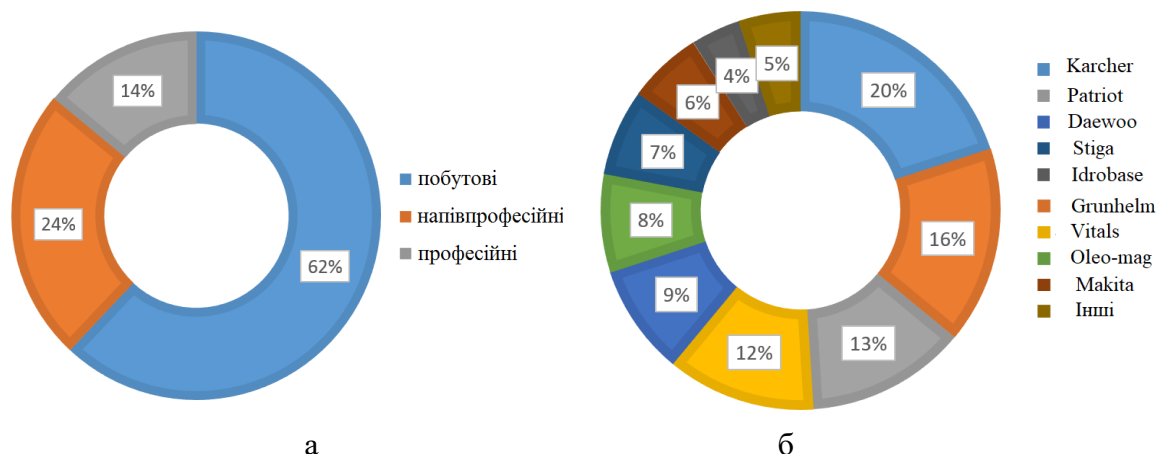


Рисунок 4 – Статистика продажу мінімійок за типом (а) та брендом (б) [7]

Можна стверджувати, що сучасний рівень розвитку технологій миття автомобіля дозволяє власникам автомобіля зробити свій оптимальний вибір типу автомобійного комплексу в заданих умовах, що, безумовно, підвищує якість виконання автосервісних послуг.

Список використаних джерел

1. Скільки авто насправді в Україні? Чому точні дані не називають і які можуть бути наслідки: веб-сайт. URL: <https://auto.rbc.ua/rus/news/-skilki-vsogo-ukrayini-mashin-chomu-mozhna-1750949039.html> (дата звернення: 29.10.2025).
2. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів: навч. посіб. / М. В. Красота та ін, – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. 208 с.
3. Шепеленко І.В., Красота М.В., Шумляківський В.П. Сучасні технології миття автомобілів. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: зб. матеріалів міжн. наук.-техн. інтернет-конференції, 16-18 квітн. 2024 р. Вінниця: ВНТУ, 2024. С.357-359.
4. Analyse du marché mondial des systèmes de lavage de voitures: taille, part et tendances – Aperçu et prévisions du secteur jusqu'en 2032: веб-сайт. URL: <https://www.databridgemarketresearch.com/fr/reports/global-car-wash-systems-market> (дата звернення: 29.10.2025).
5. M J Geca 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 2130 012004.
6. Автомійки у Кропивницькому: веб-сайт. URL: <https://locator.kr.ua/kropyvnyckyj/avtomyjky/> (дата звернення: 29.10.2025).
7. Рейтинг мінімійок високого тиску – ТОП 16: веб-сайт. URL: <https://storgom.ua/ua/novosti/rejting-minimioek.html> (дата звернення: 29.10.2025).
8. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральноросійський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
9. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральноросійський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271).
10. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральноросійський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)

УДК 621.43

ВИКОРИСТАННЯ ОСЦИЛОГРАФІВ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Д.М. Бурдейний, ст. гр. АТ 24М,
М.В. Красога, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Експлуатація автомобільного транспорту потребує значних витрат на його експлуатацію. Все це змушує власників транспортних засобів звертати пильну увагу на їх оптимальний режим роботи, який насамперед залежить від достовірної діагностики його вузлів [1]. Економія паливно-експлуатаційних ресурсів сучасного автомобіля безпосередньо залежить від оптимально вивірених параметрів роботи всіх вузлів та агрегатів автомобіля.

На сьогоднішній день на автотранспортних підприємствах України експлуатується велика кількість автомобілів різних марок та автоконцернів. У більшості з них у модельній лінійці представлені автомобілі з широким розмаїттям двигунів власної розробки. Але всі вони влаштовані приблизно за однаковим принципом. Складаються з тих же компонентів: блок циліндрів, головка блоку циліндрів, розподільні та колінчастий вал, поршні та шатуни. І більшість двигунів забезпечена подібним складом виконавчих механізмів і датчиків. Це означає, що для діагностування таких ДВЗ повинні бути використані методики, які можуть застосовуватись до будь-якого з них [1-3].

Реалізація діагностування двигунів широкої номенклатури і різних конструкцій можливе з використанням осцилографів.

Автомобільний осцилограф найчастіше це двомірний електронний вольтметр, який показує, як напруга змінюється у часі [4, 5].

Осцилографи останнього покоління відрізняються від осцилографів попереднього наступними ознаками:

- наявність декількох вимірювальних каналів;
- можливість перетворення (модифікації) інформаційних сигналів та отримання зображень на цифровому рівні;
- здатність працювати в режимі запам'ятовування зображення та даних.

Поряд із цим, мікропроцесорна будова приладу дає можливість автоматизувати процеси вимірювання та статистичної обробки вимірювальної інформації (рис. 1).



а) - MLab MT-Pro; б) - USB Autoscope;
Рисунок 1 - Автомобільні осцилографи

Осцилографи в автосервісі використовуються для контролю первинних і вторинних ланцюгів запалювання, а також окремих компонентів системи електроживлення. Сучасні портативні автомобільні осцилографи дозволяють аналізувати низькорівневі сигнали в електронних системах керування. Вони є універсальним інструментом для пошуку нерегулярних несправностей.

В автосервісі застосовують як аналогові, так і цифрові осцилографи. У цифрових осцилографах вбудований комп'ютер виконує аналого-цифрове перетворення сигналу, а отримані значення амплітуди напруги відображаються на рідкокристалічному дисплеї у вигляді з'єднаних точок. Такі прилади підтримують функції визначення мінімальної та максимальної напруги, запису даних і передачі їх на комп'ютер.

Автомобільний осцилограф — це складний пристрій, який частково виконує функції комп'ютера та мотор-тестера. Він може працювати в режимах пам'яті осцилографа, мультиметра, а за допомогою кабелів із додатковими перетворювачами вимірює температуру, тиск, струм, напругу у вторинному ланцюзі запалювання тощо. У пам'яті осцилографа зберігаються шаблони сигналів різних компонентів електрообладнання, що дозволяє автоматично тестувати датчики, системи електроживлення, напівпровідникові елементи та визначати відносну компресію в циліндрах [6].

Сучасні осцилографи USB Scope та USB Autoscope II у комплекті з комп'ютером представляють широкі можливості для реєстрації, збереження та обробки результатів вимірювань, пошуку несправностей у різних електронних системах: електричних сигналів, запалювання, газорозподілу та ін.

Діагностування осцилографом реалізується шляхом використання скриптів. Діагностичний скрипт осцилографа (скрипт - це спеціалізована програма, або набір команд, яка автоматизує аналіз сигналів, що реєструються осцилографом, і візуалізує їх у вигляді зрозумілих графіків для діагностування конкретного пристрою, найчастіше всього — двигуна автомобіля) має можливість визначати циліндри, в яких погіршуються характеристики їхньої роботи, а також циліндри в яких не відбувається або погіршено займання паливно-повітряної суміші.

Зважаючи на проведений аналіз літературних джерел інформації, можливо дійти висновку про основні переваги використання осцилографів для діагностування.

На відміну від сканера, мотор-тестер може надавати більше даних для аналізу. За допомогою нього сигнали з датчиків знімаються з дуже високою частотою, тоді як швидкість обміну інформацією автомобіля зі сканером значно нижча. Це є критичним для діагноста, і для встановлення точного діагнозу можливостей сканера не вистачає. Також, для якісної роботи з автомобілем необхідний профільний сканер для конкретної марки, а мотор-тестер універсальний прилад, який дозволяє працювати з практично будь-якою маркою та моделлю. Іноді можливості сканерної діагностики (навіть на сучасних автомобілях та при використанні профільного за маркою сканера) дуже обмежені з діагностики системи запалення та (непрямої) діагностики механічної частини двигуна, на відміну від використання осцилографів.

Список використаних джерел

1. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Підручник. - К.: Вища шк., 1994. - (у 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. - 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління. - 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. - 599 с.
2. Коваленко В. М., Щуріхін В. К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підруч. — Київ : Літера ЛТД, 2017. — 224 с.
3. Круглов С.М. Будова, технічне обслуговування і ремонт легкових автомобілів – К. – 1986. – 238с.
4. Технологічне обладнання для підприємств автомобільного транспорту: Підручник / В. Волков та ін. Харків : ХНАДУ, 2010. 556 с.
5. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. / М. В. Красота, Ю. В. Кулешков, С. О. Магопєць [та ін.]; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - 208 с.
6. Постолювський В. USB-осцилограф. Діагностика і ремонт систем впорскування палива/ Володимир Постолювський // Сучасна Автомайстерня. – 2005. – №1. – С. 30-31.

УДК 656.025

ПРОЄКТУВАННЯ ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ ПРИЧЕПІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЛОЩ ЗБЕРІГАННЯ В АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Ів.Б. Гевко, д.т.н., проф.,

О.Л. Ляшук, д.т.н., проф.,

Т.А. Довбуш, к.т.н., доц., доц.,

Р.В. Хорошун, д-р філос. PhD.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Іг.Б. Гевко, к.т.н., доц.

Бережанський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Бережани

Сучасний етап розвитку автомобілебудування демонструє інтенсивну динаміку, яка повною мірою корелює зі сферою спеціалізованої техніки, а також кузовів та причепів автотранспортних засобів (АТЗ) [1, 2]. У контексті різних секторів економіки актуалізується потреба у підвищенні ефективності логістичних процесів. Це, зокрема, виявляється у необхідності зміни об'єму кузовного простору для акумулювання та транспортування вантажів із варіативною питомою густиною. Крім того, перманентне зростання вартості земельних ресурсів у світовому та національному масштабі (зокрема, в Україні) детермінує необхідність оптимізації площ для зберігання транспортних засобів на території автотранспортних підприємств (АТП). Це, у свою чергу, зумовлює зростання потреби у мінімізації габаритних розмірів АТЗ під час простою. Також, доцільно окреслити завдання забезпечення оптимального осьового розподілу навантаження при перевезенні вантажів високої питомої густини. Перелічені виклики та обмеження стимулюють активний пошук та розробку інноваційних і вдосконалених конструкцій причепів АТЗ, які передбачають функціонал трансформації власних габаритів. Реалізація цього функціоналу може відбуватися за рахунок механізмів розсування, зсування, розкладання, складання чи інших конструктивних видозмін.

Розробка зазначених трансформаційних конструкцій причепів АТЗ була здійснена шляхом генерування структурних рішень із застосуванням методу морфологічного аналізу. Визначальний вплив на формування цих конструктивних рішень мали конструкція бічного борту та конструкція дна причепа, які детермінують діапазон згенерованих альтернатив. Розроблені схематичні рішення трансформаційних причепів АТЗ з функціями розсування та провертання візуалізовано на рисунку 1. На конструкцію трансформаційного причепа АТЗ з функцією розсування бічних бортів і днища отримано патент України на корисну модель [3].

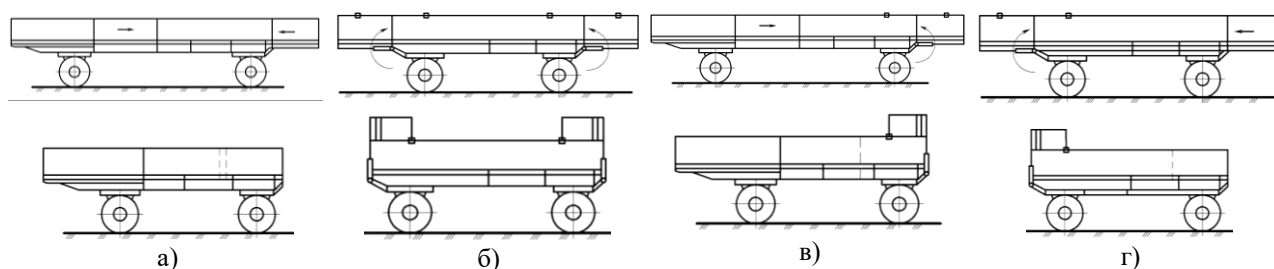


Рисунок 1 - Схематичні рішення конструкцій розроблених варіантів трансформаційних причепів з функціями розсування та провертання: а) розсуванням бічних бортів і днища; б) провертанням бічних бортів і днища; в), г) розсуванням та провертанням бічних бортів і днища

Розроблені конструкції трансформаційних причепів АТЗ з функціями розсування, повертання та виймання автономних секцій представлено на рисунку 2.

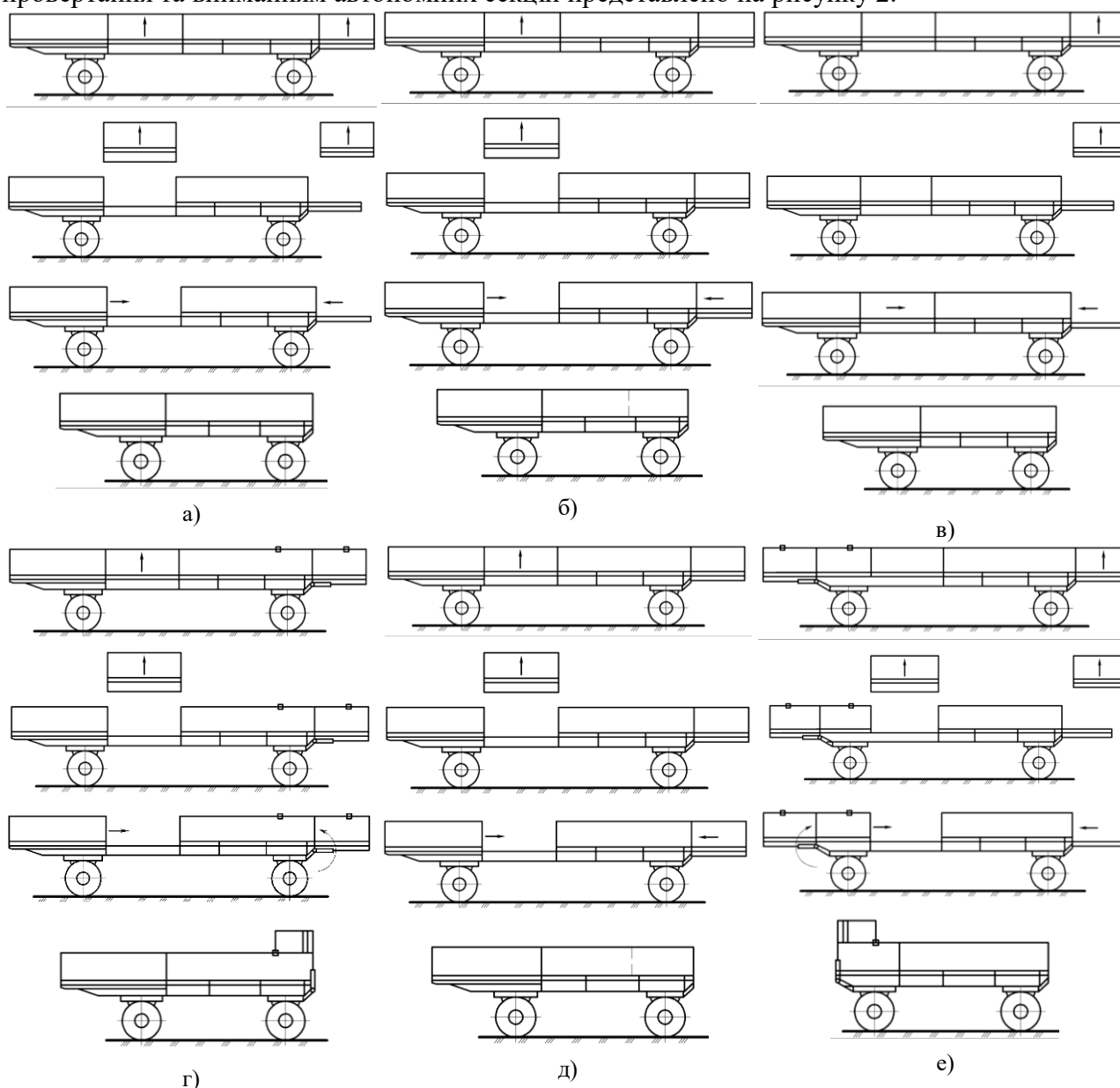


Рисунок 2 - Схематичні рішення конструкції розроблених варіантів трансформаційних причепів з:
 а) розсуванням днища і вийманням автономних секцій; б) повертанням бічних бортів і днища, розсуванням днища й вийманням автономних секцій; в) розсуванням бортів і днища і вийманням автономної секції
 г) розсуванням днища, повертанням бічних бортів і днища, й вийманням автономної секції; д) розсуванням бічних бортів і днища, й вийманням автономної секції; е) розсуванням днища, повертанням бічних бортів і днища, й вийманням автономних секцій

Проведене дослідження дозволяє створювати суттєві технологічні можливості для мінімізації площ при зберіганні АТЗ в АТП, ефективного збільшення корисного об'єму для акумулювання та транспортування вантажів низької та середньої питомої густини, а також забезпечення нормованого осевого розподілу навантаження при транспортуванні вантажів високої питомої густини з метою дотримання технічних регламентів та безпеки експлуатації.

Список використаних джерел

1. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Гевко І.Б. та ін., – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.
2. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Гевко І.Б., та ін., – Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.
3. Розсувний кузов вантажного транспортного засобу : пат. 155040 Україна, МПК В60Р. № u202303606 ; опубл. 10.01.2024. Бюл. № 2/1024.

УДК:629.08

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Д.В. Голуб, доц., канд. техн. наук

Р.П. Кічура, асп.,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Рівень результативності науково-технічного прогресу визначається не лише зростанням обсягів виробництва сучасних транспортних засобів, але й раціональним використанням наявних основних фондів. У зв'язку з цим зростає потреба в зменшенні витрат часу, трудових ресурсів і фінансів, які спрямовуються на технічне обслуговування (ТО) та ремонт (Р) машин. Відповідно, актуальним завданням стає підвищення ефективності використання виробничих потужностей, покращення рівня завантаженості обладнання, зростання показників фондовіддачі, вдосконалення ремонтного виробництва й забезпечення безперебійної роботи машин і агрегатів у різних галузях промисловості.

Особливого значення ці питання набувають у сфері сільськогосподарського машинобудування та для автомобільного транспорту, який функціонує в агропромисловому виробництві (АПВ). Оскільки ця галузь належить до найбільш фондомістких, ефективність використання основних фондів безпосередньо впливає на продуктивність виробництва автомобільної техніки. Зі зростанням технічного рівня сучасних транспортних засобів, що застосовуються в АПВ, збільшується складність їхньої конструкції, функціональні можливості та вартість [5, 6, 8]. Подорожчання техніки та пального призводить до суттєвого зростання експлуатаційних витрат підприємств.

Ефективність процесів технічної експлуатації (ТЕ) автомобільного транспорту в АПВ визначається сукупністю факторів, які впливають на всіх етапах життєвого циклу – від проектування і виробництва до випробувань та практичного використання [1-3, 6].

Рівень ефективності ТЕ залежить насамперед від конструктивної досконалості автомобільної техніки та обґрунтованості обраної стратегії технічного обслуговування й ремонту, між якими існує тісний взаємозв'язок. Застосування сучасних, більш продуктивних стратегій можливе лише за умови вдосконалення конструкції техніки, підвищення її надійності й технологічності під час експлуатації [1-4, 9, 10, 12]. Це потребує узгоджених дій усіх учасників процесу – від виробників і конструкторів до сервісних підприємств, що здійснюють технічну підтримку автомобілів в АПВ.

Єдність інтересів зазначених організацій має бути підпорядкована вимогам ефективної експлуатації транспортних засобів, а оцінювання їхньої діяльності повинно здійснюватися за спільними критеріями. На практиці це реалізується не завжди: численні наукові розробки проводяться без урахування реальних умов експлуатації автомобільної техніки, без попереднього аналізу того, як результати досліджень впливають на ключові показники – регулярність роботи, собівартість перевезень, тривалість і витрати на ТО та ремонт.

На сьогоднішній день фактичні показники ефективності ТЕ наявного автопарку в АПВ не відповідають нормативним вимогам, попри проведення значної кількості заходів щодо вдосконалення конструкцій і технологій обслуговування. Основною причиною цього є відсутність належної координації між організаціями, а також недостатній розвиток теоретичної й науково-методичної бази.

Проблематика вдосконалення процесів ТЕ автомобільної техніки та покращення її конструкції для підвищення надійності й технологічності експлуатації розглядається переважно відокремлено, без єдиної системної мети. Багато виробників, розробляючи нові моделі транспортних засобів для АПВ, орієнтуються на застарілі системи обслуговування, не враховуючи перспективні напрями їх модернізації. У результаті модернізація системи ТЕ та Р, яка здійснюється безпосередньо під час експлуатації, не забезпечує очікуваного приросту ефективності.

У зв'язку з цим виникає необхідність формування комплексної методології підвищення ефективності ТЕ автомобільного транспорту в АПВ. Така методологія має об'єднувати діяльність усіх підприємств і організацій на всіх етапах життєвого циклу техніки, зосереджуючись на підвищенні безпеки, регулярності виконання робіт, інтенсивності використання машин і скороченні витрат часу, праці та коштів на ТО і Р.

Ефективне управління ТЕ повинно базуватися на науково підтверджених принципах, перевірених практикою, нормативно-технічній документації та сучасних досягненнях у галузях експлуатації, надійності, технічного обслуговування й ремонту транспортних засобів. Важливу роль у цьому відіграють системний аналіз і теорія ефективності [7, 11].

Для підвищення результативності управління ТЕ доцільно застосовувати цільовий підхід, який передбачає визначення основної мети управління та її деталізацію у вигляді системи підцілей, що утворюють ієрархічну структуру завдань і засобів їх досягнення.

Підвищення ефективності технічної експлуатації автомобілів в агропромисловому виробництві передбачає впровадження інноваційних методів організації обслуговування, використання внутрішніх резервів розвитку, покращення якості та технічного рівня виробництва, удосконалення технологічних процесів, забезпечення високої надійності й безпеки експлуатації. Це сприяє інтенсифікації використання автопарку, підвищенню продуктивності праці, зниженню собівартості продукції та раціональному використанню трудових, матеріальних і фінансових ресурсів.

Список використаних джерел

1. Аулін В.В., Голуб Д.В., Жулай О.Ю. та ін. Практична реалізація рівнів отримання інформації в системі діагностичного моніторингу технічного стану двигунів транспортних засобів у с/г виробництві. Актуальні проблеми та наукові звершення молоді на початку третього тисячоліття: матеріали I Всеукр. наук. конф., 12-14 листопада 2008 р. Луганськ: "Елтон-2", 2008. С. 254-257.
2. Аулін В.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В. та ін. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. Вісник Харківського нац. техн. університету сільск. господарства. Вип. 158. Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві. Харків. 2015.-С.252-262.
3. Аулін В.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В. та ін. Розробка критерію вдосконалення системи технічної експлуатації засобів транспорту з врахуванням необхідної діагностичної інформації. Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Луцьк: Луцький НТУ, 2018. №62. С.17-20.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лівіцький О.М. Вплив стратегій технічного обслуговування і ремонту мобільної сільськогосподарської техніки на її стан, умови і охорону праці операторів. Вісник ЖНАЕУ: науково-теоретичний збірник. вип. № 2 (45), т.4, ч.П. Житомир, 2014. С. 37-50.
5. Бузовський Є.А., Коробка В.М. Обумовленість аграрних господарських систем до інноваційного розвитку. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України: Економіка, аграрний менеджмент, бізнес, 2013. Вип. 181(4). С. 72-76.
6. Гнезділова О.М. Організація обліку та аналізу роботи транспортних засобів аграрних підприємств: Автореф. дис. кандидата екон. наук / ННЦ «Інститут аграрної економіки». К., 2006. – 20 с.
7. Дмитриченко М.Ф., Матейчик В.П., Гришук О.К. та ін. Методи системного аналізу властивостей автомобільної техніки: навч. посіб. К.: НТУ, 2014. 168.
8. Мазнев Г.Є. Оптимізація збирально-транспортних комплексів методами теорії масового обслуговування. Механізація сільськогосподарського виробництва. Вісник ХНТУСГ. Х.: ХНТУСГ, 2013. Т. 2, Вип. 93. С. 56–68.
9. Сахно В.П., Безбородова Г.Б., Маяк М.М., Шарай С.М. Автомобілі: Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність: Навч. посібник. К.: В-во «КВІЦ», 2004. 174 с.
10. Сахно В.П., Іванушко О.М. Вплив умов експлуатації та системи технічного обслуговування і ремонту на технічний стан автотранспортних засобів. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. К.: НТУ, 2017. Вип. 1 (37), С. 363-372.
11. Томашевский В. Н. Моделирование систем [Текст]. К.: Видавнича група ВНУ, 2007. 352 с.
12. Форнальчик Є. Ю., Олісевич М. С., Мاستикаш О. Л., Пельо Р. А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: навч. посіб. Львів: Афіша, 2004. 492 с.

УДК 656.137:330.45

ПОБУДОВА ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОГО ПІДРОЗДІЛУ МОЛОЧНОЇ АГРОФІРМИ

В. Г. Загорянський, доц., д-р техн. наук

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

Розроблена структурна економіко-математична модель оптимізації розвитку транспортного підрозділу молочної агрофірми має такий вигляд.

Умовні позначення моделі: j – номер сільськогосподарської культури; J_0 – множина сільськогосподарських культур; i – номер виду сировини та продукції; I_4 – множина видів сировини, продукції, що підлягають транспортуванню; d_{ij} – вихід товарної продукції виду i від одиниці j ; p_{im} – продуктивність транспортного засобу виду m при перевезенні продукції виду i ; z_m , x_m – наявність власних та потреба у нових транспортних засобах виду m ; m , M_0 – номер та множина видів транспортних засобів; q_1 – витрати коштів на забезпечення одиниці праці i залученням коштів з іншого підрозділу. Змінною в моделі виступає x_j ($x_m \geq 0$) – розмір сільськогосподарської культури, галузі j [1].

Обмеження моделі щодо транспортного блоку молочної агрофірми [2]:

– за транспортуванням сировини та кінцевої продукції:

$$\sum_{j \in J_0} d_{ij} x_j \leq \sum_{m \in M_0} p_{im} z_m + \sum_{m \in M_0} p_{im} x_m, \quad i \in I_4, \quad (1)$$

– за кількістю власних та залучених транспортних засобів:

$$\sum_{m \in M_0} z_m \leq q_1, \quad \sum_{m \in M_0} x_m \leq q_2 \quad (2)$$

В молочної агрофірмі транспортуванню підлягають корми: сіно, сінаж, концентрати, а також товарна продукція – зерно та молоко. Молоко переробляється на території агрофірми, після чого передається до магазинів на реалізацію.

Середній радіус перевезення, км [2]:

$$\pi R^2 = \frac{S_0}{0,8} \cdot 1,5, \quad (3)$$

де R – середній радіус перевезення вантажів, км;

S_0 – площа сільгоспугідь, м²;

0,8 – середня частка сільгоспугідь у площі землекористування;

1,5 – коефіцієнт збільшення середньої відстані внутрішньогосподарських перевезень внаслідок неадекватності території, кривизни доріг та особливостей розташування полів сівозмін.

Площа сільськогосподарських угідь господарства $S_0 = 3410$ га. Гектар – 0,01 км², тобто $S_0 = 34,1$ км². Таким чином:

$$R = \sqrt{\frac{1,25 \cdot S_0 \cdot 1,5}{3,14}} = \sqrt{\frac{1,25 \cdot 34,1 \cdot 1,5}{3,14}} = 4,51 \text{ км.}$$

2. Середня відстань від господарства до районного центру – 25 км.

3. Зелені корми згодуються, отже, і перевозяться протягом пасовищного періоду, тобто 210 днів з розрахунку 10 кг зеленого корму на день.

4. Транспортні роботи з перевезення молока здійснюються протягом року, причому у період із травня до вересня виробляється 60 % всього обсягу молока, що перевозиться. Транспортування молока до переробного виробництва (модуля) проводиться у бідонах колісними тракторами та автомобілями, а готової продукції після переробки молока – спеціалізованими автомобілями [3-9]. Агрофірма має 11 автомобілів (середня вантажопідйомність – 3,5 т), 8 колісних тракторів та 5 причепів (середня вантажопідйомність – 3,6 т). Кількість автомобілів, що орендуються, – не більше 9.

5. Транспортування зерна провадиться протягом збирання зернових (12 днів).

6. Обмеження за транспортуванням зерна від комбайнів:

$$45x_1 + 48x_2 \leq 20 \times 1,5 \times 12x_{15} + 20 \times 1,5 \times 12x_{16} + 20 \times 1,5 \times 12x_{17}, \quad (4)$$

де 20; 1,5; 12 – відповідно, середня продуктивність за зміну, коефіцієнт змінності, число днів роботи;

x_1, x_2 – площа посіву відповідно зернових продовольчих і зернових фуражних, км²;

x_{15} – кількість власних автомобілів, що використовуються на відвезенні зерна від комбайнів, од.;

x_{16}, x_{17} – потреба в новій та орендованій техніці, автомобілях, од.;

x_{18} – кількість власних автомобілів на відвезенні зерна, договірних поставок та ринкового фонду од.; x_{19} – кількість орендованих автомобілів, од.

7. Обмеження за кількістю власних автомобілів:

$$x_{15} + x_{18} + x_{21} + x_{22} \leq 11 \quad (6)$$

8. Обмеження за кількістю орендованих автомобілів:

$$x_{17} + x_{19} \leq 9 \quad (7)$$

9. Обмеження за транспортуванням зеленої маси:

$$0,2 \times (180 \times x_3 + 110 \times x_7) \leq 115 \times 150 \times x_{20} + 118 \times 150 \times x_{21}, \quad (8)$$

де 150 – тривалість періоду підживлення корів; 115,0; 118,0 – продуктивність відповідно трактора та автомобілів, ц/день; x_{20} – кількість власних колісних тракторів; x_{21} – кількість власних машин з перевезення зеленої маси.

10. Обмеження за кількістю власних колісних тракторів із причепами:

$$x_{20} + x_{21} < 5 \quad (9)$$

11. Обмеження за транспортуванням молока протягом пасовищного періоду і на переробку протягом року:

$$0,64 \times 50 \times x_8 \leq 182 \times 30 \times x_{22}, (50 - 2) \times x_8 \leq 365 \times 30 \times x_{22} \quad (10)$$

де 365; 182 – відповідно кількість днів на рік та протягом пасовищного періоду; 0,64 – частка молока, що припадає на пасовищний період; 30 – обсяг перевезення молока в бідонах (за 2 дойки); x_{22} – кількість власних автомобілів, одиниць; x_{23} – сума витрат, грн.

12. Обмеження за матеріально-грошовими витратами (грн) на транспортування зерна від комбайнів, зерна договірних поставок та ринкового фонду, зеленої маси, на придбання нових автомобілів та для оплати за оренду автомобілів:

$$0,84 \times x_{15} + 0,76 \times x_{16} + 1,86 \times x_{17} + 0,84 \times x_{18} + 1,86 \times x_{19} + 7,5 \times x_{20} + 9 \times x_{21} + 7,3 \times x_{22} = x_{23}, \quad (11)$$

де 0,84; 0,76; 1,86; 0,84; 1,86; 7,5; 9; 7,3; 6,7 – витрати матеріально-грошових коштів на весь період виконання робіт у розрахунку на один транспортний засіб, тис. грн, відповідно, при транспортуванні зерна від комбайнів власним автомобілем, новим, орендованим; при перевезенні зерна ринкового фонду та договірних поставок власним автомобілем та орендованим; при транспортуванні зеленої маси власним трактором та власним автомобілем та при транспортуванні молока протягом року на переробку.

Список використаних джерел

1. Параметри транспортно-заготівельної інфраструктури молокопереробного підприємства: дис... канд. техн. наук: 05.13.22 / Тригуба Анатолій Миколайович; Львівський держ. аграрний ун-т. Львів, 2004. 210 с.
2. Петрик А. В. Формування транспортних систем в агропромисловому виробництві. Київ: Політехніка, 2004. 316 с.
3. Lavrukhin O., Kovalov A., Kulova D. Technological and economic estimation of efficiency of a route choice for transportation of dangerous goods. SHS Web of Conferences. 2019. Vol. 67. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196702005>
4. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
5. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
6. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
7. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271).
8. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
9. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Палайниця В. А., 2024. – 393 с.

УДК:629.08

ВПЛИВ ФАКТОРІВ ТРАНСПОРТНОЇ РУХЛИВОСТІ АВТОМОБІЛІВ ЕКСТРЕНОЇ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ В МІСЬКИХ УМОВАХ

Д.В. Голуб, доц., канд. техн. наук

Ю.І. Шульгін, ст. гр. АТ-24М,

Н.Я. Малюк, ст. гр. АТ-24М,

Р.О. Сіроменко, ст. гр. АТ-24Мз,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Одним із ключових напрямів зниження рівня смертності, зокрема у випадках серцево-судинних захворювань та тяжких травм, є забезпечення надання медичної допомоги в найкоротші терміни - протягом так званого «оптимального часу».

Однак реалізація потенціалу цього критичного періоду часто ускладнюється несвоєчасним прибуттям автомобілів екстреної медичної допомоги до місця події та затримками під час транспортування постраждалих до лікувальних закладів. Статистичні дані свідчать, що до 34 % летальних випадків унаслідок дорожньо-транспортних пригод зумовлені саме запізненням прибуття бригад швидкої медичної допомоги. Особливо загострюється ця проблема у великих міських агломераціях, де транспортні потоки мають підвищену інтенсивність.

Тривалість прибуття автомобіля швидкої допомоги до потерпілого залежить від щільності заселення території, рівня транспортної доступності, особливостей планування вулично-дорожньої мережі, кліматичних та географічних умов регіону дислокації [5, 6]. Саме в цей обмежений проміжок часу вирішується доля більшості пацієнтів. Водночас у багатьох випадках виникає необхідність швидкої та безпечної доставки постраждалих до медичного закладу, що вимагає забезпечення високої швидкості руху й комфортних умов транспортування.

Ефективність виконання цих завдань доцільно оцінювати за показником рухливості транспортного засобу, який визначається як функція конструктивних властивостей автомобіля та параметрів транспортного середовища на маршруті його руху. Для умов великого міста найбільш інформативним показником рухливості є корисно-забезпечена швидкість, що обчислюється як відношення відстані між двома пунктами за прямою до повного часу руху між ними незалежно від фактично пройденої траєкторії [1, 4].

Застосування цього критерію дозволяє уникнути врахування екстремальних станів транспортного засобу, пов'язаних із втратою мобільності або працездатності. У межах дослідження було прийнято допущення, що автомобіль екстреної медичної допомоги здійснює рух безперервно, без додаткових зупинок, пов'язаних із технічними несправностями чи дорожніми заторами, використовуючи можливі варіанти об'їзду.

Таким чином, ефективність функціонування автомобілів швидкої медичної допомоги визначається сукупністю факторів, які можна умовно поділити на три групи:

- 1) параметри транспортного середовища;
- 2) експлуатаційно-конструктивні властивості автомобіля;
- 3) фактори комфорту пасажирів.

Виходячи з гіпотези про значний вплив дорожніх умов, конструктивних особливостей автомобіля та рівня комфорту на середню швидкість руху, для кожної групи було

сформовано набір ключових факторів, що визначають цей показник (табл. 1.1-1.3). Їх відбір здійснено шляхом узагальнення практичного досвіду роботи автосанітарних бригад екстреної медичної допомоги та водіїв КНП «ЦЕМД та МК у Кіровоградській області КОР» м. Кропивницького.

Таблиця 1 – Фактори дорожнього середовища, що впливають на середню швидкість руху

№п/п	Фактори
1	Наявність транспортних заторів на маршруті та неможливість їх об'їзду
2	Кількість поворотів на перехрестях маршруту
3	Складність маневрування у дворових та обмежених просторах
4	Кількість світлофорних об'єктів уздовж маршруту
5	Кількість нерегульованих пішохідних переходів

Оцінювання найбільш впливових факторів здійснювалося методом експертного аналізу, який включав опитування фахівців і статистичну обробку результатів. Отримані дані було ранжовано за ступенем важливості кожного фактора, а також визначено рівень узгодженості думок експертів окремо та в цілому по вибірці.

Таблиця 2 – Конструктивні фактори, що визначають середню швидкість руху автомобіля екстреної медичної допомоги

№п/п	Фактори
1	Тягово-швидкісні характеристики
2	Гальмівні властивості транспортного засобу
3	Керованість автомобіля
4	Поперечна стійкість (стабілізація крену)
5	Подовжня стійкість (стабілізація при гальмуванні та розгоні)
6	Маневреність в обмежених умовах руху
7	Геометрична прохідність нерівностей (висота подолання бордюрів)
8	Плавність ходу транспортного засобу

Таблиця 3 – Фактори дискомфорту, що обмежують середню швидкість руху автомобіля екстреної медичної допомоги

№п/п	Фактори
1	Значний подовжній крен кузова під час гальмування чи розгону
2	Поперечні крени при проходженні поворотів
3	Удари при переїзді штучних нерівностей («лежачих поліцейських»)
4	Поштовхи під час руху по пошкодженому асфальтовому покриттю
5	Вертикальні коливання автомобіля на вибоїстих ділянках дороги
6	Вібрації кузова під час руху по шорсткому покриттю
7	Підвищені вібрації при русі по нерівній поверхні
8	Ефект заколисування пасажирів

Фактори дорожнього середовища, що обмежують рухливість автомобіля, необхідно розглядати як об'єктивно наявні умови, у межах яких повинна забезпечуватися реалізація транспортної місії [2, 3, 5]. Саме це зумовлює потребу у дослідженні шляхів підвищення рухливості автомобілів екстреної медичної допомоги переважно з точки зору вдосконалення їх плавності ходу та комфортності транспортування постраждалих.

Список використаних джерел

1. Голуб Д.В., Аулін В.В., Біліченко В.В. та ін. Формування показників оцінки ефективності транспортного процесу перевезень. Вісник машинобудування та транспорту №1(11), 2020. С.5-10.
2. Голуб Д.В. Порівняльний аналіз оцінки надійності і ефективності технічних та транспортних систем. Зб. тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної онлайн конференції "Крамаровські читання" 24-25 лютого 2022 р., м. Київ: НУБіП. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2022. С. 38-41.
3. Голуб Д.В., Аулін В.В. Дослідження взаємозв'язку категорій понять ефективності, якості і надійності транспортного процесу автомобільних перевезень. ІІ наукова on-line конференція викладачів, аспірантів та співробітників університету "Наука виробництву-2020", 11 травня 2020 р. Кропивницький, ЦНТУ, 2020. С.27-30.
4. Кривошапов С. І., Горбик Ю. В., Кашканов В. А. Методика нормування витрати палива для автомобілів екстреної медичної допомоги. Вісник машинобудування та транспорту ВНТУ, вип. 17(1), 2023. С. 71-77.
5. Творошенко І.С. Особливості розробки засобу підтримки прийняття рішень диспетчерської служби екстреної медичної допомоги міста Харкова на основі геоінформаційних технологій. Тези доповідей Міжнар. наукової молодіжної школи "Системи та засоби штучного інтелекту". Київ: ІПШІ «Наука і освіта», 2017. С.203-207.

УДК 656.13

МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ МІСТА

В. Г. Загорянський, доц., д-р техн. наук

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

Значення коефіцієнта користування транспортом, що приймаються для розрахунку перспективних пасажиропотоків, повинні відображати передбачуване поліпшення транспортного обслуговування населення та підвищення частки тих, хто користується громадським транспортом з урахуванням наявних ресурсів [1].

При розрахунку пасажиропотоків значення коефіцієнта користування транспортом можуть бути задані у табличній формі, а відстань пересування – за часом руху пасажирів пішки при швидкості 4-5 км/год.

При розрахунку пасажиропотоків закономірність зміни частки пасажирів, які користуються міським пасажирським транспортом (МПТ), залежно від дальності та швидкості здійснення поїздки, може бути визначена за даними обстеження. За відсутності даних обстеження можуть бути використані шкала коефіцієнта користування транспортом та його орієнтовні значення, наведені у [2].

Частка перевезень на легкових автомобілях громадян для кожної пари районів визначається з допомогою закономірності виду

$$\alpha_{л.а} = f\left(\frac{\Sigma t_{мпт}}{\Sigma t_{лаг}}\right), \quad (1)$$

де $\Sigma t_{мпт}$ – повні витрати часу на поїздки міським пасажирським транспортом, $\Sigma t_{лаг}$ – повні витрати часу на поїздки легковими автомобілями громадян.

При встановленні форми залежності (1) враховується, що:

- частка перевезень легковими автомобілями громадян обмежується деякою величиною, що визначається рівнем автомобілізації, і рухливістю родин, що мають автомобіль;
- мінімальному співвідношенню витрат часу відповідатиме мінімальна величина частки перевезень легковими автомобілями громадян;
- середнє по місту співвідношення витрат часу відповідає середньому значенню

частки перевезень легковими автомобілями $\bar{\alpha}_{л.а}$.

Таким чином:

$$\bar{\alpha}_{л.а} = A - \frac{B}{\left(\frac{\Sigma t_{мпт}}{\Sigma t_{лаг}}\right)_{сер}}, \quad (2) \quad \alpha_{л.а}^{max} = A - \frac{B}{\left(\frac{\Sigma t_{мпт}}{\Sigma t_{лаг}}\right)_{max}}, \quad (3)$$

$$\alpha_{л.а}^{min} = A - \frac{B}{\left(\frac{\Sigma t_{мпт}}{\Sigma t_{лаг}}\right)_{min}} \quad (4)$$

Для визначення величини параметрів А і В необхідно знайти величину $\bar{\alpha}_{л.а}$, яка може бути визначена за формулою [3]:

$$\bar{\alpha}_{л.а} = \frac{k \cdot a \cdot \tau_0 \cdot b \cdot \frac{L}{l} \cdot \lambda_c \cdot \omega}{P_0 \cdot \delta + k \cdot a \cdot \tau_0 \cdot b \cdot \frac{L}{l} \cdot \lambda_c \cdot \omega}, \quad (5)$$

де k – коефіцієнт, приймається 0,0000027; a – ступінь автомобілізації (автомобілів/1000 мешканців); τ_0 – кількість днів використання автомобіля на рік; b – наповнення автомобіля при внутрішньоміських поїздках, чол.; l – середня дальність внутрішньоміської подорожі, км; L – добовий пробіг автомобіля у місті в день використання, км; λ_c – частка власників, які використовують автомобіль для поїздок у середню добу; ω – середня по місту частка легкових автомобілів у русі; P_0 – загальна рухливість (пересування в середню добу); δ – коефіцієнт користування масовим транспортом.

На розрахунковий період для даного міста параметри визначаються:

– значення a або приймається за ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій, або розраховується одним з відомих методів (розрахунок за середньою кількістю автомобілів на 1000 мешканців, за статистичними даними тощо);

– значення b знаходять за рівнянням: $1,5 + 6,1/a$;

– відношення L/l приймається за даними обстеження;

– значення ω приймаються: на першу чергу – 0,8; на розрахунковий термін – 0,9;

– величина загальної рухливості P_0 прогнозується відповідно до [4];

– значення середньої для міста величини δ на першому етапі розрахунків приймається або за аналогією з іншими містами, або екстраполюється існуюче значення для цього міста, яке потім уточнюється за даними попередніх розрахунків [5];

– значення τ_0 і λ_c визначаються за даними обстеження використання легкового автотранспорту, з урахуванням деякого їх зростання на перспективу, але не більше 10%.

Можна також користуватися такими рівняннями для оцінки існуючого становища і на першу чергу:

$$\tau_0 = 0,64\tau_1 - 6,3 = 0,865\tau_2, \quad (6)$$

де τ_1 – кількість днів на рік із середньодобовою температурою вище 0 °С; τ_2 – кількість днів на рік із середньодобовою температурою вище 8 °С.

На розрахунковий термін:

$$\tau_0 = 0,64\tau_1 + 0,5A - 10 \quad (7)$$

Значення λ_c приймається за рівнянням

$$\lambda_c = 1,24 - \frac{70,4}{\tau_0} \quad (8)$$

Таким чином, моделі користування транспортом, що приймаються для розрахунку перспективних пасажиропотоків, повинні відображати передбачуване поліпшення транспортного обслуговування населення та підвищення частки транспортних засобів з урахуванням наявних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Пасажирські перевезення: підручник. Перша частина / О. С. Ігнатенко, В. С. Маруніч та ін. Київ: НТУ, 2017. 283 с.
2. Організація та проектування логістичних систем / В. С. Маруніч та ін. Київ: Мілениум, 2016. 387 с.
3. Ільчук Н. І. Міський транспорт: навчальний посібник. Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2010. 96 с.
4. Яновський П. О. Пасажирські перевезення: навч. посіб. Київ: НАУ, 2012. 435 с.
5. Давідіч Ю. О., Фалецька Г. І. Моделювання транспортних систем: конспект лекцій. Харків: Харків. нац. ун-т. міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова, 2019. 71 с.

УДК 656.07:355.45

ВЗАЄМОДІЯ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

О.А. Карпенко, ст. гр. ТТ-24-Ізм,

С.О. Король, доц., канд. техн. наук

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

У сучасних умовах воєнного стану транспортна система України зазнає значного навантаження та функціонує в умовах високих ризиків. Забезпечення ефективної взаємодії видів транспорту (автомобільного, залізничного, водного, авіаційного) стає ключовим чинником збереження стійкості логістичних ланцюгів та задоволення критичних потреб оборонного комплексу, економіки та населення.

Взаємодію видів транспорту можна подати як систему обміну вантажо- та пасажиропотоками, що має оптимізуватися за критерієм мінімізації сумарних витрат і часу доставки:

$$F = \min \sum_{i=1}^n (C_i + \alpha T_i + \gamma R_i), \quad (1)$$

де C_i – експлуатаційні витрати перевізника; T_i – час доставки; R_i – ризики (військові загрози, руйнування інфраструктури); α , γ – коефіцієнти вагомості.

Таким чином, у воєнний час оптимізація транспортних процесів має враховувати не лише економічну доцільність, а й фактор безпеки. Практичні аспекти застосування:

1. Залізничний транспорт – основний засіб масових перевезень населення та вантажів, включаючи евакуацію та забезпечення військових потреб.

2. Автомобільний транспорт – гнучкий інструмент для «останньої милі», доставки гуманітарних вантажів і військових ресурсів.

3. Водний транспорт – обмежений через блокування акваторій, проте важливий для перевезень зерна, пального та техніки (зерновий коридор).

4. Авіаційний транспорт – обмежений, але використовується для військових і стратегічних перевезень союзниками.

5. Мультимодальні рішення – створення альтернативних маршрутів (залізниця + авто, авто + річковий транспорт), формування тимчасових логістичних хабів.

Висновки. Взаємодія видів транспорту в умовах воєнного стану потребує інтеграції інфраструктури, формування гнучких маршрутів постачання, впровадження цифрових систем моніторингу ризиків та залучення міжнародних ресурсів. Транспортна система України, базуючись на принципах стійкості та адаптивності, здатна забезпечити ефективну взаємодію навіть у критичних умовах.

Список використаних джерел

1. Мороз М. М., Гайкова Т. В., Солошич І. О. Оптимізація режимів взаємодії магістрального та міського пасажирського транспорту м. Кременчук / (2024) Збірник наукових праць «Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки», Вип. № 9 (40). – С. 197-204. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.197-204](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.197-204)
2. Moroz M., Korol S., Plichko A. Improvement of urban transport system / Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2016. – Випуск 6 (1). – С. 71-75.
3. Шраменко Н.Ю., Мороз М.М. Формування раціональної технології транспортно-експедиційного обслуговування вантажовласників у міському сполученні // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Вип. 2/2015 (91). – С. 69–73.

4. Левковець П.Р., Мороз М.М., Кобилецький Р.В. Удосконалення логістичного управління перевезень пасажирів / Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського.– Випуск 6/2007 (47). – Частина 1. – С. 113-115.
5. Дмитрієв М.М., Мороз М.М. Основні напрями вдосконалення міських пасажирських перевезень м. Кременчук / Управління проектами, системний аналіз і логістика, Вип. 10, с. 58-62, 2012.
6. European Commission. Solidarity Lanes: EU-Ukraine transport connection during wartime. Brussels, 2023.
7. Zahorianskyi V., Zahorianska O., Moroz M. and Moroz O. Development of a Model for Minimizing the Energy Costs of the Transport and Technological Complex, 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022, pp. 1-5.
8. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В. Якість та контроль транспортного процесу (вантажні та пасажирські автомобільні перевезення): навч. посібник. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2023. 138 с.
9. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В., Цимбал О. В. Удосконалення методики проектування контейнерного терміналу / Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 56-62. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-56-62>.
10. Гайкова Т. В., Мороз М. М., Загорянський В. Г., Буренніков Ю. Ю. Проектний аналіз цифрових технологій в управлінні ланцюгом постачань / Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 17-22. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-17-22>.
11. International Transport Forum (ITF). Resilient Transport in Conflict Zones: Policy Recommendations. Paris: OECD Publishing, 2022.
12. Moroz O., Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Vasytkovska K. Digital Marketing Communications Transformation in Wartime / 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES). – pp. 1-6. DOI: 10.1109/MEES61502.2023.10402369
13. Шведчикова І., Солошич І., Мороз М. Аналіз інноваційних фізичних методів неруйнівної діагностики для забезпечення екологічної безпеки на міському електротранспорті / (2024) Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 1/2024 (144). – С. 117-123. DOI <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.1.15>
14. Мороз М. М., Загорянський В. Г., Гайкова Т. В., Солошич І. О., Загорянський О. В. Удосконалення взаємодії видів вантажного транспорту на кременчуцькому терміналі «Нібулон» при перевальці зернових вантажів / (2024) Транспортні системи та технології перевезень, Вип. № 27. С. 4–10. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/307333>
15. Central European Transport Corridor Projects: Logistics Support for Ukraine. Warsaw, 2023.
16. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Король С.О. Оптимізація вантажних робіт і розміщення тарно-штучних вантажів в транспортних засобах і складах із застосуванням методів ергономіки і теорії систем / (2024) Транспортні системи та технології перевезень, Вип. № 28. С. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/311996>
17. Zahorianskyi V., Moroz M., Kovtsur K. Ergonomic and logistic ensuring the requirements for the comfort during the organization of passenger transportation in a small-capacity bus / (2024) Транспортні системи та технології перевезень, Вип. № 28. С. 60–64. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/311997>
18. Shlisselberg R., Ben-Elia E. Emergency logistics and transport in Israel: Lessons for resilience. Journal of Transport Geography. 2019. Vol. 79. P. 1–11.
19. Огар О. М., Мороз М. М., Кондратьєв І. В. Забезпечення безпеки сортувального процесу шляхом обґрунтування його ефективних параметрів. Інтелектуальні транспортні технології : тези доповідей 5-ої Міжнародної науково-технічної конференції, 25-27 листопада 2024 р. – Харків: УкрДУЗТ, 2024. – С. 273–274.
20. Колій О.С., Мороз М.М. Оцінка сценаріїв дорожнього руху в Bad Hessfeld на основі моделі PTV VISSIM. Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Сталій розвиток транспортних систем: наука і практика: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., 25–26 листоп. 2024 р. Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т.– Харків, 2024.– С. 296–299.
21. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральнотуркранський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
22. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральнотуркранський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
23. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральнотуркранський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271).

УДК 621.787.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ ПРИ ФАБО ДЕТАЛЕЙ

А.М. Красота, асп.,

І.В. Шепеленко, проф., докт. техн. наук,

М.В. Красота, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Однією з важливих задач сучасного машинобудування є підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин, що працюють в умовах інтенсивного тертя. Технології фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО), завдяки своїй здатності утворювати на поверхнях тертя деталей антифрикційне покриття, значно покращують триботехнічні властивості спряжених поверхонь [1]. Обов'язковою умовою для здійснення ФАБО є наявність в зоні контакту технологічного середовища (ТС), основне призначення якого – створення умов для міцності зчеплення матеріалів основи та покриття [2]. Враховуюче те, що ТС багато в чому визначає якість та властивості отриманого покриття, а також продуктивність його нанесення, можна з упевненістю стверджувати про можливість підвищення ефективності процесу ФАБО за рахунок обґрунтованого підбору компонентів технологічної рідини.

Склад ТС повинен бути багатокомпонентний і включати різні групи хімічних речовин, серед яких розчинники, поверхнево-активні речовини, органічні сполуки, здатні до полімеризації, метали, їх сполуки та дисперсні металеві добавки, антикорозійні компоненти, а також модифікатори в'язкості. Кожен з цих компонентів виконує визначену роль, сприяючи досягненню високих показників якості покриття.

В роботі [3] був проведений детальний аналіз компонентів ТС ФАБО та запропоновано класифікація компонентів технологічних середовищ.

Також, на основі хімічних реакцій та фізичних процесів було запропоновано фізико-хімічну модель нанесення покриття в процесі здійснення ФАБО.

На наш погляд, для об'єктивної оцінки процесів, що відбуваються при нанесенні антифрикційних покриттів, слід розглянути вихідний стан поверхні, а також фізичні та хімічні явища, що відбуваються під час створення антифрикційних покриттів. З цієї точки зору, доцільним виглядає аналіз процесу ФАБО на етапах активації поверхонь, осадження антифрикційних компонентів та формування антифрикційного покриття.

Стан поверхні перед нанесенням антифрикційного покриття ФАБО. Зазначимо, що для вихідної поверхні деталі перед нанесенням антифрикційних покриттів ФАБО характерні структури, що можуть перешкоджати безпосередньому контакту і адгезійному зчепленню металів в процесі нанесення антифрикційного покриття. Крім вологи, яка має місце у поверхневому шару, в результаті взаємодії кисню повітря та метала деталі на поверхневому шарі створюються оксиди (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4), а також хімічно абсорбований кисень

1 етап — нанесення покриття - активація поверхонь деталі та інструменту. Даний етап утворення покриття характеризується диспергуванням матеріалів пари тертя – інструменту та деталі.

Спрацьовування механічного фактора активації при нанесенні покриття тертям відбувається як наслідок фрикційної взаємодії, здатної частково або повністю зруйнувати шар оксиду або хімічно абсорбованого кисню. Ламкий шар оксидів на поверхні тертя піддається значному впливу деформацій зсуву, внаслідок чого відбувається руйнування матеріалів деталі та інструменту та винесення його із зони контакту.

Підвищення температури в локальних поверхнях контакту сприяє збудженню поверхневих атомів металів, що приймають участь у фрикційній взаємодії, що полегшує руйнування зв'язків типу «метал-кисень» та забезпечує температурний фактор активації процесу ФАБО.

За таких умов відбуваються складні хімічні перетворення в технологічному середовищі, основою якого є гліцерин [4].

Внаслідок взаємодії компонентів технологічних середовищ відбувається трибодеструкція гліцерину, умовою виникнення якої є забезпечення в зоні тертя локальних температур близько 180...280 °С, які досягаються при виділенні тепла в зоні тертя інструменту та деталі.

В технологічному середовищі, що використовується для здійснення ФАБО, одним із основних компонентів, що містять плакуючий елемент є хлорид міді CuCl_2 . Хлорид міді в розчині технологічного середовища дисоціює з подальшим утворенням оксиду міді CuO та взаємодіє з іншими компонентами середовища.

Руйнування оксидних плівок на поверхнях деталей та інструментів сприяє оголенню активної ювенільної поверхні металу деталі та інструменту з подальшим формуванням захисних покриттів із сполук, утворених цими металами. Про це стверджують дані роботи [4].

2 етап — осадження антифрикційних компонентів на поверхні деталі. На даному етапі відбувається процес хімічного осадження металів з оксиду міді.

В результаті трибонавантажень та тисків частина часток матеріалу інструменту, що утворилися в результаті зрізання, запресовуються у впадинах між виступами профілю поверхні деталі. Це приводить до згладжування поверхні, збільшенню реальної площі контакту, зменшенню контактного тиску при роботі деталі з антифрикційним покриттям.

Утворення якісного антифрикційного покриття забезпечується достатньою адгезією та обумовлюється зниженням шорсткості поверхні деталі та підвищенням загальної площі контакту внаслідок заповнення западин поверхні основного металу матеріалом покриття. Нанесення антифрикційного покриття на деталь знижує сили тертя, що мають місце при її функціонуванні, і тим самим знижують її напружено-деформований стан.

3 етап — формування антифрикційного покриття. На даному етапі завершується перенесення матеріалу інструменту на поверхню деталі [5-10]. Відбувається припинення нарощування покриття внаслідок досягнення рівноважного стану за зсувними характеристиками.

Припиняється об'ємна пластична течія матеріалу інструменту та зменшується температура в зоні тертя, що приводить до гальмування хімічних реакцій взаємодії компонентів технологічного середовища.

Даний етап характеризується проходженням дифузії металу, осажденного на поверхню, вглиб поверхневого шару деталі. Так, як антифрикційні покриття, що отримуються методом ФАБО мають певну несучільність, то частина поверхнево-активного речовин з технологічного середовища адсорбується в порах покриття.

Запропонована фізична модель процесу ФАБО, яка ілюструє хімічні реакції і фізичні процеси та дозволяє з'ясувати та пояснити характерні явища, що відбуваються на різних етапах створення антифрикційного покриття.

Список використаних джерел

1. Паніна В.В., Дашивець Г.І. Підвищення зносостійкості гільз циліндрів двигунів/ В.В.Паніна, Г.І. Дашивець //Праці ТДАТУ. Т.1 № 4. С. 115-119.
2. Louda P. Applications of thin coatings in automotive industry. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering Vol. 24, No. 1. September 2007. P. 51-56
3. М. Красота, І.В. Шепеленко, М.В. Красота, Р.А. Осін, Обґрунтування ефективності та класифікація компонентів технологічних середовищ для фінішної антифрикційної безабразивної обробки деталей машин. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ– с.104–111. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.104-112](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.104-112).
4. Krasota, A., Shepelenko, I., Krasota, M. (2025). Physical and chemical processes in the application of antifricition coatings by the friction-mechanical method. Problems of Tribology, 30(1/115), 66–73.
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
6. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
7. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
8. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271).
9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
10. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.

УДК 656.1:314.7

ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕМІЩЕНЬ НАСЕЛЕННЯ**О.А. Карпенко**, ст. гр. ТТ-24-Ізм,**О.О. Шаповал**, проф., д-р. техн. наук*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук*

Переміщення населення є базовим елементом функціонування транспортної системи. Для ефективного планування міського транспорту, будівництва нових магістралей та організації маршрутної мережі необхідні точні прогнози щодо кількості, напрямків і часової структури поїздок.

Розглянемо наступні методи прогнозування переміщень населення та приведемо їх основні характеристики:

1. *Статистичні методи* – використання демографічних показників, переписів населення, опитувань щодо поїздок.

2. *Гравітаційні моделі* – кількість поїздок між районами пропорційна населенню та обернено пропорційна відстані: $T_{ij} = \frac{K(P_i P_j)}{d_{ij}^2}$, де T_{ij} – кількість поїздок між районами i та j ,

P_i , P_j – чисельність населення в районах, d_{ij} – відстань між ними, K – коефіцієнт пропорційності.

3. *Моделі матриці кореспонденцій* – формують транспортні схеми на основі опитувань та GPS-даних.

4. *Імітаційне моделювання* (PTV VISUM, MATSim) – прогноз поїздок у великих містах з урахуванням видів транспорту.

5. *Методи машинного навчання* – аналіз Big Data (мобільні оператори, GPS-навігатори, транспортні карти).

Переваги і недоліки даних методів зведені в табл.1.

Таблиця 1 – Методи прогнозування переміщень населення

Метод	Переваги	Недоліки
Статистичний	Доступність даних, простота застосування	Може не враховувати сучасні тенденції мобільності
Гравітаційна модель	Добре описує міжрайонні потоки	Потребує калібрування коефіцієнтів
Матриця кореспонденцій	Точність прогнозу на основі реальних даних	Висока вартість опитувань
Імітаційне моделювання	Моделювання складних сценаріїв	Високі вимоги до програмного забезпечення
Машинне навчання	Використання Big Data, висока точність	Необхідність великих масивів даних

Висновки. Прогнозування переміщень населення є критично важливим для розвитку транспорту і міської інфраструктури. Найбільш ефективними є комбіновані методи: статистичний аналіз + моделювання + Big Data. Україна має перспективи впровадження

цифрових систем прогнозування на рівні міст і регіонів. Використання прогнозів підвищує ефективність транспортних витрат і рівень мобільності населення.

Список використаних джерел

1. Rodrigue J.-P. The Geography of Transport Systems. Routledge, 2020.
2. Moroz, O.V. and Moroz, M.M., 2014. Specific features of city public transport financing (Kremenchuk case study). *Actual Problems of Economics*, 160(1), pp. 239–246.
3. Moroz M. M., Korol S. O., Boiko Y. O. Social traffic monitoring in the city of Kremenchuk / M. M. Moroz, S. O. Korol, Y. O. Boiko // *Actual Problems of Economics / Aktualni Problemy Ekonomiki*. – К. – 2016. – № 1 (175). – С. 385 – 398.
4. Мороз М.М. Удосконалення транспортної системи пасажирських перевезень м. Кременчук // *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво)*. – Вип. 2 (41). – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – С. 156–164.
5. Ortúzar J. de D., Willumsen L. *Modelling Transport*. Wiley, 2011.
6. Мороз М.М. Шляхи вдосконалення пасажирських перевезень транспортом загального користування // *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету*. – 2015. – Вип. 28. – С. 57-63.
7. Дмитрієв М.М., Мороз М.М. Основні напрями вдосконалення міських пасажирських перевезень м. Кременчук / *Управління проектами, системний аналіз і логістика*, Вип. 10, с. 58-62, 2012.
8. Мороз М.М. Розробка заходів удосконалення маршрутної мережі громадського транспорту м. Кременчук на основі розподілу пасажиропотоку гравітаційним методом // *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: науковий журнал*. – 2015. – № 2 (219). – С. 44–49.
9. Левковець П.Р., Мороз М.М., Бубела А.В., Лабута А.В. Системні аспекти вдосконалення логістичного сервісу. *Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського*. – 2014. – №5. – С. 108–111.
10. PTV Group. VISUM – Transport Planning Software. – <https://www.ptvgroup.com>
11. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / *Вісник КДПУ*. – Кременчук. – 2009. – Вип. 5. – С. 58-60.
12. Лаврик В.В., Кузев І.О., Мороз М.М. Підвищення ефективності міського транспорту загального користування за рахунок створення об'єднаних підприємств / *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems"*, 13-15 квітня 2022 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 34-36.
13. Moroz M., Korol S., Plichko A. Improvement of urban transport system / *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. – 2016. – Випуск 6 (1). – С. 71-75.
14. Мороз М., Норцов О., Кальянов В. Підвищення ефективності системи міських пасажирських перевезень шляхом удосконалення розкладу руху транспортних засобів / *Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки»*. Кропивницький: ЦНТУ. – 2021. – С. 95.
15. UN-Habitat. *Urban Mobility and Transport*. Nairobi, 2021.
16. Загорянский В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В. *Якість та контроль транспортного процесу (вантажні та пасажирські автомобільні перевезення): навч. посібник*. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2023. 138 с.
17. Moroz M.M., Khorolskyi V.L., Moroz O.V., Herasymchuk V.V., Vasylovskaya K.V. Organization and provision of buses operation on the route taking into account the expenditures of participants of the transportation process / (2018) *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. – 7 (4.3). – pp. 206-210.
18. Мороз М. М., Гайкова Т. В., Солошич І. О. Оптимізація режимів взаємодії магістрального та міського пасажирського транспорту м. Кременчук / (2024) *Збірник наукових праць «Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки»*, Вип. № 9 (40). – С. 197-204. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.197-204](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.197-204)
19. Міністерство розвитку громад та територій України. *Методика транспортного моделювання*. Київ, 2020.
20. Огар О. М., Мороз М. М., Круглова Н. С., Чорний О. С. Перспективи застосування елементів штучного інтелекту в системах автоматизованого проектування залізничних станцій та вузлів. *Інтелектуальні транспортні технології : тези доповідей 3-ї міжнар. наук.-техн. конф. (22-23 листопада 2022 р.)*. – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – С. 169–170.
21. Колій О.С., Мороз М.М. Оцінка сценаріїв дорожнього руху в Bad Hessfeld на основі моделі PTV VISSIM. *Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Сталій розвиток транспортних систем: наука і практика: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф.*, 25–26 листоп. 2024 р. Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т.– Харків, 2024.– С. 296–299.

УДК 621.43:621.891

ВПЛИВ ЗНОСУ ШИЙОК КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

О.М. Маковкін доц., к.т.н.

І.К. Вальчук аспірант

Хмельницький національний університет, м. Хмельницький

Зміна величин зазорів і овальності шийок колінчастого вала в процесі експлуатації істотно впливає на роботу підшипників ковзання (див. рисунок 1) [1–3]. Встановлено, що в корінних підшипниках автомобільних двигунів об'ємом 2–2,5 л мінімальна товщина мастильного шару може зменшуватися від 10–12 мкм при початковому стані до 4–5 мкм при граничних зазорах (0,05–0,08 мм) і максимальній робочій температурі оливи (90–100 °С) [4]. У шатунних підшипниках при аналогічних умовах середня мінімальна товщина мастильного шару зменшується до таких значень, коли вже не забезпечується режим повного рідинного тертя. Ще менші значення товщини шару спостерігаються у підшипниках крайніх корінних опор, де навантаження нерівномірно розподіляються.

У процесі роботи двигуна відбувається знос шийок і вкладишів підшипників. Знос зазвичай нерівномірний по колу, що призводить до овальності шийок. Це ускладнює умови гідродинамічного мастила, оскільки в зонах найбільшого зносу радіус кривизни поверхні збільшується, зменшуючи товщину оливного клину. Одночасно овальність спричинює додаткові переміщення шийки вздовж лінії центрів з підвищеними швидкостями, що ще більше зменшує мінімальну товщину мастильного шару [1, 2].

Експериментальні дослідження показують, що із зростанням овальності шийок колінчастого вала товщина мастильного шару в усіх вимірювальних точках зменшується. Це призводить до часткових зон контакту метал–метал, зростання температури й прискорення зношування.

Збільшення овальності корінних шийок спричинює зростання радіального биття колінчастого вала, яке, у свою чергу, підсилює вібрацію двигуна, підвищує дисбаланс і прискорює втому матеріалу [5]. Підвищене биття не лише пришвидшує знос шийок, а й зменшує запас міцності вала, що може спричинити утому та появу тріщин у перехідних радіусах.

Конусність шатунних шийок призводить до порушення паралельності осі шатуна відносно осі поршня, що збільшує бокові навантаження на стінки циліндра і пришвидшує знос поршневих кілець і циліндро-поршневої групи.

Отже, знос шийок колінчастого вала спричинює погіршення умов роботи підшипників і всієї кривошипно-шатунної групи. Тому величини овальності та конусності повинні бути обмежені нормативами, виходячи з умов забезпечення необхідного запасу міцності й рівномірного мастила.

Таким чином, для підвищення довговічності автомобільних двигунів необхідно: – підвищувати зносостійкість шийок колінчастих валів шляхом зміцнювальної обробки (індукційного гартування, плакування, іонного азотування тощо); – забезпечувати перевагу зносостійкості шийок відносно антифрикційного шару вкладишів, щоб контакт відбувався в умовах оптимального розподілу тиску і мастила [6, 7].

З графіка (див. рисунок 1) видно, що збільшення овальності шийки призводить до нелінійного зростання глибини зносу. У початковій зоні (до 0,02 мм) темп зношування незначний — товщина мастильного шару ще забезпечує умови рідинного тертя. У цій області знос не перевищує 6–8 мкм, що відповідає нормальному технічному стану двигуна.

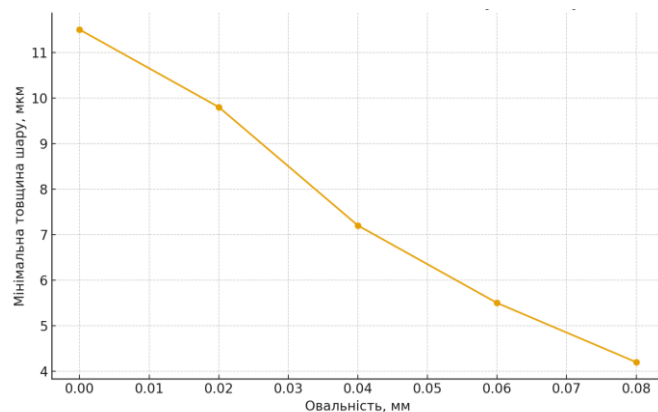


Рисунок 1 – Вплив овальності шийки колінчастого вала на мінімальну товщину мастильного шару

При овальності 0,03–0,04 мм спостерігається перехід до граничного режиму роботи підшипників, у якому товщина оливного клину зменшується настільки, що з'являються зони часткового контакту метал–метал. Глибина зносу у цій зоні сягає 15–20 мкм. Це значення вважається граничним, і двигун потребує контролю стану колінчастого вала та вкладишів [3, 5].

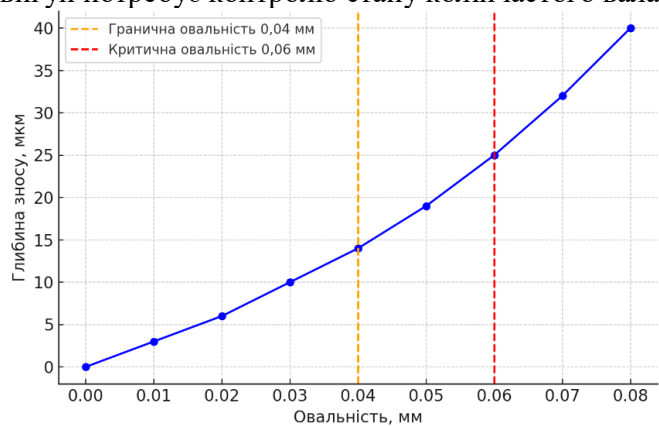


Рисунок 2 – Залежність зносу шийок колінчастого вала від овальності

Подальше збільшення овальності понад 0,05–0,06 мм призводить до різкого прискорення зношування: у зоні 0,06–0,08 мм знос перевищує 30–40 мкм, а в підшипниках уже не забезпечується рідинне мастило. Такий стан вважається критичним — підшипники працюють у режимі граничного тертя, підвищується температура, зростають вібрації та ризик появи задирів [4].

Таким чином, графік підтверджує, що овальність шийок є одним із головних факторів, що визначають довговічність колінчастого вала. Для забезпечення нормальної роботи підшипників необхідно обмежувати овальність до 0,03–0,04 мм, що відповідає допустимим експлуатаційним нормам для більшості легкових дизельних двигунів.

Список використаних джерел

1. Booker J. F. Dynamic Behavior of Engine Bearings Considering Journal Ovality // *ASME Journal of Tribology.* – 2003.
2. Nakajima H., et al. Effect of Journal Roundness on Lubricating Performance in Automotive Engines // *JSAE Review.* – 2005.
3. Tower R. G., Kannel J. E. Bearing Wear and Journal Roughness Effects on Hydrodynamic Lubrication // *SAE Technical Paper 1999-01-1520.*
4. Zhang L., Liu Y. Numerical Simulation of Crankshaft Journal Wear and Lubrication Film Thickness // *Chinese Journal of Mechanical Engineering.* – 2018.
5. Wang X. et al. Tribological Behavior of Bearing Materials under Boundary Lubrication in Automotive Engines // *Tribology International.* – 2020.
6. Toyota Central R&D Labs. Research on Hydrodynamic Bearings in High-Speed Engines. – Tokyo, 2019.
7. General Motors Research Labs. Effect of Crankshaft Deformation on Lubrication and Wear of Engine Bearings. – Detroit, 2017.

УДК:656.223:073

АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРИ ІМПОРТІ ТОВАРІВ В УКРАЇНУ

Д.В. Ломотько, проф., д-р техн. наук

О.В. Кофанов, асп.,

О.Ф.Афанасова, асп.

К.І. Гаманюк, магістрант,

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

Контейнеризація — ключовий елемент сучасної логістики, що забезпечує ефективність, безпеку та стандартизацію міжнародних вантажних перевезень. В умовах глобалізації імпорту товарів в Україну у контейнерах став не лише технічним процесом, а й стратегічним чинником економічної стабільності та обороноздатності. Проте, незважаючи на переваги контейнерних перевезень, українська транспортна система стикається з низкою проблем: воєнний стан, нестача та пошкодження інфраструктури, затримки на митниці, нерівномірний розвиток транспортних коридорів, а також вплив геополітичних чинників.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю комплексного аналізу стану контейнерних перевезень при імпорті, з урахуванням статистичних даних за видами транспорту, що дозволяє виявити критичні точки та сформулювати рекомендації для покращення логістичних процесів [1], [2].

Контейнерні перевезення при імпорті товарів в Україну здійснюються переважно морським, залізничним та автомобільним транспортом, причому кожен має свої логістичні переваги та проблеми. За даними 2024 року, найбільший обсяг імпортованих вантажів у контейнерах припадає на морський транспорт, тоді як залізничний демонструє стабільне зростання (рис. 1).

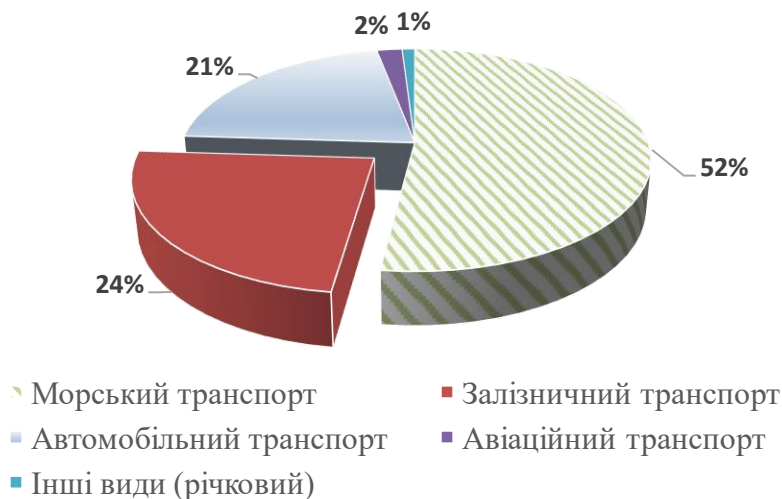


Рисунок 1 - Частка виду транспорту в загальному обсязі імпорту вантажів у контейнерах

При аналізі виявлено ключові проблеми кожного виду транспорту під час контейнерних перевезень при імпорті товарів в Україну. Для морського транспорту це перевантаженість портів, нестача глибоководних терміналів, складнощі з перевалкою на внутрішні види транспорту. Залізничний транспорт має проблеми, що пов'язано з обмеженою кількістю контейнерних поїздів, недостатньою інтеграцією з європейськими логістичними мережами, слабкий рівень інтероперабельності на прикордонних переходах. Автомобільний транспорт під час контейнерних перевезень стикається з перевантаженням автодоріг, нестачею паркінгів та терміналів, тривалими чергами на кордонах та митними затримками. Авіаційний транспорт майже не використовується

внаслідок воєнного стану, але йому притаманні висока вартість, обмеження по обсягу та типу вантажів.

Основними країнами-експортерами до України залишаються Китай, Німеччина, Польща, Туреччина та США. Тому для кожного напряму характерні специфічні маршрути доставки, які формують логістичні та географічні виклики контейнерної логістики. Імпорт з Китаю здійснюється морем через порти Чорного моря або транзитом через європейські хаби. Обидва варіанти мають суттєві недоліки: ризики, що пов'язані з воєнним станом в країні, затримки на кордоні, необхідність багаторазового перевантаження. Все це впливає на термін доставки контейнерних вантажів та подовжує його до 50–70 днів.

Європейський імпорт (Німеччина, Польща) демонструє суттєву перевагу автотранспорту над залізницею за терміном доставки, який складає 4–7 днів проти 15–25 днів (при порівнянній вартості). Турецький імпорт переважно здійснюється морем або автотранспортом. Залізничні перевезення практично не використовуються через відсутність прямого сполучення та складність маршруту.

Типова структура імпортих вантажів створює додаткові труднощі для ефективного використання контейнерів. Ці вантажі високовартісні, але легковагові товари (зокрема, електроніка, одяг тощо) не дозволяють повністю використовувати вантажопідйомність контейнерів. Наприклад, контейнер з електронікою заповнений лише на 20–30% за вантажопідйомністю, що призводить до економічно необґрунтованих витрат у вантажовласника. Одяг і текстиль мають ще нижчу щільність завантаження (до 12–20% вантажопідйомності), що робить контейнерні перевезення слабо економічно ефективними.

Фармацевтична продукція потребує спеціальних умов транспортування у контейнерах (температурний режим, вологозахист, моніторинг умов доставки), які залізнична інфраструктура наразі майже не забезпечує належним чином. Через це перевага у доставці надається авіа- та автотранспорту.

Контейнерні перевезення в імпортих логістиці України стикаються з низкою системних проблем: невідповідність маршрутів сучасним вимогам швидкості та безпеки; низька ефективність використання внутрішнього контейнерного простору через особливості вантажів; відсутність належної інфраструктури для перевезення вантажів, що потребують спеціальних умов транспортування.

В якості напрямів підвищення ефективності контейнерної логістики запропоновано: всебічно розвивати мультимодальні маршрути з мінімізацією перевантажень на шляху прямування; стимулювати розвиток спеціалізованих контейнерів (рефрижераторів, контейнерів для легковагових вантажів, танк- контейнерів тощо); бажано оптимізувати прикордонну інфраструктуру для зменшення часу очікування [3].

Таким чином, розглянуто ключові логістичні бар'єри, що виникають при імпорті товарів в Україну контейнерними перевезеннями. Проаналізовано структуру імпорту, особливості вантажопотоків з основних країн-партнерів, а також техніко-економічні обмеження, пов'язані з типами вантажів. Визначено чинники, що знижують конкурентоспроможність залізничного транспорту в імпортих логістиці.

Список використаних джерел

1. О कोरोков А.М., Бех П.В., Лашков О.В. Організація міжнародних мультимодальних перевезень з урахуванням ризиків. *Технічні науки та технології*. – 2025. – № 1(1). – С. 41–47. – DOI: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2025.1.1/41>
2. Ломотько Д.В., Ільчишин В.М., Афанасова О.Ф., Нестеренко О.О. Удосконалення технології функціонування зернових логістичних ланцюгів за участю залізничного транспорту. *Залізничний транспорт України*. – 2025. – № 2. – С. 4-11. DOI: 10.34029/2311-4061-2025-155-2-04-11
3. Про мультимодальні перевезення. Закон України № 1887-IX від 17.11.2021р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text>

УДК:629.083

СУЧАСНИЙ СТАН ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРКУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ РЕГІОНУ

Д.В. Голуб, доц., канд. техн. наук

О.Ю. Ювженко, асп.,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Специфіка аграрного потенціалу різних регіонів України визначає напрям їхньої господарської діяльності. У Кіровоградській області, що є одним із вагомих економічних центрів держави, провідною складовою економіки виступає агропромисловий комплекс (АПК). Його ефективність зумовлена не лише роботою сільськогосподарських підприємств, безпосередньо задіяних у виробництві продукції, а й діяльністю транспортних і сервісних структур, які забезпечують своєчасне перевезення сировини та готової продукції до місць споживання [1]. Виробнича інфраструктура АПК охоплює підприємства, що обслуговують аграрний сектор у цілому, включаючи агросервісні організації, логістичні підрозділи та транспортні служби, які здійснюють доставку продукції від виробника до кінцевого споживача [2].

На сучасному етапі розвитку агропромислового комплексу Кіровоградської області спостерігаються кризові явища, характерні для галузі загалом. Зокрема, за останнє десятиріччя кількість транспортних засобів скоротилася майже на третину, а ступінь зносу наявного машинно-тракторного парку становить 70–80%. Це призводить до підвищення навантаження на одиницю техніки у 1,5–2 рази та зниження продуктивності виробничих процесів. Такі проблеми виробничої інфраструктури притаманні більшості регіонів України [3, 4]. Водночас Кіровоградська область зберігає вагомe місце у структурі національного виробництва зернових культур, цукрового буряка, соняшнику, а також м'яса і молока. Активний розвиток аграрного виробництва сприяв створенню розгалуженої інфраструктури – пунктів приймання продукції, складських приміщень і зерносховищ.

З огляду на значну територію області та віддаленість багатьох населених пунктів від залізничних колій, головну роль у внутрішньообласних перевезеннях відіграє автомобільний транспорт. До початку 90-х років більшість сільськогосподарських підприємств не мали достатньої кількості власних транспортних засобів, тому змушені були залучати сторонній автотранспорт [2, 5]. Це дозволяло вчасно забезпечувати господарства мінеральними добривами, паливно-мастильними матеріалами, запасними частинами, а також здійснювати оперативне вивезення врожаю з полів до пунктів прийому. Такий підхід мінімізував втрати продукції, скорочував терміни збирання та сприяв швидкому доставленню сировини до місць переробки чи зберігання. Затримки у транспортуванні суттєво впливають на втрати продукції: для зерна вони становлять 1-1,5%, для цукрового буряка – 7-10%, картоплі – 3-5%, а для молока (внаслідок скисання) – до 10%. При цьому понад половину втрат фіксується на етапі перевезення від поля до тимчасових сховищ або токів [6].

Рівень забезпеченості господарств автотранспортом безпосередньо впливає на ефективність його експлуатації, а інтенсивність використання техніки залежить від організації роботи внутрішньогосподарської транспортної системи. Оптимальне поєднання цих чинників сприяє підвищенню загальної продуктивності перевезень і зміцненню конкурентоспроможності аграрних підприємств. В області, як і по країні загалом, спостерігається нерівномірність у розподілі транспортних потоків і обсягів перевезень, що призводить до неоднакового завантаження рухомого складу та коливань у продуктивності автомобілів [7, 8]. Це зумовлює різницю у середніх відстанях перевезення вантажів. Одним із важливих завдань залишається забезпечення раціонального завантаження транспортних засобів. Для розв'язання цієї проблеми необхідно впроваджувати комплексні заходи, серед яких - оптимальне розташування об'єктів зберігання та переробки

сільськогосподарської продукції (зернохосовищ, овочехосовищ, переробних підприємств). Більшість таких об'єктів нині сконцентрована в містах і районних центрах, однак доцільніше їх розміщувати ближче до місць вирощування продукції [9, 10].

Ще одним ефективним способом підвищення рівномірності використання автомобільного транспорту є перенесення перевезень несільськогосподарських вантажів на періоди з меншим навантаженням, удосконалення координації роботи автомобілів та сільськогосподарської техніки, а також оптимізація вантажопотоків і структури автопарку.

Оцінювання технічного стану автопарку здійснюється за такими показниками, як якість машин, вантажопідйомність, строк служби та ступінь фізичного зносу. Ефективність експлуатації автомобільного транспорту визначається не лише його кількістю, а й тривалістю безперебійної роботи [11]. Ключовим критерієм функціонування вантажного транспорту є коефіцієнт технічної готовності, який відображає здатність автопарку забезпечувати ритмічну роботу протягом усього виробничого циклу. Не менш важливим є показник використання рухомого складу у сільськогосподарських підприємствах.

На технічну готовність транспортних засобів впливають різноманітні чинники, інтенсивність яких залежить від регіональних особливостей. Вирішальну роль відіграє рівень забезпечення ремонтних баз, технічних майстерень та обслуговуючого персоналу. Проте більшість автотранспортних підрозділів аграрних підприємств мають обмежені ресурси – нестачу приміщень, інструментів, запасних частин і кваліфікованих фахівців. Раціональне використання наявного автопарку сприяє підвищенню економічної ефективності перевезень у сільському господарстві, зростанню продуктивності праці та зменшенню витрат. З огляду на технічну застарілість і постійне скорочення кількості транспортних засобів, головним завданням сьогодні є забезпечення максимально ефективною експлуатації наявного рухомого складу.

Список використаних джерел

1. Аулін В.В., Голуб Д.В., Дьяченко В.О. Підхід до забезпечення надійності транспортних засобів та системи агропромислового виробництва шляхом оптимізації парку рухомого складу. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. Кропивницький: ЦНТУ, 2017. С. 15-17.
2. Аулін В.В., Голуб Д.В., Дьяченко В.О. Підвищення ефективності функціонування підприємств сільськогосподарського виробництва на основі логістичного підходу. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. Кропивницький: ЦНТУ, 2017. С. 232-234.
3. Аулін В.В., Голуб Д.В., Великодний Д.О. та ін. Розв'язання проблеми надійності технологічних процесів вантажних перевезень підприємствами агропромислового виробництва. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Кропивницький: ЦНТУ, 2019. Вип. 1(32). С. 36-45.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В., Кічура Р.П. та ін. Забезпечення та підвищення надійності й ефективності процесу автомобільних вантажних перевезень побудовою дерева відмов структурних елементів транспортної системи. Вісник машинобудування та транспорту №18(2), 2023. С. 46-55.
5. Гнезділова О.М. Організація обліку та аналізу роботи транспортних засобів аграрних підприємств: Автореф. дис. кандидата екон. наук / ННЦ «Інститут аграрної економіки». К., 2006. 20 с.
6. Голуб Д.В., Аулін В.В., Кічура Р.П., Ювженко О.Ю. Розробка методу динамічного узгодження транспортно-логістичних послуг в процесі організації перевезення вантажів / Матеріали XIII Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 15-17 квітня 2025 року. Вінниця: ВНТУ, 2025. С. 122-124.
7. Голуб Д.В., Аулін В.В., Кічура Р.П., Ювженко О.Ю. Застосування динамічних моделей управління для оптимізації виробничо-транспортних витрат вантажних перевезень / Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. сталий розвиток транспортних систем: наука і практика», 25-26 листопада 2024 року. Харків: ХНАДУ, 2024. С. 149-152.16.
8. Дранівський Н.І. Методи підвищення ефективності роботи логістичних систем доставки вантажів. Матеріали XIX наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя (18-19 травня). 2016. С. 281–282.
9. Мазнев Г.Є. Оптимізація збирально-транспортних комплексів методами теорії масового обслуговування. Механізація сільськогосподарського виробництва. Вісник ХНТУСГ. Х.:ХНТУСГ, 2013. Т.2, Вип.93. С.56-68.
10. Придюк В.М. Особливості організації перевезень сільськогосподарських вантажів автомобільним транспортом. Сільськогосподарські машини, 2014. Вип. 28. С. 68–72.
11. Фришев С.Г. Основи транспортного процесу в АПК: посібник [для сам. роботи студентів]. К.: Державна академія керівних кадрів, 2009. 420 с.

УДК:633.853.32

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ З ВРОЖАЕМ ОВОЧІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗМІННИХ АВТОМОБІЛЬНИХ КУЗОВІВ

А. А. Тесленко, здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня,

В. Г. Загорянський, доц., д-р техн. наук

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

Одним із шляхів підвищення рівня механізації транспортно-вантажних робіт в овочівництві є застосування транспортних агрегатів зі змінними кузовами, які забезпечують реалізацію комбінованого транспортування за різними технологічними схемами на різних відстанях перевезень та врожайності [1].

Робота присвячена розробці математичної моделі функціонування агрегатів і збирально-транспортного комплексу для збирання і транспортування врожаю овочів, на прикладі цибулі та капусти.

Для розробки математичної моделі розглянуто три технологічні схеми збирання та транспортування врожаю овочів (капусти і цибулі) [2]:

1) прямоточна (схема 1). При цій технології транспортування та вивантаження цибульного вороху на сортувально-фасувальний пункт проводиться самоскидним автомобілем;

2) перевалочна (схема 2). За цією схемою транспортування цибулі від комбайна до розвантажувального майданчика на краю поля виконується трактором типу Т-150К з причепом МАС-102 та змінним кузовом НБ-13. Заповнений цибулею змінний кузов встановлюється на платформу автомобіля типу КамАЗ, обладнаного системою Вімліфт, і транспортується на сортувально-фасувальний пункт;

3) перевалочна (схема 3). У цій схемі транспортування цибулі від комбайна до розвантажувального майданчика на краю поля здійснюється, як і в другій схемі. У цій технології транспортування цибульного вороху від краю поля проводиться автопоїздом, що складається з автомобіля типу МАЗ, причепа МАС-102 та змінних кузовів.

Розглянуто базові передумови моделі:

– застосування найпоширеніших варіантів збиральних та транспортних агрегатів та облік зональних умов їх використання;

– побудова моделі функціонування ЗТК збирання та транспортування цибулі;

– прийняття як критеріїв вибору оптимального збирально-транспортного процесу техніко-економічних показників їх роботи за різними технологічними схемами.

Характеристика збирального поля включала інформацію щодо ґрунтових, кліматичних та інших особливостей збирання цибулі. До основних вихідних даних віднесено: врожайність, густина цибульного вороху, що надходить у бункер комбайна, зміна відстаней і швидкостей транспортування цибулі для зони, що розглядається [3].

Для оцінки ефективності використання самоскидних змінних кузовів у складі тракторної та автомобільної комплектації насамперед здійснено розрахунок складових часу циклу роботи збирального комбайна.

Моделювання процесу ведеться від початку його роботи до повного заповнення бункера цибулею, з визначенням пройденого у своїй шляху, кількості поворотів. На основі цих даних проводиться розрахунок циклу роботи комбайна, його продуктивності та інших експлуатаційних показників. Ці дані використовуються щодо експлуатаційно-технічних показників транспорту на відвезенні врожаю цибулі та капусти.

У розгорнутому вигляді формула для розрахунку часу циклу роботи комбайна виглядає так:

$$T_{\text{цикл}K} = \frac{L_n}{v_k} + \frac{1}{2v_{\text{пов}}} \left[7,42R_n + 4l_{\text{мта}} - B_m + \frac{S_3}{D_3} \right] + \frac{V_b \cdot \gamma_v \cdot K_{\text{зап}}}{Q_{\text{тр}}} \quad (1)$$

де v_k – робоча швидкість комбайна, м/с; $v_{\text{пов}}$ – робоча швидкість комбайна на поворотах, м/с; L_n – пройдений шлях комбайна до заповнення бункера, м; R_n – радіус повороту збирального агрегату, м; B_m – ширина захоплення, м; $l_{\text{мта}}$ – габаритна довжина збирального агрегату, м; V_b – місткість бункера комбайна, м³; S_3 – площа загінки, м²; D_3 – довжина загонки, м; γ_v – щільність цибульного вороху, $\gamma_v = 850 \text{ кг/м}^3$; $K_{\text{зап}}$ – коефіцієнт заповнення бункера цибулею, $K_{\text{зап}} = 0,85$; $Q_{\text{тр}}$ – продуктивність вивантажувального транспортера, т/хвил.

Для виконання розрахунку за цією формулою попередньо необхідно обчислити v_k і L_n – робочу швидкість комбайна та пройдений ним шлях до заповнення бункера.

У циклі за врожайністю в першу чергу розраховується L_n – пройдений шлях комбайна до заповнення бункера:

$$L_n = \frac{10V_b \cdot \gamma_v \cdot K_{\text{зап}}}{B_m \cdot B_{\text{ц}}} \quad (2)$$

де $B_{\text{ц}}$ – врожайність цибулі, т/га;

і робоча швидкість:

$$v_k = \frac{3,6q_k}{k_{\text{гр}} \cdot h(\beta + \delta) \cdot B_m \cdot \gamma_v}, \quad (3)$$

де q_k - пропускна здатність комбайна, кг/с; $k_{\text{гр}}$ - коефіцієнт гребеністості (для цибулі 0,3-0,5); h – глибина підкопування, см; β – коефіцієнт використання ширини захвату, 0,9; δ – збільшення щільності ґрунтово-цибулевого вороху від збільшення врожайності цибулі, кг/м³.

Моделювання функціонування транспортних засобів у взаємодії з збиральною технікою в циклі зі зміни відстані та швидкості перевезення врожаю починається з визначення обсягу цибульного вороху $Q_{\text{тр}}$ у тоннах за годину, при кількості комбайнів K_k , що працюють одночасно на одному полі:

$$Q_{\text{мз}} = W_k^{\text{л}} \cdot K_k, \quad (4)$$

де $W_k^{\text{л}}$ – продуктивність комбайна протягом години змінного часу, т/год.

Кількість $K_{\text{тз}}$ транспортних засобів, необхідних для безперебійної роботи ланки з K_k комбайнів, визначається за формулою:

$$K_{\text{мз}} = \frac{Q_{\text{мз}}}{W_a}, \quad (5)$$

де W_a – експлуатаційна продуктивність автомобіля, т/год.

В загальному вигляді синхронізацію пов'язаних між собою збирально-транспортних робіт можна записати в наступному вигляді:

$$W_k \cdot K_k \leq W_{m3} K_{m3} \leq W_a K_a, \quad (6)$$

де $W_{т3}$ – продуктивність транспортних засобів, т/год.; K_k – кількість збиральних агрегатів, од.; $K_{т3}$ – кількість тракторних перевантажувачів, од.; K_a – кількість автомобілів, од.

Цей вираз визначає, що сумарна годинна продуктивність збиральної техніки повинна бути меншою або дорівнює сумарній продуктивності тракторного перевантажувача, продуктивність якого, у свою чергу, повинна бути меншою або дорівнює сумарній продуктивності автомобільного транспорту в тих самих одиницях вимірювання.

Грунтуючись на вищевикладених математичних викладках розрахунку функціонування кожного з учасників збирально-транспортного комплексу та обраних для дослідження схемах перевезення врожаю, було сформульовано математичну модель технологічного процесу.

Функція цілі – мінімум прямих експлуатаційних витрат на весь обсяг робіт:

$$C = \sum_{s=1}^n C_{sk} B_i + \sum_{j=1}^m C_{jт3} B_i \rightarrow \min, \quad (7)$$

де C_{sk} – прямі витрати s-го збирального агрегату, грн./т; $C_{jт3}$ – прямі витрати j-го транспортного засобу, грн/т; B_i – плановий об'єм робіт, т.

Плановий обсяг робіт – B_i має бути виконаний кожним із учасників збирально-транспортного комплексу у відведений агротехнічний термін – T :

$$B_i = W_{is} \cdot T \cdot t \cdot K_s, \quad (8)$$

де W_{is} – продуктивність s-го технічного засобу на i-й роботі збирально-транспортного комплексу, т; t – тривалість зміни, годин; K_s – кількість збиральних та транспортних засобів, од.; T – тривалість агротехнічного терміну збирання цибулі, днів.

Висновки. Раціональне кількісне поєднання збиральних та транспортних засобів та ефективних режимів їх функціонування у вибраних технологіях для конкретних господарських умов може бути визначено на основі комп'ютерного моделювання.

Розроблено математичну модель технологічних процесів збирання та транспортування врожаю овочів (на прикладі цибулі та капусти) на сортувально-фасувальний пункт.

Список використаних джерел

1. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А. С. Кобець та ін. Дніпро: Дніпровський державний аграрно-економічний університет, 2017. 285 с.
2. Сидорчук О.В., Дуганець В. І., Днесь В. І. Метод узгодження збиральних і транспортних робіт у процесі оперативного їх планування. *Східноєвропейський журнал передових технологій*. 2012. №1/10. С. 35-38.
3. Вергун М. Г. Транспортний процес в АПК: навч. посібник. Житомир: Вид-во «Житомирський нац. агрокоол. ун-т», 2009. 192 с.

УДК 621.793.7

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗНОШУВАННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ

Я.М. Скрипник, *ст. гр. АТ 24М,*

Р.А. Осін, *доц., канд. техн. наук*

М.В. Красота, *доц., канд. техн. наук*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Деталі циліндропоршневої групи (ЦПГ) є найбільш навантаженими в ДВЗ. Вони функціонують в умовах впливу високих температур, динамічних навантажень, сил тертя та агресивних хімічних сполук. Зношування поршнів, кілець і робочих поверхонь циліндрів є одним з основних лімітуючих факторів, що визначають міжремонтні періоди двигуна. І, якщо поршень і кільце відносяться до швидкознімних деталей, ремонт поверхні циліндра або заміна гільзи пов'язані з істотними витратами.

На процес зносу дзеркала циліндрів впливає значна кількість факторів, що залежать від типу двигуна, конструктивних особливостей, ступеня форсованості, палива і масла, що застосовується, умов навколишнього середовища, властивостей застосовуваних матеріалів і т.д. У цьому однозначного визначення природи зношування немає. Дослідження показують, що робоча поверхня циліндра одночасно піддається абразивному, корозійно-механічному та молекулярно-механічному зношуванням.

Процес молекулярно-механічного зношування найімовірніший у верхній частині циліндра. В умовах недостатнього мащення, малої швидкості поршня в цій області, високих температурах і тиску відбувається порушення безперервності масляної плівки, що стає причиною виникнення схоплювання поверхонь пар, що труться, в окремих точках [1].

Корозійно-механічне зношування поверхні циліндрів полягає у взаємодії металу поверхонь тертя з газоподібними та рідкими продуктами згоряння палива, окислення оливи та води [2]. Корозійно-механічне зношування складається зазвичай з двох фаз. У першій фазі під впливом агресивної речовини на металі відбувається утворення окисної плівки. Друга фаза супроводжується видаленням цієї плівки з поверхні тертя. Вважається, що для циліндрів двигунів основне значення має електрохімічна корозія, що є результатом взаємодії з металом слабких кислот, розчинених у воді та циліндрів, що сконденсувалися на стінках.

Абразивне зношування деталей ЦПГ викликається, переважно, частинками мінерального походження, що проникають в циліндр разом із повітрям чи у процесі експлуатації ДВЗ. Як правило, максимальне абразивне зношування циліндра спостерігається в зоні ВМТ, при цьому спостерігається процес дряпання і мікрорізання поверхні гільзи твердими абразивними частинками, а отже їх інтенсивне дроблення між стінкою циліндра і поршнем. Максимальне абразивне зношування нижньої та середньої частини циліндра спостерігаються при потраплянні пилу в масло [3].

Необхідно відзначити, що в явному вигляді розглянуті види зношування впливають на ресурс дзеркала циліндра тільки при патологічних режимах експлуатації ДВЗ, помилках у конструкції, порушенні теплового режиму і т.д., а також при роботі на режимах, що не

встановилися. При нормальному функціонуванні двигуна складно виділити причинно-наслідковий зв'язок між ресурсом циліндра та видами зношування.

У загальному випадку фактори, що впливають на зношування дзеркала циліндра, можуть бути згруповані наступним чином (рис. 1):

1. експлуатаційні фактори, що визначаються режимом роботи двигуна;
2. технологічні та конструкційні фактори;
3. фактори впливу довкілля.

Експлуатаційні фактори визначаються комплексом теплових, навантажувальних та швидкісних режимів двигуна. Як при встановлених, так і при невстановлених режимах навантаження на двигун і частоті обертання колінчастого валу мають вирішальний вплив на надійність робочої поверхні циліндра. Як показують дослідження, при режимах, що не встановилися, знос виявляється в 2,5 ... 3,5 рази вищим, ніж при тих, що встановилися [4, 5].

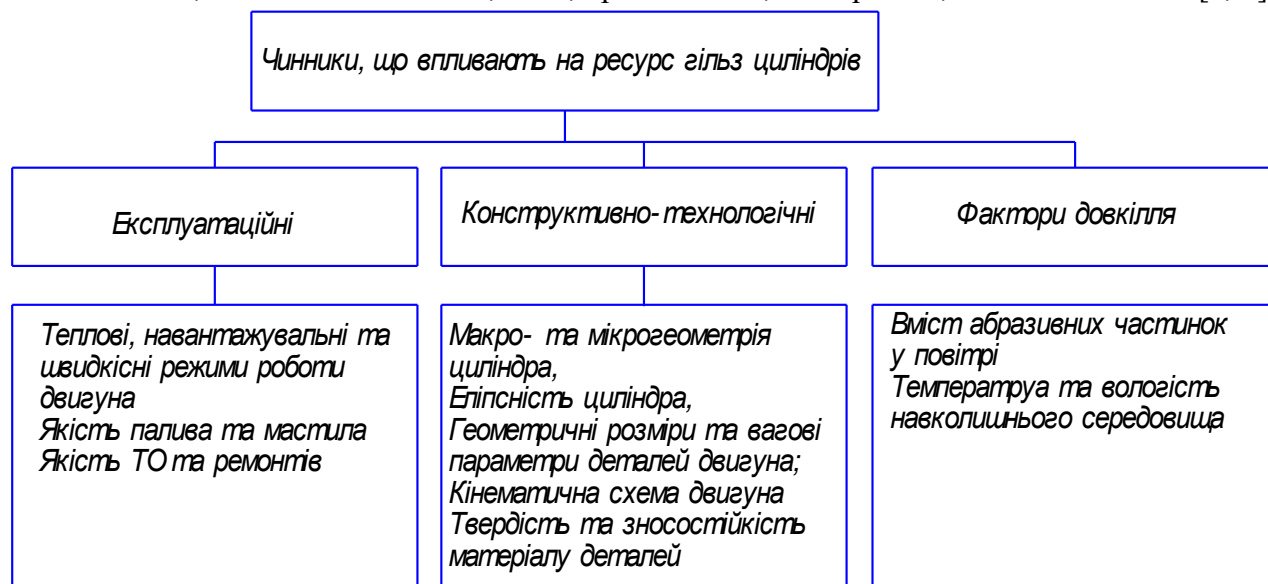


Рисунок 1 – Чинники, що впливають на ресурс гільз циліндрів

Збільшення навантаження при стабільному тепловому режимі, що встановився, призводить до пропорційного зростання зносу, так як збільшується питомий тиск кілець на стінки циліндра. Слід зазначити, що інтенсивність зношування залежить тільки від величини навантаження, а й від інтенсивності її зміни.

Наведена класифікація факторів, що впливають на ресурс гільз циліндрів дозволяє виконувати комплексний підхід при розробці конструкційних, технологічних та експлуатаційних заходів, спрямованих на підвищення ресурсу автомобільних двигунів.

Список використаних джерел

1. Кисликов В. Ф., Луцик В. В. Будова й експлуатація автомобілів: Підручник. — 6-те вид. - К.: Либідь, 2006. — 400 с.
2. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – К.: Знання, 2003. – 511 с.
3. Чабанний В.Я. Практикум з експлуатації вантажних автомобілів. Навчальний посібник Уклад.: Чабанний В.Я., Магопещ С.О., Мажейка О.Й. та ін. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2011. – 456 с.
4. Канарчук В.С., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Підручник. - К.: Вища шк., 1994. - (у 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. - 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління. - 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. - 599 с.
5. Клімов С. В. Експлуатація і обслуговування машин : навч. посіб. / С. В. Клімов. – Рівне : НУВГП, 2010. – 218 с. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/5573>.

УДК 656.13:656.056

ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

М.М. Мороз, ст. гр. ТТ-22-1

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

Зростання урбанізації та щоденних переміщень населення потребує вдосконалення міських маршрутних мереж. Оптимізація транспортних маршрутів дозволяє зменшити витрати часу пасажирів, знизити навантаження на дорожню мережу та підвищити ефективність роботи перевізників. Процес оптимізації передбачає визначення критерію його оптимізації. В цій ролі можуть бути:

1. Мінімізація часу поїздки пасажирів.
2. Зменшення кількості пересадок.
3. Мінімізація експлуатаційних витрат перевізника.
4. Збалансованість завантаження рухомого складу.
5. Забезпечення доступності транспорту для всіх районів міста.

Результати оптимізації за наведеними критеріями подані у табл. 1.

Таблиця 1 – Критерії оптимізації маршрутної мережі та приклади застосування

Критерій	Приклад міста	Приклади застосування	Результат
Мінімізація часу поїздки	Варшава (Польща)	оптимізація маршрутної мережі за допомогою TransCAD	Скорочення часу поїздки на 12% після оптимізації
Зменшення кількості пересадок	Київ (Україна)	використання PTV VISUM для аналізу пасажиропотоків у метро та наземному транспорті	Оптимізація маршрутів метро і автобусів
Зменшення витрат перевізника	Берлін (Німеччина)	транспортні моделі	Зменшення дублювання маршрутів
Збалансоване завантаження	Сінгапур	впровадження інтелектуальної системи планування громадського транспорту з використанням Big Data	Інтелектуальний розподіл пасажиропотоків
Доступність транспорту	Амстердам (Нідерланди)	математичні моделі потоків	Забезпечення доступу у всі райони

Методи оптимізації можна класифікувати наступним чином:

- Традиційні методи: математичні моделі потоків (лінійне програмування, гравітаційні моделі).
- Транспортні моделі (PTV VISUM, TransCAD): дозволяють будувати сценарії розвитку мережі.
- Евристичні методи: генетичні алгоритми, метод рою частинок.
- Big Data та штучний інтелект: прогнозування пасажиропотоків за даними GPS та мобільних операторів.

Оптимізація мережі може бути подана у вигляді задачі мінімізації:

$$F = \alpha T + \beta C + \gamma P, \quad (1)$$

де T – середній час поїздки пасажирів, C – витрати перевізників, P – кількість пересадок, α, β, γ – вагові коефіцієнти.

Висновки. Оптимізація маршрутної мережі є ключовим завданням міської транспортної політики. Найефективнішими є комплексні методи, що враховують і інтереси пасажирів, і економіку перевізників. Цифровізація та застосування транспортних моделей підвищують точність оптимізації. В Україні необхідно розвивати систему моніторингу пасажиропотоків і впроваджувати сучасні інструменти оптимізації.

Список використаних джерел

1. Ortúzar J. de D., Willumsen L. Modelling Transport. Wiley, 2011.
2. Moroz, O.V. and Moroz, M.M., 2014. Specific features of city public transport financing (Kremenchuk case study). Actual Problems of Economics, 160(1), pp. 239–246.
3. Левковець П.Р., Мороз М.М., Кобилецький Р.В. Удосконалення логістичного управління перевезень пасажирів / Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського.– Випуск 6/2007 (47). – Частина 1. – С. 113-115.
4. Moroz M. M., Korol S. O., Voiko Y. O. Social traffic monitoring in the city of Kremenchuk // Actual Problems of Economics. – К. – 2016. – № 1 (175). – С. 385 – 398.
5. Rodrigue J.-P. The Geography of Transport Systems. Routledge, 2020.
6. Мороз М.М. Удосконалення транспортної системи пасажирських перевезень м. Кременчук // Збірник наукових праць.– Вип. 2 (41). – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – С. 156–164.
7. Мороз М.М. Розробка заходів удосконалення маршрутної мережі громадського транспорту м. Кременчук на основі розподілу пасажиропотоку гравітаційним методом // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: науковий журнал. –2015. – № 2 (219). – С. 44–49.
8. Дмитрієв М.М., Мороз М.М. Основні напрями вдосконалення міських пасажирських перевезень м. Кременчук / Управління проектами, системний аналіз і логістика, Вип. 10, с. 58-62, 2012.
9. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / Вісник КДПУ.– Кременчук. – 2009.–Вип. 5. – С. 58-60.
10. Moroz M., Korol S., Plichko A. Improvement of urban transport system / Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2016. – Випуск 6 (1). – С. 71-75.
11. PTV Group. VISUM – Transport Planning Software. – <https://www.ptvgroup.com>
12. Мороз М., Норцов О., Кальянов В. Підвищення ефективності системи міських пасажирських перевезень шляхом удосконалення розкладу руху транспортних засобів / Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції. Кропивницький: ЦНТУ. – 2021. – С. 95.
13. Лаврик В.В., Кузев І.О., Мороз М.М. Підвищення ефективності міського транспорту загального користування за рахунок створення об'єднаних підприємств / Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем", 13-15 квітня 2022 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 34-36.
14. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В. Якість та контроль транспортного процесу (вантажні та пасажирські автомобільні перевезення): навч. посібник. Кременчук: КрНУ, 2023. 138 с.
15. Гайкова Т. В., Мороз М. М., Загорянський В. Г., Буренніков Ю. Ю. Проектний аналіз цифрових технологій в управлінні ланцюгом постачань / Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 17-22. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-17-22>.
16. Moroz O., Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Vasytkovska K. Digital Marketing Communications Transformation in Wartime / 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES). – pp. 1-6. DOI: 10.1109/MEES61502.2023.10402369
17. TransCAD. Transportation Planning Software. – <https://www.caliper.com/transcad>
18. Moroz M.M., Khorolskiy V.L., Moroz O.V., Herasymchuk V.V., Vasytkovska K.V. Organization and provision of buses operation on the route taking into account the expenditures of participants of the transportation process / (2018) International Journal of Engineering and Technology (UAE). – 7 (4.3). – pp. 206-210.
19. Мороз М. М., Гайкова Т. В., Солошич І. О. Оптимізація режимів взаємодії магістрального та міського пасажирського транспорту м. Кременчук / (2024) Збірник наукових праць «Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки», Вип. № 9 (40). – С. 197-204. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.197-204](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.197-204)
20. Шведчикова І., Солошич І., Мороз М. Аналіз інноваційних фізичних методів неруйнівної діагностики для забезпечення екологічної безпеки на міському електротранспорті / (2024) Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 1/2024 (144). – С. 117-123. DOI <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.1.15>
21. OECD/ITF. Optimising Urban Transport Networks. Paris, 2022.
22. Колій О.С., Мороз М.М. Оцінка сценаріїв дорожнього руху в Bad Hessfeld на основі моделі PTV VISSIM. Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Сталій розвиток транспортних систем: наука і практика: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., 25–26 листоп. 2024 р. Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т.– Харків, 2024.– С. 296–299.

УДК 629.113

АДАПТАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ТРАНСПОРТНОЇ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ І КОНТРОЛЮ

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,
О.М. Лівіцький, ст. викладач., канд. техн. наук,
А.В. Гриньків ст. дослідник, канд. техн. наук,
Т.М. Надич асп.,
С.В. Харченко асп.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Ефективність роботи транспортної (ТТ) і сільськогосподарської техніки (СГТ), що визначається продуктивністю, собівартістю і безпекою руху, залежить від технічного стану рухомого складу (РС). Тому оптимальна та ефективна технічна експлуатація ТТ і СГТ спрямована на підтримання їх ефективної експлуатаційної надійності і технічної готовності завдяки технічному обслуговуванню (ТО) і поточному ремонту (ПР), є проблемою загальнодержавної важливості. При цьому основа рішення проблеми – це значне покращення ТО і ПР техніки розробкою ефективних методів, приладів та устаткування діагностування її технічного стану.

В сучасних умовах рішення проблеми полягає в адаптації ТО і ПР РС до процесів, обумовлених глобалізацією технічної діагностики (ТД) і технічного контролю (ТК). В зв'язку з цим ТД це – область знань, що охоплює теорію, методи і засоби визначення технічного стану об'єктів, а також це вищий рівень ТК, який передбачає перевірку відповідності об'єкта контролю (ОК) встановленим технічним вимогам.

Основною причиною глобалізації ТД і ТК техніки є лібералізація ринків та зростання кількості ДТП і катастроф. Масштаби ДТП і катастроф та відповідні еко- і технобезпека важливі для ТТ і СГТ. При цьому ліберальними залишаються і процеси доступу як людини, так і техніки в середовищі їхнього існування.

Зростання чисельності техніки в середовищі та постійне знаходження людей в її складових, підкоряється законам ринку і ними не контролюється зі сторони людини. В свою чергу ТТ і СГТ як системи є відкриті для будь-якої людини і люди мають вільний доступ в середовищі знаходження техніки. Цей процес обмежений лише для операторів техніки (необхідна наявність водійських посвідчень), але в Україні абсолютно відкритий доступ для персоналу технічної служби (ПТС) внаслідок відміни обов'язкової сертифікації послуг ТО і ремонту. Людський фактор ставить на перше місце створення надійної технічної експлуатації техніки (ТЕТ), звільненої від суб'єктивного впливу людини, тобто адаптованої до процесів розвитку ТД і ТК в системи ТО і Р.

Загальна проблема створення ТЕТ полягає в тому, що її надійність має дві неподільні складові: технічну і організаційну. Перша достатньо чітко і повно вирішується промисловістю, яка створює удосконалену техніку. Що стосується другої складової, то експлуатація техніки, її збереження та підтримання в стані готовності – залежить від людини.

В даній роботі, на прикладі електронної системи керування двигуном (ЕСКД), сформульовані основи реалізації надійної ТЕТ, як системи методів і засобів ТД і ТК. Використання ТТ і СГТ ЕСКД дозволяє підвищити потужність, покращити екологічність і економічність двигуна. Це досягається завдяки реалізації розробленого складного алгоритму керування двигуном техніки на цикловому рівні з урахуванням значної кількості параметрів протікання робочого процесу і наявності зворотніх зв'язків.

Негативним моментом впровадження ЕСКД є її відносна складність і, як наслідок, неготовність сучасної ТЕТ забезпечити роботу РС на належному рівні. При цьому, основною проблемою є відсутність зв'язку між заводами-виробниками і ТЕТ в цілому. На сьогодні ТЕТ явно не встигає за розвитком конструкції ТТ і СГТ і передусім за розвитком електронних систем керування.

На практиці такий розрив проявляється у відсутності достатньої кількості спеціалістів ТЕТ, здатних швидко і якісно розібратись в електронних системах і ефективно процювати з ними. Заклади вищої освіти не встигають відреагувати на розвиток систем електронного керування, які постійно вдосконалюються і ускладнюються. Дуже важливою причиною є і те, що ЕСКД та інші мікропроцесорні системи керування (МПСК) є зарубіжними прототипами, оскільки ТТ і СГТ, що працює в Україні, в основному, імпортного виробництва. Зазначимо, що практично кожна фірма-виробник розробляє і впроваджує свої системи, має свої виробничі секрети і використовує свою термінологію.

Поширена сьогодні технічна література з ТТ і СГТ має велику кількість технічних термінів, які дублюють один одного, що обумовлює хаос і нерозуміння процесів при створенні нової техніки. Основа нерозуміння, це відсутність єдиної бази при створенні систем управління її технічним станом. Необхідні нові комплексні системотехнічні підходи. В зв'язку з цим ЕСКД необхідно розглядати не як окрему систему, а як систему управління технічним станом ТТ та СГТ, включаючи усі електронні системи, а також систему контролю і забезпечення належного рівня технічного стану одиниць техніки в цілому.

Визначальним для ТЕТ є можливість автоматично отримати від ЕСКД точні значення параметрів, що обумовлюють умови експлуатації пов'язані з ефективною потужністю двигуна. Двигун – це основний елемент мобільної техніки, що здійснює перетворення команд оператора в зміну стану та руху ТТ та МСГТ при експлуатації.

Автоматизм і точність отримання інформації умов експлуатації ТТ і МСГТ обумовлені наявністю ЕСКД, що характеризують глибинні параметри роботи двигуна. Визначено, що керуючими параметрами роботи двигуна є величина наповнення циліндрів і час протікання робочого циклу, що визначається частотою обертання колінчастого валу. В деяких випадках в якості керуючого параметра замість наповнення циліндрів застосовується циклова подача палива. У відповідності до цього при визначенні технічного стану ТТ і СГТ доцільно використовувати сумарну витрату повітря і сумарну витрату палива за деякий період експлуатації, що в цілому комплексно характеризують умови роботи і інтенсивність використання РС. Для підтвердження цього в роботах проф. Говоруценка пропонується використовувати сумарну витрату палива для прогнозування залишкового ресурсу автомобіля і періодичності технічних впливів.

Результати досліджень свідчать, що технічні впливи повинні проводитися після досягнення відповідних значень витрат палива. При цьому слід мати на увазі можливість ЕСКД і МПСК, в цілому, при створенні теорії організації індивідуальних систем ТО і Р РС.

На практиці для масової реалізації цих індивідуальних систем найбільш перспективним на апаратному і системному рівнях приставляється використання не ЕСКД, а спеціалізованих зовнішніх пристроїв. Це передусім бортові сканери (БС), які мають порівняно невисоку вартість та створюють можливість ефективного використання на сучасних ТТ і СГТ. Для розв'язання завдань ТЕТ в БС необхідно закласти деякі спеціальні алгоритми і функції.

Фіксуючи в пам'яті БС за певний період, значення сумарних витрат повітря і палива можливо отримати графік залежності їх витрат від тривалості роботи ТТ і СГТ. При досягненні сумарною витратою певних заданих значень БС інформує оператора про необхідність проведення відповідного ТО. Аналіз графіку витрат дозволить наперед спрогнозувати момент технічного впливу і, в цілому, забезпечити ефективне планування роботи. Тому найбільш зручним і перспективним для ТЕТ є передача даних ЕСКД в дистанційному автоматичному режимі.

Найбільш повну інформацію про умови роботи ТТ і СГТ може забезпечити графік зміни частоти обертання колінчатого вала двигуна в часі. Аналіз графіка дозволяє виявити проміжки часу, на яких двигун працював у визначених частотних режимах. По характеру прискорень і сповільнень можна достатньо точно визначити умови, в яких працювала та чи інша техніка в цілому. Можливо визначити тривалість і кількість зупинок (стоянок), моменти переключення передач та інше.

При наявності в ЕСКД датчика швидкості реалізується можливість побудови графіка зміни швидкості РС. На основі значення швидкості проводиться визначення довжини гальмівного шляху, розрахунок витрат палива, собівартість, токсичність та інше. Сумісний розгляд графіків швидкості руху та частот обертання колінчатого валу можливо однозначно вказати на якій передачі відбувався рух, протягом якого часу і з якою швидкістю.

Слід зазначити, що цілі керування ТЕТ залишаються наступними: забезпечення регулярності, безпеки і економічності при найбільш повній реалізації технічних можливостей конструкцій ТТ і СГТ та забезпечення заданих рівнів експлуатаційної надійності, оптимізації матеріальних і трудових затрат, зведення до мінімуму негативних впливів ТТ і СГТ на населення, персонал і довкілля.

В сучасних умовах необхідно намагатися реалізувати внутрішню сумісність між елементами системи і зовнішню сумісність між системою і навколишнім середовищем. Слід також розуміти, що сучасна ТЕТ, як область практичної діяльності – це системотехнічний людино-машинний комплекс, ефективність функціонування якого на всіх рівнях визначає організація позитивної і ефективної взаємодії людини і техніки в ергономіці. В комплексі ТЕТ доцільно виділити чотири рівні досліджувальних процесів: мікромодульні, мезомодульні, макромодульні і мега модульні.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В., Головатий А. О., Голуб Д. В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем : монографія / за заг. ред. проф. В. В. Ауліна. – Кропивницький : ТОВ «КОД», 2017. – 370 с.
2. Аулін В. В., Гриньків А. В., Головатий А. О., Лівіцький О. М. та ін. Роль інтелектуальних інформаційних систем у транспортних і виробничих підприємствах та їх класифікація. *Інноваційні технології розвитку автомобільного транспорту* : Міжнародна наук.-практ. конф., Кропивницький, листоп. 2020. С. 167–173.
3. Аулін В. В., Голуб Д. В., Біліченко В. В., Великодний Д. О. Методологія підходів до дослідження факторів забезпечення належного рівня ефективності і надійності транспортних систем. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2017. № 2. С. 4-14.
4. Аулін В. В. Інформаційне забезпечення в системі технічного сервісу, діагностичного моніторингу та охорони праці в сільськогосподарському виробництві / В. В. Аулін, О. М. Лівіцький // *Конструювання, виробництво та експлуатація СГМ / Загальнодержавний міжвідомчий науково – технічний збірник*. – Кіровоград: КНТУ. – 2009. – Вип. 39. – С. 287 – 291.
5. Аулін В.В., Лівіцький О.М., Жулай О.Ю. Стан проблеми підвищення ефективності технічного сервісу СГТ в нових умовах господарювання. *Конструювання, виробництво та експлуатація с/г машин*. 2007. Вип.37. С. 158-162.
6. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лівіцький О.М. Підвищення надійності мобільної та автотранспортної техніки сільськогосподарського виробництва на основі діагностики їх стану. *Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації с.-г. техніки: матеріали X Міжнар. наук.- практичної конференції*. Кіровоград:КНТУ, 2015. С.163-164.
7. Аулін В. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В. Підвищення ефективності використання транспортних машин у агропромисловому виробництві на основі автоматизованої оцінки технічного стану агрегатів // *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. Вип. 6 (37), ч. 2. С. 45–57.
8. Аулін В. В., Гриньків А. В., Кузик О. В., Тертиця О. М., Байцан В. Г. Система сервісного обслуговування транспортної та сільськогосподарської техніки дилерським центром в агропромисловому виробництві. *Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково технічної конференції "Крамаровські читання", 22–23 лютого 2024, м. Київ*. – Київ : Видавничий центр НУБіП України, 2024. С. 108–110.
9. Аулін В. В., Гриньків А. В., Головатий А. О. Дослідження ефективності управління системою технічного сервісу транспортних машин. *Збірник тез доповідей II Міжнародної науково практичної конференції "Автомобільний транспорт та інфраструктура", 23–25 квітня 2020. Київ* : НУБіП України, 2020. С. 3–5.

УДК 656.13:656.056

ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

М.М. Мороз, ст. гр. ТТ-22-1

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

Зростання урбанізації та щоденних переміщень населення потребує вдосконалення міських маршрутних мереж. Оптимізація транспортних маршрутів дозволяє зменшити витрати часу пасажирів, знизити навантаження на дорожню мережу та підвищити ефективність роботи перевізників. Процес оптимізації передбачає визначення критерію його оптимізації. В цій ролі можуть бути:

6. Мінімізація часу поїздки пасажирів.
 7. Зменшення кількості пересадок.
 8. Мінімізація експлуатаційних витрат перевізника.
 9. Збалансованість завантаження рухомого складу.
 10. Забезпечення доступності транспорту для всіх районів міста.
- Результати оптимізації за наведеними критеріями подані у табл. 1.

Таблиця 1 – Критерії оптимізації маршрутної мережі та приклади застосування

Критерій	Приклад міста	Приклади застосування	Результат
Мінімізація часу поїздки	Варшава (Польща)	оптимізація маршрутної мережі за допомогою TransCAD	Скорочення часу поїздки на 12% після оптимізації
Зменшення кількості пересадок	Київ (Україна)	використання PTV VISUM для аналізу пасажиропотоків у метро та наземному транспорті	Оптимізація маршрутів метро і автобусів
Зменшення витрат перевізника	Берлін (Німеччина)	транспортні моделі	Зменшення дублювання маршрутів
Збалансоване завантаження	Сінгапур	впровадження інтелектуальної системи планування громадського транспорту з використанням Big Data	Інтелектуальний розподіл пасажиропотоків
Доступність транспорту	Амстердам (Нідерланди)	математичні моделі потоків	Забезпечення доступу у всі райони

Методи оптимізації можна класифікувати наступним чином:

- Традиційні методи: математичні моделі потоків (лінійне програмування, гравітаційні моделі).
- Транспортні моделі (PTV VISUM, TransCAD): дозволяють будувати сценарії розвитку мережі.
- Евристичні методи: генетичні алгоритми, метод рою частинок.
- Big Data та штучний інтелект: прогнозування пасажиропотоків за даними GPS та мобільних операторів.

Оптимізація мережі може бути подана у вигляді задачі мінімізації:

$$F = \alpha T + \beta C + \gamma P, \quad (1)$$

де T – середній час поїздки пасажирів, C – витрати перевізників, P – кількість пересадок, α, β, γ – вагові коефіцієнти.

Висновки. Оптимізація маршрутної мережі є ключовим завданням міської транспортної політики. Найефективнішими є комплексні методи, що враховують і інтереси

пасажирів, і економіку перевізників. Цифровізація та застосування транспортних моделей підвищують точність оптимізації. В Україні необхідно розвивати систему моніторингу пасажиропотоків і впроваджувати сучасні інструменти оптимізації.

Список використаних джерел

1. Ortúzar J. de D., Willumsen L. Modelling Transport. Wiley, 2011.
2. Moroz, O.V. and Moroz, M.M., 2014. Specific features of city public transport financing (Kremenchuk case study). Actual Problems of Economics, 160(1), pp. 239–246.
3. Левковець П.Р., Мороз М.М., Кобилецький Р.В. Удосконалення логістичного управління перевезень пасажирів / Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського.– Випуск 6/2007 (47). – Частина 1. – С. 113-115.
4. Moroz M. M., Korol S. O., Boiko Y. O. Social traffic monitoring in the city of Kremenchuk // Actual Problems of Economics. – К. – 2016. – № 1 (175). – С. 385 – 398.
5. Rodrigue J.-P. The Geography of Transport Systems. Routledge, 2020.
6. Мороз М.М. Удосконалення транспортної системи пасажирських перевезень м. Кременчук // Збірник наукових праць.– Вип. 2 (41). – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – С. 156–164.
7. Мороз М.М. Розробка заходів удосконалення маршрутної мережі громадського транспорту м. Кременчук на основі розподілу пасажиропотоку гравітаційним методом // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: науковий журнал. –2015. – № 2 (219). – С. 44–49.
8. Дмитрієв М.М., Мороз М.М. Основні напрями вдосконалення міських пасажирських перевезень м. Кременчук / Управління проектами, системний аналіз і логістика, Вип. 10, с. 58-62, 2012.
9. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / Вісник КДПУ.– Кременчук. – 2009.–Вип. 5. – С. 58-60.
10. Moroz M., Korol S., Plichko A. Improvement of urban transport system / Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2016. – Випуск 6 (1). – С. 71-75.
11. PTV Group. VISUM – Transport Planning Software. – <https://www.ptvgroup.com>
12. Мороз М., Норцов О., Кальянов В. Підвищення ефективності системи міських пасажирських перевезень шляхом удосконалення розкладу руху транспортних засобів / Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції. Кропивницький: ЦНТУ. – 2021. – С. 95.
13. Лаврик В.В., Кузев І.О., Мороз М.М. Підвищення ефективності міського транспорту загального користування за рахунок створення об'єднаних підприємств / Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем", 13-15 квітня 2022 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 34-36.
14. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В. Якість та контроль транспортного процесу (вантажні та пасажирські автомобільні перевезення): навч. посібник. Кременчук: КрНУ, 2023. 138 с.
15. Гайкова Т. В., Мороз М. М., Загорянський В. Г., Буренніков Ю. Ю. Проектний аналіз цифрових технологій в управлінні ланцюгом постачань / Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 17-22. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-17-22>.
16. Moroz O., Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Vasytkovska K. Digital Marketing Communications Transformation in Wairtime / 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES). – pp. 1-6. DOI: 10.1109/MEES61502.2023.10402369
17. TransCAD. Transportation Planning Software. – <https://www.caliper.com/transcad>
18. Moroz M.M., Khorolskyi V.L., Moroz O.V., Herasymchuk V.V., Vasytkovska K.V. Organization and provision of buses operation on the route taking into account the expenditures of participants of the transportation process / (2018) International Journal of Engineering and Technology (UAE). – 7 (4.3). – pp. 206-210.
19. Мороз М. М., Гайкова Т. В., Солошич І. О. Оптимізація режимів взаємодії магістрального та міського пасажирського транспорту м. Кременчук / (2024) Збірник наукових праць «Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки», Вип. № 9 (40). – С. 197-204. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.197-204](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.197-204)
20. Шведчикова І., Солошич І., Мороз М. Аналіз інноваційних фізичних методів неруйнівної діагностики для забезпечення екологічної безпеки на міському електротранспорті / (2024) Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 1/2024 (144). – С. 117-123. DOI <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.1.15>
21. OECD/ITF. Optimising Urban Transport Networks. Paris, 2022.
22. Колій О.С., Мороз М.М. Оцінка сценаріїв дорожнього руху в Bad Hessfeld на основі моделі PTV VISSIM. Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Сталий розвиток транспортних систем: наука і практика: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., 25–26 листоп. 2024 р. Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т.– Харків, 2024.– С. 296–299.

УДК: 656.1

ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНИХ ТРАНСПОРТНИХ І ПІШОХІДНИХ ПОТОКІВ

Д. Саланський, *ст. гр. ТТЛ-12,*

М.І. Розум, *ст. гр. ТТЛ-12,*

Р.Б. Барщовський, *ст. гр. ТА-41,*

М.В. Буряк, *доцент., канд. техн. наук*

Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

Взаємодія транспортних потоків та пішоходів є одним з найгостріших питань сучасних міст. Зростання кількості автомобілів та інтенсифікація руху призводять до перевантаження дорожньої мережі, що, в свою чергу, негативно впливає на безпеку та комфорт пересування пішоходів. Збільшення часу перетину проїжджої частини пішоходами призводить до подовження циклу роботи світлофорів, зниження пропускної здатності перехресть та збільшення часу очікування транспорту. Це, в свою чергу, підвищує рівень забруднення довкілля, збільшує витрати палива та прискорює знос транспортних засобів. З іншого боку, інтенсивний рух транспорту створює значні незручності для пішоходів, збільшує ризик дорожньо-транспортних пригод та знижує якість життя містян.

Для вирішення цієї проблеми необхідно комплексне втручання, яке включає в себе оптимізацію роботи світлофорних об'єктів за допомогою інтелектуальних систем управління, розширення пішохідної інфраструктури шляхом будівництва нових тротуарів, велодоріжок та пішохідних зон, заохочення використання громадського транспорту шляхом розвитку маршрутної мережі та зниження вартості проїзду, обмеження руху автотранспорту в центрі міста шляхом введення пішохідних зон та обмеження швидкості руху, а також проведення інформаційно-роз'яснювальних кампаній серед учасників дорожнього руху. При значному збільшенні інтенсивності руху пішоходів постає необхідність впровадження додаткових інженерних споруд. Пішохідні мости та підземні переходи не лише забезпечують безпеку пішоходів, а й дозволяють розвантажити наземні переходи, покращуючи пропускну спроможність перехресть. Проектуючи вулично-дорожню мережу, слід враховувати інтеграцію інженерних споруд у міське середовище, забезпечувати їх доступність для всіх категорій населення, зокрема людей з обмеженими можливостями, та передбачати необхідні заходи для безпеки руху пішоходів.

Таким чином, обґрунтування конкретних інженерних рішень дозволить покращити транспортну інфраструктуру міста. Необхідно розробляти ефективні заходи з оптимізації руху транспорту, підвищення безпеки дорожнього руху та створення комфортного міського середовища для всіх учасників дорожнього руху. Оптимізація маршрутів та графіків громадського транспорту – це один із ключових інструментів для зменшення заторів та підвищення ефективності міського транспорту. Інтеграція різних видів транспорту, забезпечення зручності для пасажирів, гнучкість маршрутів та використання сучасних технологій дозволяють створити ефективну систему громадського перевезення. Проведення спостережень та аналізу транспортних потоків є основою для прийняття обґрунтованих рішень щодо організації дорожнього руху. На основі зібраних даних можна виявити проблемні ділянки, оптимізувати світлофорні режими, впроваджувати нові технології управління дорожнім рухом та розробляти заходи щодо обмеження руху приватного транспорту в центрі міста. Запровадження таких заходів не лише зменшить затори, але й

покращить екологічну ситуацію в місті, знизить рівень шуму та вібрацій, а також підвищить якість життя містян.

Метою проведеного дослідження було оцінити ефективність організації дорожнього руху на перехрестях міста Тернополі та розробити пропозиції щодо її покращення. Для досягнення цієї мети було проведено комплексне дослідження, що включало аналіз існуючої ситуації, оцінку ефективності світлофорного регулювання та моделювання транспортних потоків. В результаті дослідження було виявлено ряд проблем, пов'язаних з організацією дорожнього руху на даному перехресті, та запропоновані заходи щодо їх вирішення. Проведене дослідження дорожньої мережі на перехресті вулиць Київська-Тарнавського в місті Тернополі дозволило всебічно оцінити існуючу ситуацію та розробити пропозиції щодо її покращення. Зокрема, було проведено детальний аналіз транспортних і пішохідних потоків, побудовано картограми та гістограми, що візуалізували розподіл транспортних потоків. На основі отриманих даних було обґрунтовано схему організації дорожнього руху на перехресті з урахуванням особливостей руху транспортних засобів та пішоходів.

Результати дослідження можуть бути використані для подальшого вдосконалення проектування дорожніх мереж, оптимізації роботи міського транспорту та підвищення безпеки дорожнього руху на даному перехресті. Запропоновані заходи сприятимуть створенню більш комфортного та безпечного середовища для всіх учасників дорожнього руху. Глибокий аналіз конфліктології транспортних потоків на перехресті вулиць Київська та Тарнавського за допомогою п'ятибальної шкали дозволив класифікувати цей об'єкт як перехрестя значної складності. Отримані дані свідчать про високу інтенсивність руху транспортних засобів на обох вулицях, особливо в години пік. Аналіз пішохідних потоків виявив їхню значну інтенсивність протягом робочого тижня (з понеділка по п'ятницю), хоча чітко виражених пікових значень у ранковий та вечірній час не було зафіксовано. Отримані результати підтверджують необхідність впровадження додаткових заходів для покращення організації дорожнього руху на даному перехресті.

Проведені дослідження дозволили детально охарактеризувати транспортні потоки на перехресті вулиць Київська-Тарнавського в місті Тернополі. Було визначено такі ключові параметри: інтенсивність руху, склад транспортного потоку, швидкість руху. На основі отриманих даних було розраховано параметри світлофорного регулювання, такі як тривалість циклу, тривалість зеленого сигналу для кожного напрямку руху, а також параметри потоків насичення. Отримані результати дозволяють зробити висновок про те, що існуючий режим роботи світлофорного об'єкта потребує оптимізації для забезпечення більш ефективного та безпечного руху транспортних засобів.

Список використаних джерел

1. Ундерко, ЛЕ Інтелектуальна транспортна система-опис і функції/ЛЕ Ундерко, РІ Розум, МВ Буряк//Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Сталій розвиток транспортних систем: наука і практика: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., 25–26 листоп. 2024 р./Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т.–Харків, 2024.–С. 123–125.
2. П.В. Попович, М.М. Маяк, Р.І. Розум, М.В. Буряк, К.М. Березька, Ю.Б. Коваль, С.А. Мишко Дослідження стану транспортної інфраструктури міста Тернополя, Центральноросійський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 7(38), ч.ІІ, 2023 - С. 243-249.
3. Попович П.В., Розум Р.І., Буряк М.В., Березька К.М. та ін. Дослідження безпеки дорожнього руху у м. Тернополі. Центральноросійський науковий вісник. Технічні науки. - 2023. - Вип.7(38), ч. ІІ. - С. 250-256.
4. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральноросійський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
5. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральноросійський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)

УДК 656.078:004.942

ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ PTV VISSIM ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИЦІЙНОЇ РОБОТИ

М.Ю. Чубаров, *ст. гр. ТТ-24-Ім,*
С.О. Король, *доц., канд. техн. наук*
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

Сучасні умови організації транспортно-експедиційної роботи вимагають застосування інноваційних інструментів моделювання, які дозволяють аналізувати та оптимізувати вантажні й пасажирські перевезення. Одним із найбільш ефективних програмних продуктів є PTV VISSIM – імітаційна мікромодель транспортних потоків, що забезпечує дослідження взаємодії транспортних засобів у складних системах. Модель дозволяє реалізувати дискретно-подієвий підхід до відтворення транспортних процесів. Функціонування транспортно-експедиційної системи можна описати цільовою функцією:

$$F = \min \sum_{i=1}^n (C_i + \alpha T_i + \beta E_i), \quad (1)$$

де C_i – експлуатаційні витрати на обслуговування транспортних засобів; T_i – час доставки вантажу (пасажирів); E_i – екологічні витрати (викиди, шум); α , β – коефіцієнти вагомості. Таким чином, за допомогою PTV VISSIM визначаються оптимальні маршрути, швидкісні режими та параметри організації перевезень.

Практичне застосування моделі PTV VISSIM охоплює:

1. Моделювання вантажних перевезень – імітація руху вантажних автомобілів у міських умовах дозволяє визначати оптимальні схеми доставки «last mile» та зменшувати простой.
2. Організація мультимодальних перевезень – використання PTV VISSIM у поєднанні з PTV VISUM забезпечує аналіз взаємодії автомобільного, залізничного та водного транспорту, що є ключовим у транспортно-експедиційній роботі.

У Німеччині PTV VISSIM застосовується для оптимізації логістики контейнерних терміналів у портах Гамбурга та Бремена. У Польщі модель використана для планування вантажопотоків у логістичних центрах Варшави, що дозволило скоротити час доставки на 14 %. У Китаї за допомогою VISSIM оптимізовано організацію вантажопотоків у приморських мегаполісах (Шанхай, Гуанчжоу), що підвищило пропускну спроможність вулично-дорожньої мережі на 12 %.

Візуалізація сценаріїв – система дозволяє не лише розрахувати показники, але й наочно відтворити рух транспортних засобів у 2D/3D, що підвищує якість прийняття управлінських рішень.

Висновки: Використання PTV VISSIM у транспортно-експедиційній діяльності забезпечує скорочення витрат часу та коштів на організацію перевезень, підвищення точності прогнозування логістичних процесів, зменшення впливу транспорту на довкілля, інтеграцію у світову практику «розумної логістики». Таким чином, PTV VISSIM виступає дієвим інструментом цифрового моделювання, що дозволяє значно підвищити ефективність транспортно-експедиційної роботи та наблизити її до міжнародних стандартів.

Список використаних джерел

1. PTV Group. PTV VISSIM 2023 User Manual. Karlsruhe: PTV Planung Transport Verkehr AG, 2023.
2. Шрамченко Н.Ю., Мороз М.М. Формування раціональної технології транспортно-експедиційного обслуговування вантажовласників у міському сполученні. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. – Кременчук: КрНУ, 2015. – Вип. 2/2015 (91). – С. 69–73.

3. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Король С.О., Хорольський В.Л., Кузев І.О. Моделювання складу групи вантажних автомобілів для оптимального обслуговування свиногомплексу / Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of machine and equipment reliability, 2020. – р. 241-242.
4. Левковець П.Р., Мороз М.М., Бубела А.В., Лабута А.В. Системні аспекти вдосконалення логістичного сервісу. Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – 2014. – №5. – С. 108–111.
5. Мороз М., Загорянський В., Гайкова Т., Кузев І. Використання методів дослідження операцій для оптимізації автомобільних перевезень масових вантажів в агропромисловому комплексі / Вісник Національного технічного університету «ХП». 2022. – Випуск 1 (11). – С. 44-50.
6. Tamminga G., Immers B., Verweij H. Application of micro-simulation (VISSIM) for traffic safety assessment. European Journal of Transport and Infrastructure Research. 2008. Vol. 8(3). P. 267–280.
7. Мороз М.М., Загорянський В.Г. Удосконалення організації транспортних робіт з метою мінімізації втрат картоплі в післязбиральний період / Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 13-15 квітня 2022 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 47-52.
8. Балкунов М.В., Мороз М.М. Створення нормативно-правових основ експедиторської діяльності / Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 17 – 19 листопада 2022 р. "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту". – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 68 – 73.
9. Zahorianskyi V., Zahorianska O., Moroz M. and Moroz O. Development of a Model for Minimizing the Energy Costs of the Transport and Technological Complex, 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022, pp. 1-5.
10. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В. Якість та контроль транспортного процесу (вантажні та пасажирські автомобільні перевезення): навч. посібник. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2023. 138 с.
11. Chen X., Yu L., Zhang Y. Using VISSIM to simulate freeway operations during incidents. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2011. Vol. 2230. P. 110–119.
12. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В., Цимбал О. В. Удосконалення методики проектування контейнерного терміналу / Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 56-62. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-56-62>.
13. Гайкова Т. В., Мороз М. М., Загорянський В. Г., Буренніков Ю. Ю. Проектний аналіз цифрових технологій в управлінні ланцюгом постачань / Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 17-22. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-17-22>.
14. Moroz O., Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Vasyukovska K. Digital Marketing Communications Transformation in Wartime / 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES). – pp. 1-6. DOI: 10.1109/MEES61502.2023.10402369
15. Шведчикова І., Солошич І., Мороз М. Аналіз інноваційних фізичних методів неруйнівної діагностики для забезпечення екологічної безпеки на міському електротранспорті / (2024) Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 1/2024 (144). – С. 117-123. DOI <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.1.15>
16. Kuehne R., Nagel K. Transportation systems analysis with simulation: Case study of VISSIM applications in Germany. Procedia - Social and Behavioral Sciences. 2015. Vol. 80. P. 341–351.
17. Мороз М. М., Загорянський В. Г., Гайкова Т. В., Солошич І. О., Загорянський О. В. Удосконалення взаємодії видів вантажного транспорту на кременчуцькому терміналі «Нібулон» при перевалці зернових вантажів / (2024) Транспортні системи та технології перевезень, Вип. № 27. С. 4–10. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/307333>
18. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Король С.О. Оптимізація вантажних робіт і розміщення тарно-штучних вантажів в транспортних засобах і складах із застосуванням методів ергономіки і теорії систем / (2024) Транспортні системи та технології перевезень, Вип. № 28. С. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/311996>
19. Огар О. М., Мороз М. М., Кондратьєв І. В. Забезпечення безпеки сортувального процесу шляхом обґрунтування його ефективних параметрів. Інтелектуальні транспортні технології : тези доповідей 5-ої Міжнародної науково-технічної конференції, 25-27 листопада 2024 р. – Харків: УкрДУЗТ, 2024. – С. 273–274.
20. Li M., Li J., Wang Y. Application of PTV VISSIM in urban logistics distribution optimization: Case study in Shanghai. Journal of Advanced Transportation. 2020. Vol. 2020. P. 1–12.
21. Огар О. М., Мороз М. М., Круглова Н. С., Чорний О. С. Перспективи застосування елементів штучного інтелекту в системах автоматизованого проектування залізничних станцій та вузлів. Інтелектуальні транспортні технології : тези доповідей 3-ї міжнар. наук.-техн. конф. (22-23 листопада 2022 р.). – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – С. 169–170.
22. Колій О.С., Мороз М.М. Оцінка сценаріїв дорожнього руху в Bad Hessfeld на основі моделі PTV VISSIM. Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Сталий розвиток транспортних систем: наука і практика: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., 25–26 листоп. 2024 р. Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т.– Харків, 2024.– С. 296–299.

УДК 621.43

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Д.В. Мамай, *ст. гр. АТ 24М,*

М.В. Красота, *доц., канд. техн. наук*

Центральноукраїнський національний технічний університет

Основним агрегатом в автомобілі, частку якого припадає найбільше відмов, є двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ). Надійність роботи двигуна визначається не тільки конструктивними та технологічними заходами, реалізованими заводом-виробником, а й умовами експлуатації, організацією та якістю його обслуговування [1].

Для виявлення та запобігання несправностям у роботі двигунів внутрішнього згоряння необхідно проводити періодичне технічне обслуговування та діагностування. В умовах великої кількості транспортних засобів і обмеженого часу на їх обслуговування найбільшу цінність представляють ті методи діагностування, які прості в реалізації, дозволяють швидко оцінити технічний стан ДВЗ і, водночас, мають достатню інформативність і чутливість.

Деталі кривошипно-шатунного механізму та поршневої групи працюють у найбільш важкому температурному і навантажувальному режимі, тому на їхню частку припадає четверта частина всіх несправностей, що зустрічаються. Цілком природно, що найбільшого розвитку отримали методи діагностики двигунів, призначені визначення технічного стану цих систем і механізмів.

Кожен із методів діагностики має певне призначення і заснований на використанні будь-якого параметра вихідного процесу – інтенсивності стукоту, витрати оливи, зносу та інші.

На теперішній час в автосервісі знайшли застосування ряд методів дагностування двигунів автомобілів.

Перевірка потужності двигуна під навантаженням на динамометричному стенді. Найбільш важливий об'єктивний показник загального стану двигуна - ефективна потужність, що розвивається ним. Залежить вона від кількості обертів колінчастого валу [2].

Заслуговує на увагу безгальмівний метод випробувань. Сутність методу полягає в тому, що як навантаження на працюючий двигун використовуються механічні втрати самого двигуна в поєднанні з відключенням окремих циліндрів та створенням додаткових опорів у системах [3].

Важливим показником оцінки роботи автомобільного двигуна загалом є склад вихлопних газів. Особливий інтерес для діагностики становить вміст окису вуглецю. Даний метод діагностики заснований на тому, що в залежності від складу робочої суміші змінюється склад вихлопних газів. У разі несправності системи живлення, що викликає збагачення робочої суміші паливом, у вихлопних газах збільшується кількість продуктів неповного згоряння палива у вигляді окису вуглецю [4]. Дана діагностична інформація використовується для оцінки технічного стану двигуна.

Існує метод контролю технічного стану циліндро-поршневої групи двигуна за витратами оливи на вигорання. Зі зносом поршневих кілець і канавок у поршні по висоті збільшується насосна дія кілець у процесі роботи та проникнення оливи в камеру згорання. Зі збільшенням зазорів у замках кілець підвищується прорив газів у картер та винесення масляного туману в атмосферу. Підвищена витрата оливи на вигорання може відбуватися і в справному двигуні, якщо рівень оливи вищий за необхідний. Кількість вигорілої оливи залежить від теплового та навантажувального режиму роботи двигуна, від взаємного положення кілець [5].

Одним з найбільш відомих є метод визначення технічного стану циліндропоршневої групи двигуна за кількістю газів, що прориваються в картер за одиницю часу. Стан ущільнення камери двигуна цим методом можна оцінити об'єктивно. Однак широкому впровадженню їх у практику перешкоджають відсутність чітких рекомендацій та надійних приладів [6].

Дуже важливим показником технічного стану двигуна є тиск оливи в системі мащення. Тиск оливи знижується із збільшенням зазорів у підшипниках колінчастого валу. Перевірка тиску оливи дозволяє визначити остаточний ресурс двигуна.

Технічний стан деталей циліндропоршневої групи двигуна можна оцінити за величиною тиску наприкінці такту стиснення. Даний метод дозволяє оцінити герметичність над поршневого простору в циліндрах двигуна, та отримати оцінку стану деталей циліндропоршневих групи двигуна та з'єднання «клапан-сідло» [7].

В останні роки все ширше застосування знаходить метод визначення технічного стану циліндропоршневої групи автомобільних двигунів за величиною втрат через нещільності в циліндрах двигуна при подачі стисненого повітря в камеру згорання. Для цього створено низку приладів. Найбільш досконалим є пневмотестер [8].

Оригінальний спосіб перевірки технічного стану поверхонь циліндрів та поршнів автомобільних двигунів застосовують на СТО за допомогою портативної камери – ендоскопа [8]. Отримане зображення дозволяє виконати візуальну оцінку стану вказаних деталей.

В останні роки все ширше поширення набувають способи акустичної діагностики, засновані на використанні вібраційних та шумових характеристик. Відомо, що при досягненні певних зазорів у сполученнях деталей в результаті зносу, під час роботи двигуна з'являються динамічні навантаження і стуки, що супроводжують їх. Наявність знакозмінних навантажень на основних деталях двигуна дозволяє чітко виділяти вібраційні характеристики окремих пар сполучених деталей та за наявності спеціального обладнання визначати їх величину [6].

Аналіз існуючих методів і засобів контролю технічного стану двигунів, розглянутих вище, показав, що на сьогоднішній день більшість з них вимагають попередньої розбирання двигуна перед діагностуванням, мають високу трудомісткість [9-15], а також не мають достатньої точності при постановці діагнозу.

Отже актуальним завданням залишається зниження витрат на ТО та дагносттування двигунів, застосування комплексного підходу при розробці ефективних методів, засобів та технологій діагностування та автоматизованих керуючих систем на базі мікропроцесорної техніки з мінімальними вимогами до контролю придатності ДВЗ.

Список використаних джерел

1. Біліченко, В. В. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів [Текст] : навч. посіб. / В. В. Біліченко, В. Л. Крещенський, Ю. Ю. Кукурудзяк, С. В. Цимбал. - Вінниця : ВНТУ, 2012. - 118 с.
2. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Підручник. - К.: Вища шк., 1994. - (у 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. - 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління. - 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. - 599 с.
3. Коваленко В. М., Щуріхін В. К. Діагностика і технологія ремонту автомобілів : підруч. — Київ : Літера ЛТД, 2017. — 224 с.
4. ДСТУ 2389-94. Технічне діагностування та контроль технічного стану. Терміни та визначення [Текст]. - К.: Держстандарт України, 1994. - 23 с.
5. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Організація і управління. – К.: Знання, 2004 – 478 с.
6. Мигаль, В. Д. Діагностика автомобільних двигунів. Несправності, параметри і засоби [Текст] - Х. : Майдан, 2014. - 490 с.
7. Технологічне обладнання для підприємств автомобільного транспорту : підручник / В. М. Міщенко, О. П. Кравченко, І. К. Шаша та ін. [під заг. ред. В. П. Волкова]. – Х. : ХНАДУ, 2010. – 556 с.
8. Технологічне обладнання для обслуговування та ремонту автомобілів : навч. посіб. / М. В. Красота, Ю. В. Кулешков, С. О. Магопець [та ін.]; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2023. - 208 с.
9. Lavrukhin O., Kovalov A., Kulova D. Technological and economic estimation of efficiency of a route choice for transportation of dangerous goods. SHS Web of Conferences. 2019. Vol. 67. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196702005>
10. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
11. Кульова Д.О., Магопець С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
12. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
13. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271).
14. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
15. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.

УДК 621.793.620.172

ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕНОВАЦІЇ І ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

В.М. Лопата¹, канд. техн. наук,
І.П. Рибак¹, д-р філос., доцент
В.І. Калініченко², канд. техн. наук,
І.Р. Качинська, гол. інж. дослідник ²

¹Національного транспортного університету, Київ

²Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України, Київ

Вступ. Більшість відмов автомобільного транспорту (АВТ) відбувається внаслідок поверхневого руйнування і насамперед від зношування його деталей. Розробку ефективних способів боротьби зі зносом, збільшення довговічності деталей можна віднести до важливих проблем автомобільної галузі.

Дослідження в галузі тертя, зношування та принципово нових типів матеріалів стали передумовою для створення на цій основі нових способів і технологій, спрямованих на вирішення питань збільшення довговічності швидкозношуваних деталей АВТ.

Мета досліджень – дати характеристику інтегрованих технологій зміцнення (відновлення), а також показати перспективу їх розвитку. Запропонувати гібридний (комбінований) спосіб підвищення ресурсу деталей автомобільного транспорту.

Результати досліджень. Одним із шляхів підвищення працездатності деталей АВТ та захисту контактних поверхонь від зносу є нанесення зносостійких покриттів на їхні робочі поверхні. Характерною особливістю технологій нанесення покриттів є те, що не вдається отримати одночасного підвищення всіх властивостей деталі для всіх режимів експлуатації. Навіть той самий матеріал покриття, але нанесений різними способами, показує різні експлуатаційні властивості. Для усунення цього недоліку розробки покриттів використовують два метода [1]: 1) створення багатошарових покриттів. При цьому кожен шар у багатошаровому покритті виконує власну функцію і забезпечує перехід фізико-механічних властивостей від поверхні покриття до поверхні деталі, що зміцнюється (відновлюється); 2) створення багатокомпонентних шарів змінного складу за товщиною покриття.

Обидва методи значно здорожчують технологію одержання покриття та знижують його якість і надійність. У спробах усунення недоліків цих методів одержання покриттів спостерігаються дві основні тенденції [1]: нанесення багатошарових, багатofункціональних покриттів та розвиток інтегрованих багатоопераційних технологій.

З інтегрованих технологій найбільший ефект щодо несучої здатності забезпечують дуплексні покриття, що поєднують, наприклад, попереднє глибоке іонне азотування (ІА) і зовнішній тонкий шар надтвердого вакуум-плазмового покриття. Ця інтегрована технологія забезпечує 10-кратне підвищення довговічності деталей, які експлуатуються за умов високих контактних тисків [2]. Знаходять застосування інтегровані технології в комбінації лазерного легування та хіміко-термічної обробки (ХТО) [2]. Ця комбінація дозволяє отримувати покриття твердістю до 20 ГПа і призводить до збільшення зносостійкості в 1,5-3 рази в порівнянні з азотованими сталями [2]. Азотований шар, попередньо легований хромом та ванадієм, має твердість 16-18 ГПа. Лазерне легування алюмінієм прискорює дифузію азоту, а твердість сягає 21 ГПа [2]. У порівнянні з

технологіями газового азотування або лазерною обробкою (ЛО), зносостійкість при інтегрованій технології підвищується в 2,5 рази [2]. Попередня ЛО робить істотний внесок у процес подальшого газового азотування [2]. При цьому якісний та кількісний характер змін в азотованому шарі визначається заздалегідь сформованим структурно-фазовим станом. Підвищена розчинність азоту в кристалічній решітці сталі при обробці поверхні лазерним променем, є наслідком утворення високої щільності рухомих дислокацій, а також сильного диспергування вихідної структури зерен. При цьому процес насичення поверхні азотом пришвидшується у 17 разів [2].

Перспективним є поверхове зміцнення (відновлення) комплексними або комбінованими методами нанесення зносостійких покриттів з модифікуванням поверхонь [2]. Комбіноване зміцнення (відновлення деталей) засноване на використанні двох або трьох методів, кожен з яких дозволяє підвищити ту чи іншу їхню експлуатаційну якість. Застосовують комбінації наплавлення та хромування, наплавлення та поверхневого пластичного деформування (ППД), газотермічного напилення (ГТН) з оплавленням [2]. Використовують комбінацію гальванічних покриттів і наступну ХТО [2], двошарове хромове покриття з подальшою механічною обробкою (МО) та зміцненням [2]. Підвищують триботехнічні характеристики композиційних електролітичних покриттів ЛО, ультразвуковою обробкою (УЗО), ІА [2]. При УЗО розмір зерен у покритті залежить від інтенсивності обробки та змінюється від 45 НМ до 24 НМ [2]. Іонне азотування підвищує зносостійкість при абразивному зношуванні за рахунок перетворення електроосадженого хрому на нітрид Cr_2N [2]. Визначено механізм впливу термообробки (ТО) на зміцнення електроосадженого Fe-V-покриття, що забезпечує підвищення зносостійкості [2]. Технологія відновлення зношених деталей електролітичним залізненням з наступною нітроцементациєю забезпечує високі експлуатаційні характеристики - міцність зчеплення, зносостійкість, міцність втоми [2]. Ефективне сульфоціанування електроосадженого Fe-V-покриття забезпечує підвищення зносостійкості та зниження коефіцієнта тертя [2]. Комбінація ЛО з ІА істотно збільшує глибину зміцненої зони і підвищує зносостійкість порівняно з ІА [2]. Електроіскрове легування (ЕІЛ), як і лазерні технології, відноситься до способів, що використовують висококонцентровані енергетичні джерела. Ефективна комбінація ЕІЛ із наступним ІА [2]. Цим суттєво збільшується глибина шарів підвищеної твердості. А ось комбінація ЛО та ЕІЛ забезпечує вкрай незначний ефект [2]. Відзначають суттєве підвищення зносостійкості матеріалів, що модифікуються поєднанням методів іонної, електронно-променевої (ЕЛО) і ЛО [2]. У комбінаціях технологій ЕІЛ, ЛО та ЕЛО з ІА спостерігається ефект неадитивності.

По даним Інституту електрозварювання імені Є.О. Патона комплексні або комбіновані методи нанесення покриттів отримали назву «гібридних процесів зміцнення [1, 2]. В теперішній час в практиці відновлення (зміцнення) найшли застосування слідуючи «гібридні процеси» [1, 2]: ХТО з ППД; ХТО з послідуною електроконтактною обробкою; ГТН з послідуною холодною прокаткою; електромагнітна наплавка з послідуною термомеханічною обробкою (ТМО); ППД з електроімпульсною обробкою; ППД з мікродуговим оксидуванням (МДО); напилення з вібраційною обробкою (ВО); зміцнення гальванічних покриттів ППД; лазерне загартування або легування з ППД; лазерно-ультразвукове легування; УЗО газотермічних покриттів; ЛО плазмових покриттів; ЕПО електролітичних хромових покриттів; лазерне зміцнення іоно-азотованого шару; ХТО лазерно-легованої сталі.

Нині ще розроблено методологію синтезу багатоопераційних технологій. В інтегруванні технологій переважає емпірично-інтуїтивний підхід.

Слід зазначити явище інверсії, коли зміна послідовності операцій зміцнення призводить до результатів, що відрізняються. Оптимальний вибір операцій та його послідовність визначається підвищенням твердості, комплексу механічних властивостей,

зносостійкості. Попередню ХТО доцільно використовувати для підготовки поверхні під ЕІЛ, а фінішне ЕІЛ цементованих та азотованих поверхонь забезпечує додаткове підвищення твердості та зносостійкості [2]. Різна послідовність ЕІЛ та азотування дозволяє керувати розподілом мікротвердості в приповерхневому шарі [2]. Відзначають інверсію у комбінації ЛО та ІА [2]. Лазерна обробка азотованого шару забезпечує збільшення глибини азотованого шару [2]. Дробеструменева обробка азотованого шару підвищує зносостійкість і межу витривалості [2].

У всіх варіантах комбінованих (гібридних) технологій критерієм вибору є порівняння витрат та збільшення комплексу механічних властивостей зміцнених деталей [1].

З різноманітності первинних технологій, наймасовіші технології, що застосовуються в автомобілебудуванні та авторемонті – методи ГТН [2]. Однак плазмове та детонаційне напилення вимагають великих витрат: висока вартість обладнання, застосування дорогих газів, відсутність достатнього науково-технологічного забезпечення та кваліфікованих кадрів. Електродугове напилення (ЕДН) відрізняється простотою, дешевизною та високою продуктивністю [2, 3]. У зв'язку з цим ЕДН використовується для підвищення ресурсу деталей АВТ з метою забезпечення авторемонтних підприємств змінно-запасними є актуальним.

ЕДН застосовується для відновлення зношених чавунних, високовуглецевих та високолегованих сталевих деталей циліндричної форми зі зношеними посадковими місцями та деталей плоскої форми з кольорових металів, що працюють в умовах тертя ковзання та мастила, захисту від корозії шляхом напилення алюмінієм та цинком [1-3]. ЕДН відновлюють опорні шийки розподільних та колінчастих валів двигунів внутрішнього згоряння [2, 3].

Високі властивості покриттів при ЕДН досягаються застосуванням композиційних порошкових дротів (ПД) [3]. Захист від окислення та високі властивості покриттів досягаються за рахунок взаємодії компонентів порошкової шихти між собою, при цьому відбуваються процеси відновлення оксидів та легування сталеві основи деталей. При ЕДН технологічно можливе застосування будь-якої марки дроту для різних цілей. Однак найбільше застосування знаходять композиційні ПД, оболонка яких виготовлена зі сталей Св08, Св08Г2С, 30ХГСА, Сталь 70, У8, У10, 20Х13, 40Х13, 65Г, а наповнювач - феросплави, карбіди, карбобриди [3]. Покриття, отримані напиленням ПД, мають велику твердість і зносостійкість. Практика застосування композиційних ПД при ЕДН показує, що експлуатаційні властивості покриттів із них вищі, ніж із гомогених. Переваги ПД обумовлюються не тільки гетерогенною структурою покриття після напилення, але й активною взаємодією компонентів порошкової шихти один з одним при напиленні та з поверхнею деталі.

Головні недоліки напилених покриттів – низька міцність зчеплення та висока пористість [2]. Поліпшують ці властивості ЛО, електронно-променевим зміцненням, оплавленням і ХТО [2].

Найбільш численні дослідження лазерного зміцнення покриттів [2]. Лазерне оплавлення напилених покриттів збільшує мікротвердість у 2 рази, зносостійкість у 1,3-1,8 рази. Оплавлення напилених покриттів здійснюють струмами високої частоти, високошвидкісним імпульсно-плазмовим струменем [2]. Істотний ефект підвищення мікротвердості та зносостійкості забезпечує ЕПО напилених покриттів [2]. Аналіз структури показав, що мікротвердість покриттів збільшується в п'ятеро. Межа витривалості підвищується на 60-80%, а міцність зчеплення – у 2,5...3,5 разів після ЕПО [2].

Для підвищення триботехнічних характеристик напилених покриттів використовують УЗО, зокрема одночасно з плазмовим напиленням [2]. Ефективне застосування ХТО після напилення. Після борування зносостійкість напилених покриттів із сталі Св-08 при сухому терті підвищилася вдесятеро. Підвищилася також адгезійна міцність напилених покриттів.

Іонне азотування напилених із сталей 40X13 та X18H10T покриттів забезпечувало їхню мікротвердість від 6,5 до 15 ГПа. У цьому зносостійкість збільшилася 8 разів [2].

В умовах дефіциту дорогих легуючих матеріалів, що входять до складу сталей, що вимагають високого комплексу властивостей міцності, перспективними для ЕДН є маловуглецеві низьколеговані сталі. При ЕДН відбувається вигорання вуглецю та зниження твердості та зносостійкості покриттів. З метою використання при ЕДН дешевих сталей, але при цьому отримувати покриття з високою твердістю, була запропонована гібридна (комбінована) технологія ЕДН з наступним ІА (рис. 1).

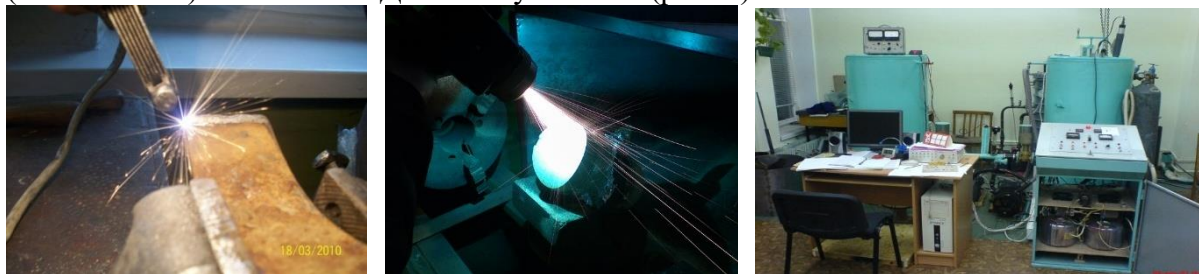


Рисунок 1 – Приклад інтегрованої технології (ЕІЛ+ЕДН+ТЦ ІА) нанесення покриттів: а) ЕІЛ; б) ЕДН; в) ТЦ ІА

При відновленні (зміцненні) поверхонь деталей ЕДН необхідна попередня обробка поверхні, що напилюється, для забезпечення надійного контакту розпилюваного матеріалу і основного металу шляхом активації поверхневого шару основи і видалення забруднень. Попередня обробка поверхні основного металу виконується різноманітними технологічними методами. На першій стадії підготовки поверхні проводиться знежирення видалення різних забруднень. Далі слідує МО поверхні. Серед усіх методів найбільш продуктивними є обробка дробом, обдування піском, нарізування рваного різьблення, нанесення різної форми насічок (табл. 1).

Таблиця 1 – Вплив способу підготовки поверхні при ЕДН на міцність зчеплення та ефективний коефіцієнт концентрації напружень

Спосіб підготовки	Міцність зчеплення з основою, МПа	Ефективний коефіцієнт концентрації напружень
Обробка дробом	22	0,78
Обдування піском	20	0,91
Нарізування різьблення	23	1,3
Нанесення насічок	22	1,29
Електроіскрова	23	1,08

Під час розробки гібридної технології доцільно перед напиленням здійснювати попередню обробку поверхні ЕІЛ (рис. 1, а). Процес зміцнення (відновлення) деталей АВТ гібридною (комбінованою) технологією ЕІЛ+ЕДН+ІА представлений рисунку 1.

Висновки. Як показує вітчизняний та зарубіжний досвід, відновлення-зміцнення деталей АВТ найефективніше шляхом нанесення на робочі поверхні захисних покриттів за допомогою гібридних (комбінованих) технологій. Створення технологічних процесів із застосуванням комбінованих (гібридних) технологій є досить актуальним завданням та може зробити автомобілебудування та авторемонтне виробництво рентабельним.

Запропоновано для реновації та підвищення ресурсу деталей АВТ використовувати вперше розроблену гібридну (комбіновану) технологію ЕДН у комбінації з ЕІЛ та ІА. Гібридна технологія ЕІЛ+ЕДН+ІА має ряд переваг: підвищуються фізико-механічні властивості покриття, зокрема, міцність зчеплення, щільність, твердість та зносостійкість.

Електроіскрове легування виконує функцію попередньої обробки поверхонь перед напиленням і підвищує міцність зчеплення покриттів, що напилюються. Операцію ІА напиленого покриття можна поєднати з фінішною обробкою до необхідної твердості і чистоти поверхні деталі, що зміцнюється (відновлюється); знижується вартість зміцнення (відновлення) деталей за рахунок зниження вартості покриттів шляхом заміни дорогих порошкових дротів на дешевші низьколеговані вуглецеві сталеві драти.

Список використаних джерел

1. Покрyтия и их использование в технике // В кн. «Прочность материалов и конструкций», п/ред. В.Т. Трощенко – 2-е изд. – К.: Академперіодика, 2006. –С.981-1074.
2. Ляшенко Б.А., Лопата Л.А., Соловых Е.К., Соловых А.Е., Ворона А.В., Повышение долговечности быстроизнашиваемых деталей рабочих органов сельскохозяйственной техники интегрированными технологиями упрочняющих защитных покрытий. Констрування, виробництво та експлуатація сільськогосподарські машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип.41, часть 2, Кіровоград, 2011, С.73-79.
3. Похмурська Г.В., Довгунік В.М., Студент М.М. Зносостійкість лазерно модифікованих електродугових поривів з порошкового дроту ФМІ-2. ФХММ. 2003. 39, №4. С.61-64.

УДК: 656.07

БЕЗПЕКА ТРАНСПОРТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

М.М. Мороз, ст. гр. ТТ-22-1,

Д.В. Молоштан, доц., канд. техн. наук

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

Транспорт є основою економічного розвитку держави, проте його функціонування пов'язане з численними ризиками для життя і здоров'я людей, збереження вантажів та навколишнього середовища. Проблема безпеки транспортної діяльності актуальна для України з огляду на:

- високий рівень аварійності на дорогах;
- загрози терористичного та військового характеру;
- недосконалість інфраструктури;
- відтік кваліфікованих кадрів.

Тому безпеку можна визначити як стан транспортної системи, при якому ризики виникнення ДТП, аварій, надзвичайних ситуацій зведені до прийнятного рівня. Рівень безпеки пропонується оцінювати за формулою:

$$B = \frac{N_b}{N_{\Sigma}}, \quad (1)$$

де B – коефіцієнт безпеки; N_b, N_{Σ} – кількість безпечних та загальна кількість рейсів.

Фактори ризику, що можуть призвести до ДТП, можна класифікувати за п'ятьма групами та надати кожній з них наступні характеристики:

1. Технічні – зношеність транспортних засобів, недостатнє технічне обслуговування.
2. Людський фактор – порушення правил водіяма, перевтома, низька кваліфікація.
3. Інфраструктурні – стан доріг, залізничних колій, аеродромів.
4. Організаційні – недосконалість систем управління рухом.
5. Зовнішні – військові ризики, терористичні загрози, природні катастрофи.

Враховуючи закордонний досвід, отриманий спеціальним програмним забезпеченням (ЄС – програми Vision Zero, що передбачають нульову толерантність до смертельних ДТП; США – Федеральна адміністрація безпеки автомобільного транспорту (FMCSA) впроваджує цифровий контроль режимів праці водіїв; Японія – використання автоматизованих систем запобігання зіткнень та «розумних доріг»), пропонується наступні практичні заходи забезпечення безпеки:

- Впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS) для моніторингу руху.
- Використання GPS-трекінгу та датчиків технічного стану.
- Підвищення кваліфікації персоналу, регулярні курси для водіїв.
- Створення автоматизованих центрів диспетчеризації.

Висновки. Безпека транспортної діяльності є багатофакторною проблемою, що потребує комплексного підходу. В Україні необхідне вдосконалення нормативної бази, інвестиції в інфраструктуру та розвиток інтелектуальних систем управління.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про транспорт» від 10.11.1994 №232/94-ВР.
2. Мороз М.М. Розробка заходів удосконалення маршрутної мережі громадського транспорту м. Кременчук на основі розподілу пасажиропотоку гравітаційним методом // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: науковий журнал. –2015. – № 2 (219). – С. 44–49.

3. Moroz, M., Korol, S., Yelistratov, V., Moroz, O., Korol, K., Zahorianskyi, V. (2020) Device for Stabilizing the Electrical Power of a Diesel Generator in Transport / Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Problems of Automated Electric Drive. Theory and Practice, PAEP 2020, DOI: 10.1109/PAEP49887.2020.9240910.
4. Vasytkovska, K., Vasytkovskyi, O., Leshchenko, S., Sviren, M., Moroz, M. (2020) Identification of parameters of pneumatic mechanical seeding device under the influence of vacuum / Bulgarian Journal of Agricultural Science, 26 (5), pp. 1091-1094.
5. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Король С.О., Хорольський В.Л., Кузев І.О. Моделювання складу групи вантажних автомобілів для оптимального обслуговування свиного комплексу / Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of machine and equipment reliability, 2020. – p. 241-242.
6. OECD/ITF. Transport Safety Performance Indicators. Paris: OECD Publishing, 2021.
7. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / Вісник КДПУ. – Кременчук. – 2009. – Вип. 5. – С. 58-60.
8. Балкунов М.В., Мороз М.М. Створення нормативно-правових основ експедиторської діяльності / Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 17 – 19 листопада 2022 р. "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту". – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 68 – 73.
9. Гайкова Т. В., Мороз М. М., Загорянський В. Г., Буренніков Ю. Ю. Проектний аналіз цифрових технологій в управлінні ланцюгом постачань / Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 17-22. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-17-22>.
10. Moroz O., Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Vasytkovska K. Digital Marketing Communications Transformation in Wartime / 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES). – pp. 1-6. DOI: 10.1109/MEES61502.2023.10402369
11. Rodrigue J.-P. The Geography of Transport Systems. Routledge, 2020.
12. Zahorianskyi V., Moroz M., Kovtsur K. Ergonomic and logistic ensuring the requirements for the comfort during the organization of passenger transportation in a small-capacity bus / (2024) Транспортні системи та технології перевезень, Вип. № 28. С. 60–64. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/311997>
13. Moroz M.M., Khorolskyi V.L., Moroz O.V., Herasymchuk V.V., Vasytkovska K.V. Organization and provision of buses operation on the route taking into account the expenditures of participants of the transportation process / (2018) International Journal of Engineering and Technology (IAE). – 7 (4.3). – pp. 206-210.
14. Мороз М. М., Гайкова Т. В., Солошич І. О. Оптимізація режимів взаємодії магістрального та міського пасажирського транспорту м. Кременчук / (2024) Збірник наукових праць «Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки», Вип. № 9 (40). – С. 197-204. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.197-204](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.197-204)
15. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Король С.О. Оптимізація вантажних робіт і розміщення тарно-штучних вантажів в транспортних засобах і складах із застосуванням методів ергономіки і теорії систем / (2024) Транспортні системи та технології перевезень, Вип. № 28. С. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/311996>
16. Огар О. М., Мороз М. М., Круглова Н. С., Чорний О. С. Перспективи застосування елементів штучного інтелекту в системах автоматизованого проектування залізничних станцій та вузлів. Інтелектуальні транспортні технології : тези доповідей 3-ї міжнар. наук.-техн. конф. (22-23 листопада 2022 р.). – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – С. 169–170.
17. Vision Zero. European Transport Safety Council, 2022.
18. Moroz, O.V. and Moroz, M.M., 2014. Specific features of city public transport financing (Kremenchuk case study). Actual Problems of Economics, 160(1), pp. 239–246.
19. Левковець П.Р., Мороз М.М., Бубела А.В., Лабута А.В. Системні аспекти вдосконалення логістичного сервісу. Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – 2014. – №5. – С. 108–111.
20. Мороз Н.Н. Проблемы пассажирского транспорта общего пользования г. Кременчуг // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 44. – С. 103–108.
21. Zahorianskyi V., Zahorianska O., Moroz M. and Moroz O. Development of a Model for Minimizing the Energy Costs of the Transport and Technological Complex, 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022, pp. 1-5.
22. Колій О.С., Мороз М.М. Оцінка сценаріїв дорожнього руху в Bad Hessfeld на основі моделі PTV VISSIM. Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Сталий розвиток транспортних систем: наука і практика: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., 25–26 листоп. 2024 р. Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків, 2024. – С. 296–299.
23. FMCSA Safety Regulations. Washington: U.S. Department of Transportation, 2023.

УДК 621.793.7

АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ РОЗТИСКНИХ КУЛАКІВ ГАЛЬМІВНИХ МЕХАНІЗМІВ АВТОМОБІЛІВ

В.О. Овчинников, ст. гр. АТ 24М,

Р.А. Осін, доц., канд. техн. наук

М.В. Красота, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

В процесі експлуатації на деталь діє комплекс сил, в зв'язку з чим вона зношується. При цьому різні деталі, як і різні конструктивні елементи деталей зношуються по-різному. Характер, вид і величина зношування залежить від конструктивних особливостей деталей, які виконують в механізмах функції, пов'язаних з цими величинами і направленими на сприйняття навантажень або їх комплексів, діючих як на деталь в цілому, так і на окремі конструктивні елементи. До перерахованих факторів приєднується дія абразивних частинок, вологості та перепадів температур, що зменшує довговічність експлуатації деталей.

Деталь «Розтискний кулак» (рис. 1) відноситься до класу валів. Деталь характеризується наявністю профільної робочої поверхні, поверхонь під підшипники ковзання та шліцьової поверхні, через яку здійснюється передача обертального моменту від гальмових камер.

Умови роботи розтискного кулака гальмівного механізму характеризуються сприйняттям значних навантажень, які виникають при передачі обертальних моментів, а також діють з боку підшипників, в місцях де на вал діють реакції опор [1, 2]. Під дією зазначених навантажень деталь зазнає деформацій кручення і згину.



Рисунок 1 - Розтискний кулак

Шліцьові з'єднання є нерухомими, а підшипникові вузли та робоча поверхня характеризується невеликими відносними переміщеннями, що виконуються при невеликих швидкостях.

Температурний режим змінюється лише для сполучення вал – підшипник, в наслідок нагрівання підшипників під час їх роботи.

В шліцьових з'єднаннях присутнє мастило в наслідок наявності зазорів, в сполученні вал – підшипник мастило буде присутнє в незначній кількості, в наслідок нещільності облягання поверхонь.

Для розтискного кулака характерні умови роботи із сприйняттям великих навантажень. Поверхні розтискного кулака, що контактують з опорними втулками, мають циліндричну форму, в наслідок чого зменшується питоме навантаження. Поверхні кулака відносно втулок і відносно торців гальмівних колодок в процесі роботи здійснюють переміщення, що підвищує інтенсивність спрацювання поверхні. Отже, переважними видами зносу для поверхонь розтискного кулака будуть процеси механічного та абразивного зношення.

Під дією високих динамічних знакозмінних навантажень в конструкціях, а також в результаті виникнення втомлювальних явищ в металі на поверхнях деталей виникають мікротріщини (особливо небезпечні поперечні тріщини, збільшення яких нерідко приводить до зламу деталі). Це стосується насамперед зубчатих поверхонь, в результаті чого відбувається викришування поверхонь і навіть поломка зубців шліцьових з'єднань.

Радіальна складова виявляється в основному в комплексі сил, які діють на піввісь при передачі крутного моменту, тому основні навантаження приходяться на бокові поверхні шліців, що приводить до зняття бокових поверхонь шліців, збільшенню зазору в шліцьових з'єднаннях, виявленню ударних навантажень при зміні швидкостей, що збільшує та прискорює процес зношення спряження, а при досягненні критичної величини зношування приблизно 0,3 мм та зношування зубців на кінці 0,07 мм на довжині 100 мм деталі підлягають відновленню.

Зминання, забоїни викришування та зрив шліців є результатом дії високих контактних навантажень а також явищ втомлення в з'єднаннях [3, 4].

Зношування опорних поверхонь валу кулака під підшипник є результатом дії високих контактних навантажень при малих коливальних переміщеннях по класифікації видів зношування, що визначається як фретинг-корозія. В результаті вказаних причин зменшуються діаметри шийок валу та змінюючих геометричні форми при зношуванні на величину 0,02...0,05 мм поверхні деталей спряжених з підшипниками, підлягають відновленню [5, 6].

Слід відмітити, що вказані причини зношування є ведучими, однак при експлуатації на поверхні деталей діє комплекс навантажень та зовнішніх факторів, які посилюють та прискорюють процеси час виходу деталей з ладу.

З вище наведеної характеристики умов роботи переважним видом зносу валів в місцях з'єднань вал – підшипник, шліцьовий вал – підшипник буде абразивне зношування внаслідок потрапляння часток абразиву та продуктів зношування на поверхню робочі поверхні кулака.

Список використаних джерел

1. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – К.: Знання, 2003. – 511 с.
2. Чабанний В.Я. Практикум з експлуатації вантажних автомобілів. Навчальний посібник Уклад.: Чабанний В.Я., Магопєць С.О., Мажейка О.Й. та ін. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2011. – 456 с.
3. Канарчук В.С., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Підручник. - К.: Вища шк., 1994. - (у 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. - 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління. - 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. - 599 с.
4. Клімов С. В. Експлуатація і обслуговування машин : навч. посіб. / С. В. Клімов. – Рівне : НУВГП, 2010. – 218 с. / [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/5573>.
5. Закалов О. В. Основи тертя і зношування в машинах: Навчальний посібник / О. В. Закалов, І. О. Закалов. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 322 с. 20. Кіндрачук М. В. Трибологія: підручник / Кіндрачук М. В., Лабунець В. Ф., Пашечко М. І., Корбут Є. В. // МОН. – Київ: НАУ-друк, 2009. – 392 с.
6. Лисенко В. Ф. Матеріалознавство [Текст] : навч. посіб. : навч.-метод. комплекс для студентів ден. і заоч. форм навчання / Кіровогр. нац. техн. ун-т, Каф. матеріалознавства та ливар. вир-ва ; [уклад.: Галико А. В. та ін.]. - Кіровоград : Лисенко В. Ф. [вид.], 2015. - 167 с

УДК 656.078:004.8

ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ

М.М. Мороз, *ст. гр. ТТ-22-1,*
Д.В. Молоштан, *доц., канд. техн. наук*
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

В умовах глобалізації економіки та постійного зростання обсягів перевезень, транспортний процес стикається з низкою критичних викликів: необхідність підвищення ефективності, безпеки, мінімізації екологічного впливу та забезпечення швидкої адаптації до динамічних умов (затори, погодні умови, зміни попиту). Впровадження штучного інтелекту (ШІ) дозволяє перейти від реактивного управління до проактивного та автономного. Сучасна транспортна система функціонує в умовах зростаючої складності пасажирських і вантажних потоків. Традиційні методи управління вже не забезпечують необхідного рівня ефективності, тому все більшого значення набуває застосування ШІ. Використання алгоритмів машинного навчання, нейронних мереж та інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень дозволяє вирішувати завдання прогнозування, оптимізації та адаптивного управління. Організацію транспортного процесу можна описати через мінімізацію сумарних приведених витрат:

$$Z = Z_{\text{експл}} + Z_{\text{час}}, \quad (1)$$

де $Z_{\text{експл}}$ – експлуатаційні витрати перевізника; $Z_{\text{час}}$ – витрати часу пасажирів або клієнтів, перераховані у вартісну форму.

ШІ дозволяє знайти оптимальний розподіл транспортних засобів на маршрутах через адаптивні алгоритми:

$$\min_{x_i} F(x) = \sum_{i=1}^n (C_i(x_i) + \alpha T_i(x_i)), \quad (2)$$

де x_i – кількість транспортних засобів на маршруті i , $C_i(x_i)$ – витрати перевізника, $T_i(x_i)$ – середній час очікування пасажирів, α – вартісний коефіцієнт часу.

Задача вирішується методами градієнтної оптимізації, генетичних алгоритмів чи нейронних мереж.

Із закордонного досвіду практичне застосування ШІ включає:

1. Прогнозування попиту (Варшава, Барселона) – зменшення кількості порожніх рейсів на 12–18 %.
2. Оптимізацію маршрутів (Сінгапур, Smart Mobility 2030):

$$T_{\text{об}} = \frac{L}{V_{\text{сер}}} + t_{\text{noc}}, \quad (3)$$

де L – довжина маршруту, $V_{\text{сер}}$ – середня швидкість руху, t_{noc} – час простою на зупинках.

Оптимізація $T_{\text{об}}$ дозволяє визначати необхідну кількість автобусів:

$$N = \frac{Qt_{\text{оч}}}{PT_{\text{об}}}, \quad (4)$$

де Q – добовий пасажиропотік, $t_{\text{оч}}$ – допустимий час очікування, P – місткість транспортного засобу.

3. Інтелектуальні системи управління рухом (Лондон, SCOOT) – зниження затримок на 15 %.

4. Забезпечення безпеки (Німеччина) – відеоаналітика попередження небезпечних ситуацій.

Висновок. Застосування ШІ у транспорті забезпечує зниження витрат, підвищення ефективності, безпеки та якості обслуговування, формуючи концепцію «розумної мобільності».

Список використаних джерел

1. Moroz M. M., Khorolskyi V. L., Moroz O. V., Herasymchuk V. V., Vasytkovska K. V. Organization and provision of buses operation on the route taking into account the expenditures of participants of the transportation process. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. 2018. Vol. 7 (4.3). P. 206-210.
2. Мороз М.М., Гайкова Т.В. Оптимізація режимів взаємодії магістрального та міського пасажирського транспорту м. Кременчук. *Центральноукраїнський науковий вісник*. 2024. Вип. 9(40). С. 197-204.
3. European Commission. *Artificial Intelligence for Europe*. Brussels, 2018.
4. Левковець П.Р., Мороз М.М., Мороз О.В. Удосконалення перевезень пасажирів м. Кременчук // *Управління проектами, системний аналіз і логістика: науковий журнал*. – Вип. 7. – К.: НТУ, 2010. – С. 304–308.
5. Мороз М.М. Шляхи вдосконалення пасажирських перевезень транспортом загального користування // *Збірник наукових праць Кіровоградського національного університету*. – 2015. – Вип. 28. – С. 57-63.
6. Мороз М.М. Розробка заходів удосконалення маршрутної мережі громадського транспорту м. Кременчук на основі розподілу пасажиропотоку гравітаційним методом // *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: науковий журнал*. – 2015. – № 2 (219). – С. 44–49.
7. Zhang D., He T., Zhao F., Cao J. Context-aware real-time urban traffic control using cloud-based big data analytics. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2019. Vol. 20(5). P. 1497–1507.
8. Мороз М.М., Король С.О., Мороз О.В., Марченко Д.М., Єпіфанова О.В. Соціально-економічне забезпечення пасажирського транспорту загального користування. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. Вип. 1 (242) *Северодонецьк* 2018 – С.100-105.
9. Vasytkovska, K., Vasytkovskyi, O., Leshchenko, S., Sviren, M., Moroz, M. (2020) Identification of parameters of pneumatic dmechanical seeding device under the in fluence of vacuum / *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26 (5), pp. 1091-1094.
10. Moroz, M., Markevich A., Moroz O., Vasytkovskyi O. Results of Social-Transport Monitoring of Passenger Transportation Kremenchuk City / *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, 2019, Col.2(33) 76-90.
11. Singapore Land Transport Authority. *Smart Mobility 2030: Intelligent Transport Systems Master Plan*. Singapore, 2014.
12. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Король С.О., Хорольський В.Л., Кузев І.О. Моделювання складу групи вантажних автомобілів для оптимального обслуговування свиногомплексу / *Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of machine and equipment reliability*, 2020. – p. 241-242.
13. Мороз М. М., Труніна І. М., Мороз О. В. Оптимізація логістичної діяльності переробного підприємства / *Науковий вісник Одеського національного економічного університету*. - Збірник наукових праць №3-4 (280-281), 2021. – С. 63-69.
14. Левковець П.Р., Мороз М.М., Кобилецький Р.В. Удосконалення логістичного управління перевезень пасажирів / *Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського [Електронний ресурс]*.– Випуск 6/2007 (47). – Частина 1. – С. 113-115.
15. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / *Вісник КДПУ*.– Кременчук. – 2009.–Вип. 5. – С. 58-60.
16. *Transport for London. SCOOT Adaptive Traffic Control System*. London, 2020.
17. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Чаплінський В.С. Впровадження інформаційних технологій в організацію міських перевезень / *Вісник КДПУ*. – 2008. – Випуск 1. – С. 48.
18. Гайкова Т. В., Мороз М. М., Загорянський В. Г., Буренніков Ю. Ю. Проектний аналіз цифрових технологій в управлінні ланцюгом постачань / *Вісник машинобудування та транспорту* ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 17-22. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-17-22>.
19. Мороз М. М., Загорянський В. Г., Гайкова Т. В., Солошич І. О., Загорянський О. В. Удосконалення взаємодії видів вантажного транспорту на кременчуцькому терміналі «Нібулон» при перевальці зернових вантажів / (2024) *Транспортні системи та технології перевезень*, Вип. № 27. С. 4–10. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/307333>
20. Papadimitratos P., La Fortelle A., Evenssen K., Brignolo R., Cosenza S. Vehicular communication systems: Enabling technologies, applications, and future outlook on intelligent transportation. *IEEE Communications Magazine*. 2009. Vol. 47(11). P. 84–95.
21. Огар О. М., Мороз М. М., Круглова Н. С., Чорний О. С. Перспективи застосування елементів штучного інтелекту в системах автоматизованого проектування залізничних станцій та вузлів. *Інтелектуальні транспортні технології : тези доповідей 3-ї міжнар. наук.-техн. конф. (22-23 листопада 2022 р.)*. – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – С. 169–170.

УДК 621 891

ОСНОВНІ ВИДИ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

О.В. Лопата¹, доктор філософії, ст. наук. співроб.,
Л.А. Лопата¹, доц., канд. техн. наук,
А.Є. Солових², доц., канд. техн. наук,
С.Є. Катеринич², доц., канд. техн. наук,

¹Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України, Київ

²Центральноукраїнський національний технічний університет, Кропивницький

Загальна постановка проблеми та її зв'язок з практичними завданнями. Одною з основних проблем, визначаючих напрявлення і темпи розвитку автомобільного транспорту є підвищення надійності і довговічності вузлів тертя. В комплексі заходів, направлених на вирішення цієї проблеми, важливе значення займає питання забезпечення працездатності деталей вузлів тертя двигунів автомобільного транспорту, які працюють в умовах впливу зовнішніх чинників, таких як швидкість відносного переміщення, питомого навантаження, середовища та ступені його агресивності, температурних режимів трибосистеми, а також від хімічного складу і фізико-механічних властивостей матеріалів вузлів тертя.

Автомобільний транспорт (АВТ) потребує забезпечення працездатності вузлів тертя не тільки у широкому діапазоні дії зовнішніх чинників, а і при постійно підростаючих вимогах зниження працездатності виготовлення та матеріалоємності виробів і екологічності експлуатації АВТ. У зв'язку з цим аналіз причин і характеру пошкодження деталей, встановлення основного виду зношування та його інтенсивності є актуальним, так як від нього залежить визначення шляхів, що забезпечують працездатність деталей вузлів тертя.

Огляд публікацій та аналіз невирішених проблем. Аналіз статистичних даних дефектів АВТ показав [1], що 80...90 % деталей ушкоджуються через їх контактну взаємодію під час експлуатації, 30...40 % передумов дострокового знімання виробів з експлуатації обумовлено недостатньою міцністю поверхні деталей, низькою їх зносостійкістю, 60...70 % контактних ушкоджень та зносу деталей вузлів тертя спричинено недосконалістю технологій обробки їх робочих поверхонь.

Згідно досліджень [2-4], проведених нами при дефектації деталей АВТ встановлено, що найбільша кількість їх бракується з причин підвищеного зносу, втомного руйнування та інтенсивної корозії. Особливо це стосується деталей вузлів тертя, які працюють в умовах найбільш поширених видів зношування, а саме: абразивного, ерозійного, газо- та гідроатразивного і корозійно-механічного зношування, кавітації, фретинг-корозії, схоплювання та ін.

Аналіз літературних джерел [2-8], присвячених проблемі надійності і довговічності деталей вузлів тертя та їх працездатності і діагностики, показав, що провідними питаннями в ній є вивчення процесів, які розвиваються на поверхнях тертя, розкриття їх механізму зношування і розробка шляхів керування цими процесами. Великий внесок у вирішення цієї проблеми внесли фундаментальні дослідження вітчизняних та зарубіжних вчених –

Б.І. Костецького [5, 6], І.В. Крагельського [7], М.Л. Голега [8], В.П. Бабака [9].

Для проведення заходів з підвищення надійності і довговічності деталей вузлів тертя АТ необхідно встановити механізм і характер їх зношування.

Мета роботи – провести системний аналіз дефектів деталей вузлів тертя АВТ і класифікувати їх відповідно до основних видів зношування.

Матеріали і методи досліджень. Деталі вузлів тертя АВТ виготовлені в основному із легованих сталей і сплавів на основі нікелю, алюмінію, титану та полімерних і композиційних матеріалів. Дефектацію цих деталей проводили методами неруйнівного контролю, а саме: акустичним, магнітним, індукційним і рентгенографічним. Макрографічні дослідження здійснювали на мікроскопі МБС-2 при збільшеннях 20..80, а електроннографічні – за допомогою електронного растрового мікроскопу CAMSKAN-4DV.

Зміст і результати досліджень. При дефектації пошкоджених деталей їх класифікували за наступними позначками:

- генетичними (механічні, термічні, радіаційні та ін.);
- морфологічними (внутрішні, зовнішні);
- структурні (включення, пори, тріщини та ін.)

В залежності від розміщення, природи та походження дефекти деталей поділяли на три основні групи:

- 1) місцеві (пори, ритвини, тріщини, флокени, забоїни та ін.)
- 2) розміщені в зонах ліквіації, гартування, корозійних пошкоджень;
- 3) розміщених по всьому об'єму деталі (невідповідність хімічного складу, знос в результаті тертя, суцільна корозія та ін.).

Залежно від можливості виявлення дефекти підрозділяли на явні і приховані. Явні поверхневі дефекти виявляли візуально, а приховані (внутрішні) і поверхневі, що неможливо було виявити неозброєним оком – неруйнівними методами контролю. Виявлені дефекти залежно від можливого впливу їх на службові властивості деталі класифікували на критичні, значні і малозначні. Критичними є дефекти, за наявності яких використання деталей за призначенням неможливе або виключається внаслідок невідповідності вимогам безпеки або надійності. Значними є дефекти, які істотно впливають на використання деталі для подальшої експлуатації за призначенням або на її довговічність, але вони не є критичними. До малозначних дефектів відносяться дефекти, які істотно не впливають на надійність і довговічність вимогам виробу.

Домінуючим процесом для деталей, які працюють в умовах повторно-змінних навантажень є втомне руйнування. Зовнішнім проявом втоми є поява і розповсюдження при кількарізних навантаженнях характерного виду тріщин, які виникають при напруженнях, значно нижчих за межу міцності. Втомні тріщини утворюються в більшості випадків на поверхні виробу і в місцях конструктивних напружень (галтелі, отвори, шпоночці канавки та ін.), а також в результат неякісної технологічної обробки, яка визиває появу тріщин, подертих місць, нерівномірність наклепаного шару, шліфувальних опіків, залишкових напружень розтягу та ін., або на поверхні тертя з пошкодженнями (риски, виривів, підрізів, схоплення та ін.). Втомні тріщини приводять до руйнування деталей. Втомне руйнування характерно для валів, штоків, гільз циліндрів, осей, підшипників кочення та інших деталей вузлів тертя, які тривалий час сприймають змінні контрактні навантаження. Втомне руйнування робочих поверхонь відрізняється від корозійного руйнування, абразивного зношування твердих тіл, пластичних формозмін (зім'ятини) поверхні і від втомного ультра

місцевого руйнування в крайньому поверхневому шарі, але нерідко взаємодіє із цими видами руйнування [10-12].

Недопустимим видом поверхневого руйнування деталей АВТ є корозія (рис. 1), яка спостерігається в місцях статичної взаємодії матеріалу деталі з рідким або газоподібним середовищем. Головною причиною, яка визиває корозію, є термодинамічний нестійкий металічний стан. При цьому корозійні реакції супроводжуються зменшенням величини термодинамічного потенціалу, що є енергетично вигідним. Чинники, які впливають на корозійні процеси обумовлюють різноманітні форми проявлення корозії. Корозійному руйнуванню підлягають деталі двигунів АВТ (осі, пальці, роликові підшипники та ін.), які працюють в умовах тертя ковзання з повернево-поступовим рухом.



Рис. 1 - Корозія вісі

Одним із катастрофічних видів зношування є абразивне. Цьому виду зношування підлягають поверхні циліндрів, зовнішні поверхні штоків, манжети ульщілювачів, болтові сполучення в шарнірах та ін. Згідно дослідженню [13] у разі абразивного зношування руйнується тільки частина контактів, при цьому інші зони контакту і нижче розташовані шари піддаються змінам, пов'язаним з нагромадженням ушкоджень. Зміни під поверхневим шаром відбуваються й у результаті механічної обробки поверхонь тертя. Навіть в умовах сталого режиму тертя можлива одночасна реалізація механізмів зношування, що в свою чергу, впливає на надійність і ресурс деталей вузлів тертя АВТ. Із деталей двигунів найбільшому зносу під ударною дією абразивних частинок знаходяться деталі компресора [13]. Характерний вид руйнування поверхні в результаті взаємодії з твердими абразивними частинками представлений на рис.2.

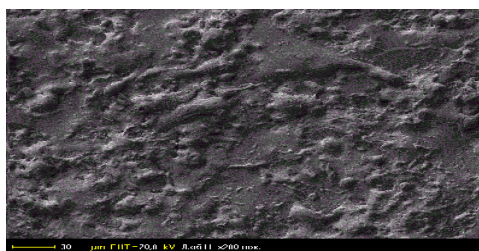


Рисунок –2 Характерний вид руйнування поверхні в результаті взаємодії з твердими абразивними частинками

Значно зменшує ресурс роботи двигунів АВТ ерозійне зношування їх деталей. Ерозія - результат динамічного впливу на матеріал деталей твердих і рідких частинок, газових потоків. Газоабразивному зношуванню, як різновиду ерозії, підпадають деталі вхідних пристроїв двигунів та ін. В результаті дії високошвидкісного потоку газів в поверхневих

шарах матеріалу деталей розвиваються різноманітні розміщуючі процеси: окислення, термічний розклад, розм'якшення та ін. Продукти цих процесів відносяться газовим потоком і спонукають руйнування поверхонь деталей АВТ.

Корозійно-механічна дія газового потоку на деталі двигунів АВТ характеризується значною неоднорідністю температурного поля, напруг і деформацій, багаторазовим навантаженням та інтенсивністю хімічних реакцій. Високий вміст вуглецю в паливах підсилює руйнівну дію газового потоку деталей, що призводить до прискорення процесів корозії. Ерозійне зношування деталей двигунів АВТ відбувається в результаті того, що їх поверхня нагрівається до високих температур. При цьому інтенсифікуються процеси окиснення поверхневого шару, що призводить до руйнування деталей двигунів АВТ.

В підшипниках, зубчатих передачах пар тертя виникають процеси втомного зношення поверхні тертя або окремих її ділянок в результаті багаторазового повторного мікропластичного деформування об'ємів матеріалу, який призводить до виникнення мікротріщин і відділення частинок металу. Саме це стосується деталей вузлів тертя, які працюють в умовах несталих режимів, характерних для підшипників кочення. Великі питомі динамічні навантаження сумісно з високими перепадами температур, які виникають при гальмуванні, є основними складовими зовнішніх чинників, які впливають на працездатність підшипників і призводять до втомного руйнування (рис. 3).



Рисунок – 3 Руйнування роликового підшипника

У випадках перегріву мастило втрачає густину і при високих швидкостях обертання витікає, що обумовлює руйнування його робочих поверхонь. Розвиток тріщини на поверхні обойми роликового підшипника представлено на рис. 4.

Процеси втомного зношування можуть супроводжуватись абразивним зношуванням у тих випадках, коли в підшипник потрапляє пісок чи інші тверді абразивні частинки. Аналіз дефектних деталей засвідчив, що мікротріщини при втомному зношенні виникають не тільки на поверхні, а і підповерхневому шарі. Основним джерелом зародження поверхневих і підповерхневих тріщин є змінні поля напружень, що виникають в зоні контакту в процесі тертя. Як було встановлено Герцом для статичного пружного контакту, максимальні напруження стиску виникають на поверхні, а максимальні дотичні напруження знаходяться на деякій глибині від неї.

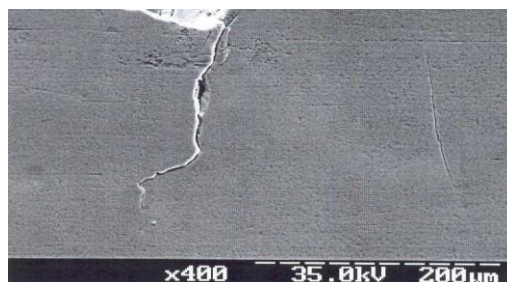


Рисунок 4 – Розвиток тріщини на поверхні обійми роликового підшипника

В умовах контактної взаємодії поверхонь тертя виникають тангенціальні сили, які в якісному і кількісному відношенні змінюють характер деформації приповерхневих шарів – поля напружень в зоні контакту зсовуються в напрямленні цієї сили. В процесі розвитку пружно-пластичних деформацій, на робочих поверхнях виникають виступи, за якими утворюються області деформацій розтягу, які при збільшенні сили тертя поступово зливаються з глибинними областями розтягуючих деформацій, визваних дотичними напруженнями [13]. Дія цих знакозмінних напружень і призводять до розвитку втомних процесів. Характерно, що втомні процеси при контактній взаємодії навіть у звичайних умовах мають одну особливість – відсутність межі контактної витривалості [14].

Процес руйнування матеріалу при втомному зношуванні може бути прогресуючим або обмежений [11]. В першому випадку контактні напруження досягають високих значень, що спонукає до руйнування деталі, а в другому – цей вид зношування не є небезпечним і деталі, які мають незначні пошкодження, можуть бути використані для подальшої експлуатації.

Контакт поверхонь деталей, які знаходяться у відносному коливальному русі визиває особливий вид зношування, який отримав назву фретинг-корозії. При цьому значно погіршується якість поверхні деталі, що призводять до значного зниження її втомної міцності. Результатом прояву цього процесу є поява на робочих поверхнях кілець підшипників кочення, вісях, валах, шпонках, шліцах, болтових з'єднаннях виразок, а також продуктів корозії у вигляді плям та окислених металевих частинок. Процеси фретинг-корозії ініціюють розвиток втомного руйнування і на деталях двигунів [15].

Одним із найбільш небезпечних і руйнівних видів зношування деталей вузлів тертя є схоплення [8]. Воно супроводжується інтенсивним пластичним деформуванням та руйнуванням поверхонь тертя, виривами і налипанням металу. У результаті цього втомна міцність деталей різко зменшується, а інколи спостерігається їх заїдання, що в деяких випадках призводить до катастрофічного руйнування деталей.

Характерними особливостями робочих поверхонь деталей трибовузлів, які експлуатуються в умовах розвитку процесів схоплення, відбувається їх інтенсивне руйнування що супроводжується виникненням виривів, подряпин, налипання частинок металу та видалення деформованих об'ємів металу з обох поверхонь тертя, в результаті чого вони стають досить шорсткими. Осередки схоплення, задири, наволокування на робочих поверхнях спостерігались на зубах шестерен (рис. 7), валах, болтових з'єднаннях та ін. У більшості випадків схоплення і заїдання в парах тертя виникають при розриві мастильної плівки, руйнування вторинної структури і появи металевих контактів.



X400

Рисунок 5 - Пошкодження шестерні (а);
поверхня тертя зуба в результаті схоплення зубів шестерні (б)

Процес заїдання розвивається активніше на тих ділянках профіля зуба, де найбільше ковзання: у верхній частині головки і у нижній частині ножки зуба. Інтенсивність процесу заїдання залежить від умов роботи деталі, конструкційних властивостей і особливо густини мастильних матеріалів. За здатністю протистояння заїданню в одних і тих самих умовах навантаження всі типи зубчатих передач можна розмістити в наступному порядку: циліндричні передачі із внутрішнім зчепленням; циліндричні передачі зі зовнішнім зчепленням; конічні передачі з прямими, косими і спіральними зубами. Слід зазначити, що схоплення для деталей двигунів є неприпустимим видом зношування, так як воно може призвести до їх заклинювання та поломки [8].

Корозійно-механічному зношуванню підлягають деталі, які працюють в умовах агресивних середовищ. Цей вид зношування характеризується механічним впливом на поверхню тертя, яке супроводжується хімічною і (або) електрохімічною взаємодією матеріалу з середовищем.

Значна кількість деталей вузлів тертя двигунів АВТ працюють в умовах механо-хімічного зношування, яке характеризується мінімальними значеннями коефіцієнта тертя та зносу. Фізико-хімічна сутність цього процесу тертя та зношування встановлена шляхом дослідження впливу зовнішніх механічних чинників, природи пар тертя, складу рідинних і газових середовищ на параметри тертя та зношування [10, 12, 13].

При механо-хімічному зношуванні деталі вузлів тертя структурно пристосовуються за рахунок періодичності утворення і руйнування вторинних структур, активації і пасивації

поверхні, створення ультрадисперсних плівок, які позитивно впливають на процеси тертя та зношування .

Висновки. Узагальнюючи результати проведення досліджень по проведенню дефектації деталей вузлів тертя двигунів АВТ можна зробити наступні висновки:

- виникнення типових дефектів на деталях, що працюють в умовах контактної взаємодії, обумовлено недостатньою їх поверхневою міцністю, яка призводить до зниження опору деталей руйнуванню в процесі тертя та зношування.

- деталі АВТ доцільно розділити на три основні групи: а) із задовільним станом; б) зношені вище допустимих норм і підлягають відновленню; в) пошкоджені і не підлягають відновленню.

Список використаних джерел

1. Полянський А.С., Дубинин Е.А., Плетнев В.Н. Анализ и классификация показателей ремонтпригодности средств транспорта Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Зб. наук. праць, Вип. 60. Харків, 2007. С. 165-169.
2. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигриниць А.Д. Основи технічного обслуговування та ремонту автомобілів: У 3 кн. К.: Вища школа, 1994. Кн. 3.: Ремонт автотранспортних засобів. 599 с.
3. М.С. Агеев Условия эксплуатации, причины и виды износа валов двигателей внутреннего сгорания и повышение их износостойкости и срока службы. Підвищення надійності машин і обладнання: матер. міжнар. наук.-практ. конф. Кропивницький: 2020. С. 119 – 124.
4. Б.А. Ляшенко Анализ причин изнашивания деталей цилиндра-поршневой группы двигателя. Матер. 11-й между. науч.-техн. конф. Киев. 2011. С. 120-124.
5. Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский, А.К. Караулов и др. Поверхностная прочность материалов при трении. Киев, Техника. 1976. 296 с.
6. Б.И. Костецкий, И.Г. Носовский, Л.И. Бершадский, А.К. Караулов. Надежность и долговечность машин. К.: Техника, 1975. 408с.
7. I.V. Kragelsky, M.N. Dobychin, V.S. Kombalov Friction and Wear: Calculation Methods. Elsevier, 2013 . 474 р.
8. Голего Н.Л. Схватывание в машинах и методы его устранения. К.: Техника, 1971. 240 с.
9. В.П. Бабак, В.Н. Стадниченко, В.А. Войтов и др. Непрерывный контроль процессов трения и изнашивания на основе использования метода акустической эмиссии. Технологические системы, 2004. №2. С.42-46.
10. Закалов О.В., Закалов І.О. Основи тертя і зношування в машинах: Навчальний посібник Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 322 с.
11. Иванова В.С. Механизмы разрушения, структура и трещиностойкость конструкционных материалов. Проблемы прочности, 1985, № 10, С. 96-102.
12. М.Ф. Дмитриченко, Р.Г. Мнацаканов, О.О. Мікосянчик Триботехніка та основи надійності машин: Навч. посібник. К.: Інформавтодр, 2006. 216 с.
13. М.В. Кіндрачук, В.Ф. Лабунець, М.І. Пашечко, Є.В. Корбут Трибологія: підручник Київ, видавництво Національного авіаційного університету “НАУ-друк”. 2009. 410 с.
14. Эрозия. Под ред. К. Прис. М.: Мир, 1982. 464с.
15. Кузнецов Е.А., Гороховский Г.А. Фрикционное взаимодействие шероховатых тел с позиций механики твердого тела. Трение и износ, 1980. Т1. №4. С. 638-649.

УДК: 656.13:656.056

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕРІВНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ПАСАЖИРОПОТОКУ ПРОТЯГОМ ГОДИНИ «ПІК»

М.М. Мороз, ст. гр. ТТ-22-1,
О.О. Шаповал, проф., д-р. техн. наук
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

Міський пасажирський транспорт характеризується вираженою нерівномірністю навантаження протягом доби. Найбільш критичним є період години пік, коли пасажиропотоки можуть перевищувати середньодобові значення у 2–3 рази. Це призводить до перевантаження рухомого складу, зниження якості перевезень та збільшення часу в дорозі.

Для кількісної оцінки використовується показник коефіцієнта концентрації пасажиропотоку:

$$K_c = \frac{Q_{\max}}{Q}, \quad (1)$$

де: Q_{\max} – максимальний пасажиропотік у межах години пік (осіб/10 хв); Q – середній пасажиропотік у межах тієї ж години.

Також застосовується коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{\sigma}{Q} 100\%, \quad (2)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення.

На прикладі дослідження пасажиропотоку у маршрутному автобусі №17 міста Кременчук встановлено:

- у перші 10 хв години пік пасажиропотік становив 220 осіб;
- у наступні 10 хв – 180 осіб;
- середнє значення за годину – 150 осіб/10 хв;
- максимальне значення – 240 осіб.

Отже: $K_c = 240 / 150 = 1,6$, що свідчить про суттєву нерівномірність. Коефіцієнт варіації становив 22 %, що підтверджує високі коливання пасажиропотоку.



Рисунок 1 – Динаміка пасажиропотоку по інтервалах 10 хв протягом години пік

Факторами, що зумовлюють нерівномірність:

- одночасний початок роботи/навчання більшості закладів;
- обмежена кількість альтернативних видів транспорту;
- інерційність розкладів руху;
- сезонні й погодні умови.

Практичні шляхи оптимізації:

1. Регулювання випуску рухомого складу з урахуванням нерівномірності.
2. Диференціація тарифів (знижки поза піковими годинами).
3. Оптимізація графіків роботи закладів та підприємств.
4. Використання інтелектуальних транспортних систем.

Висновки. Пасажиropотік у години пік характеризується високою нерівномірністю, що підтверджується значенням $K_c = 1,6$. Коефіцієнт варіації у 22 % свідчить про суттєві коливання в межах години. Впровадження гнучких транспортних стратегій дозволить знизити пікові навантаження та покращити якість перевезень.

Список використаних джерел

1. Moroz, O.V. and Moroz, M.M., 2014. Specific features of city public transport financing (Kremenchuk case study). *Actual Problems of Economics*, 160 (1), pp. 239–246.
2. Moroz M. M., Korol S. O., Voiko Y. O. Social traffic monitoring in the city of Kremenchuk / M. M. Moroz, S. O. Korol, Y. O. Voiko // *Actual Problems of Economics*. – К. – 2016. – № 1 (175). – С. 385 – 398.
3. Левковець П.Р., Мороз М.М., Кобилецький Р.В. Удосконалення логістичного управління перевезень пасажирів / Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 6/2007 (47). – Частина 1. – С. 113-115.
4. Вучик В.Р. Транспорт в містах, зручних для життя. Київ: Основи, 2012.
5. Мороз М.М. Удосконалення транспортної системи пасажирських перевезень м. Кременчук // Збірник наукових праць.– Вип. 2 (41). – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – С. 156–164.
6. Мороз М.М. Розробка заходів удосконалення маршрутної мережі громадського транспорту м. Кременчук на основі розподілу пасажиропотоку гравітаційним методом // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Дала: науковий журнал. –2015. – № 2 (219). – С. 44–49.
7. Дмитрієв М.М., Мороз М.М. Основні напрями вдосконалення міських пасажирських перевезень м. Кременчук / Управління проектами, системний аналіз і логістика, Вип. 10, с. 58-62, 2012.
8. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / Вісник КДПУ.– Кременчук. – 2009.–Вип. 5. – С. 58-60.
9. Moroz M., Korol S., Plichko A. Improvement of urban transport system / Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – 2016. – Випуск 6 (1). – С. 71-75.
10. Мороз М., Норцов О., Кальянов В. Підвищення ефективності системи міських пасажирських перевезень шляхом удосконалення розкладу руху транспортних засобів / Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції. Кропивницький: ЦНТУ. – 2021. – С. 95.
11. Rodrigue J.-P. *The Geography of Transport Systems*. Routledge, 2020.
12. Лаврик В.В., Кузев І.О., Мороз М.М. Підвищення ефективності міського транспорту загального користування за рахунок створення об'єднаних підприємств / Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції, 13-15 квітня 2022 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 34-36.
13. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В. Якість та контроль транспортного процесу (вантажні та пасажирські автомобільні перевезення): навч. посібник. Кременчук: КрНУ, 2023. 138 с.
14. Гайкова Т. В., Мороз М. М., Загорянський В. Г., Буренніков Ю. Ю. Проектний аналіз цифрових технологій в управлінні ланцюгом постачань / Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 17-22. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-17-22>.
15. Moroz O., Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Vasylovskaya K. Digital Marketing Communications Transformation in Wartime / 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES). – pp. 1-6. DOI: 10.1109/MEES61502.2023.10402369
16. OECD/ITF. *Urban Mobility Report*. Paris: OECD Publishing, 2022.
17. Moroz M.M., Khorolskyi V.L., Moroz O.V., Herasymchuk V.V., Vasylovskaya K.V. Organization and provision of buses operation on the route taking into account the expenditures of participants of the transportation process / (2018) *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. – 7 (4.3). – pp. 206-210.
18. Мороз М. М., Гайкова Т. В., Солошич І. О. Оптимізація режимів взаємодії магістрального та міського пасажирського транспорту м. Кременчук / (2024) Збірник наукових праць «Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки», Вип. № 9 (40). – С. 197-204.
19. Шведчикова І., Солошич І., Мороз М. Аналіз інноваційних фізичних методів неруйнівної діагностики для забезпечення екологічної безпеки на міському електротранспорті / (2024) Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 1/2024 (144). – С. 117-123. DOI <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.1.15>

УДК 629.113

ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

О.В.Бажинів, проф., д-р техн. наук,

Е.М. Кикла, асп.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

Оптимальна кількість і ефективність діяльності зарядних станцій можуть бути визначені лише на основі сучасних наукових методів оптимального проектування виробничих процесів на принципах ресурсозбереження та високої продуктивності. Тому необхідно встановити ефективні співвідношення між кількістю вступників за одиницю часу заявок і продуктивністю або пропускнуою спроможністю відповідної зарядної станції [1,2].

Зарядні процеси є типовими системами масового обслуговування. Основне завдання при цьому полягає у встановленні ефективних співвідношень між кількістю вступників за одиницю часу заявок і продуктивністю або пропускнуою спроможністю відповідної зарядної станції.

Складність при цьому полягає в тому, що через випадкового характеру надходження заявок за часом можливі як освіта черзі цих заявок з відповідним очікуванням, так і простої устаткування зарядної станції через відсутність заявок. Розроблені наукові методи повинні забезпечити мінімальні втрати від цих простоїв як для обслуговуваних, так і для обслуговуючих засобів.

Визначаємо, кількість транспортних засобів в групі m

$$m = \frac{F_{\text{п}}}{D_{\text{кп}} \alpha_{\text{к}} W_m T_{\text{см}} K_{\text{СН}}} \leq m_{\text{Д}} \quad (1)$$

де $F_{\text{п}}$ – кількість рухомого складу в розрахунковій області, шт;

$D_{\text{кп}}$ – період, який обслуговується, год;

$\alpha_{\text{к}}$ – середній коефіцієнт використання часу зміни;

W_m – продуктивність однієї зарядної станції, шт/год;

$T_{\text{см}}$ – нормативна тривалість зміни, год.

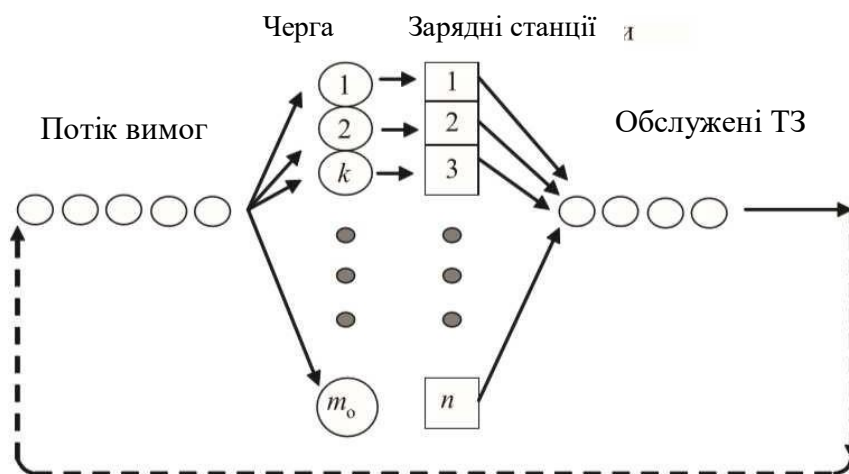


Рисунок 1 – Схема роботи мережі зарядних станцій

Також авторами представлена схема роботи мережі зарядних станцій у вигляді замкнутої системи масового обслуговування з очікуванням (рис. 1).

Таким чином, m – транспортні засоби, які очікують у черзі; n – зарядні станції. Основна ідея роботи: зниження часу простоїв які обслуговуються, так і обслуговуючих елементів системи масового обслуговування.

Для спрощення завдання беруть $n = 1$, перевіряючи пропускну здатність однієї зарядної станції з мінімальною чергою.

$$\overline{C_{mn}} = m_0 \frac{C_m}{C_n} + P_0 \rightarrow \min, \quad (2)$$

де m_0 – довжина черги;

P_0 – ймовірність простою обслуговуючого засоби;

C_m и C_n – вартість обслуговується і обслуговуючого засобів відповідно.

$$P_0 = 1 / ((1 + m\alpha + m(m-1)\alpha^2 + \dots + m(m-1)\alpha^m)) \quad (3)$$

$$m_0 = m - (1 - P_0)(1 + (1/\alpha)) \quad (4)$$

Методика даної роботи призводить розрахунок оптимальної кількості зарядних станцій в залежності від кількості електромобілів на основі теорії масового обслуговування.

Переваги: розглянуті основні показники ефективності роботи мережі зарядних станцій, отримані ймовірнісні математичні моделі, призводять до підвищення ефективності роботи зарядних станцій, визначення оптимальної кількості зарядних станцій.

Застосовуючи цю методику можна визначити оптимальну кількість зарядних станцій, необхідне для певної кількості електромобілів, виходячи з мінімізації простоїв і черг. Однак, формула (2) не враховує неоднорідність надходження заявок в систему. Так в нічний час заявок буде значно менше [3].

Розрахунки проводяться на основі мінімізації простоїв як обслуговуючих, так і обслуговуються засобів. У сучасних реаліях даний підхід не може бути реалізований, тому що зарядні станції і електромобілі належать різним особам з різними пріоритетами [4-7]. Так власники зарядних станцій прагнуть залучити якомога більше відвідувачів, основна мета - відсутність простоїв в роботі. Власники електромобілів в свою чергу очікують відсутність черги і безперешкодну зарядку. Дані бажання взаємно виключають одна одну.

При застосуванні методики результат не вказує на місця установки зарядних станцій, що є дуже важливим питанням з огляду на тривалість технологічного процесу зарядки.

Одне з ключових питань роботи - підключення зарядних установок до діючої електричної мережі. Об'єктом дослідження в даній роботі є вивчення параметрів розміщення електростанцій в м. Харків на основі моделювання Matlab Simulink. Метою досліджень є вивчення впливу кількості та параметрів зарядних установок на режими роботи електричних мереж. При моделюванні вивчаються такі показники, як віддаленість трансформаторних підстанцій від міської розподільної мережі, їх завантаженість і графік роботи, кількість одночасно установлених автомобілів і режимів їх зарядки.

Для досягнення мети дослідження використано програмний продукт Matlab Simulink, який дозволяє розглядати і регулювати режими електричної мережі в віртуальній моделі. Розраховується максимальна кількість зарядних станцій, які можливо підключити до трансформаторної підстанції, з урахуванням потужності споживачів. За результатами модельного досвіду робиться висновок про кількісні та якісні параметри розміщення електростанцій.

Модель складається з декількох блоків: джерело трифазного напруги (Three-Phase Source), трифазний вимірювач (Three-Phase VI Measurement), лінія з розподіленими параметрами (Distributed Parameters Line), трифазний трансформатор (Three-Phase Transformer), навантаження (Three-Phase Parallel RLC Load). С урахуванням потужності

споживачів розраховується, максимальна кількість зарядних станцій, які можливо підключити до трансформаторної підстанції. Аналіз математичної моделі показує, що підключення заправних станцій в електричну мережу не викликає аварійних ситуацій і значних перешкод у інших споживачів.

Переваги роботи: розгляд питань розміщення зарядних станцій з точки зору міської мережі електропостачання і навантаження на цю мережу.

Недоліки: висока кваліфікація людини, яка проводить моделювання, не враховуються питання кількості електромобілів в місті, відсутні шляхи визначення місць установки зарядних станцій в інтересах споживача.

Застосування даної методики дозволяє визначити максимально можливу кількість зарядних станцій, яка може бути встановлено в населеному пункті, без шкоди для системи електропостачання.

Для електромобілів важливо мати ефективне управління процесом заряджання, що дозволяє досягти високого рівня само споживання і самодостатності, знизити операційні витрати і скоротити терміни окупності інвестицій. Використання зарядних станцій є ключем до досягнення цих цілей, забезпечуючи точне моделювання та прогнозування. Їх використання в контексті зарядки електромобілів може запропонувати цінну інформацію для оптимізації планування зарядки і прогнозування попиту на енергію з урахуванням різних сценаріїв.

У роботі представлено методику, виконану для впровадження зарядних станцій в межах міста. Застосовані сценарії інфраструктури розміщення зарядних станцій підтримують ефективно та оптимізоване управління, досягаючи низької окупності та високих значень самодостатності. Отримані результати показують, що цей метод є життєздатним і економічно ефективним рішенням для експлуатації електромобілів.

Список використаних джерел

1. Quantifying the State of the Art of Electric Powertrains in Battery Electric Vehicles: Comprehensive Analysis of the Tesla Model 3 on the Vehicle Level by Nico Rosenberger, Philipp Rosner, Philip Bilfinger, Jan Schöberl, Olaf Teichert, Jakob Schneider, Kareem Abo Gamra, Christian Allgäuer, Brian Dietermann, Markus Schreiber et al. *World Electr. Veh. J.* 2024, 15(6), 268; <https://doi.org/10.3390/wevj15060268> Available online: <https://www.mdpi.com/2032-6653/15/6/268>
2. Electrochemical Impedance Spectrum (EIS) Variation of Lithium-Ion Batteries Due to Resting Times in the Charging Processes by Qingbo Li, Du Yi, Guoju Dang, Hui Zhao, Taolin Lu, Qiyu Wang, Chunyan Lai and Jingying Xie *World Electr. Veh. J.* 2023, 14(12), 321; <https://doi.org/10.3390/wevj14120321> Available online: <https://www.mdpi.com/2032-6653/14/12/321>
3. Beyond Tailpipe Emissions: Life Cycle Assessment Unravels Battery's Carbon Footprint in Electric Vehicles by Sharath K. Ankathi, Jessey Bouchard and XinHeWorldElectr.Veh.J. 2024, 15(6),245; <https://doi.org/10.3390/wevj15060245> Availableonline: <https://www.mdpi.com/2032-6653/15/6/245>
4. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
5. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
6. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
7. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271)

УДК: 656:314.7

ВПЛИВ ВИЇЗДУ ГРОМАДЯН ДО 22 РОКІВ ЗА КОРДОН НА РОБОТУ ТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ

М.М. Мороз, *ст. гр. ТТ-22-1,*
О.О. Шаповал, *проф., д-р. техн. наук*
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

В умовах воєнного стану та глобалізаційних процесів в Україні спостерігається суттєвий відтік молоді за кордон, особливо у віковій категорії до 22 років. Це явище має не лише демографічні та соціальні наслідки, але й безпосередньо впливає на функціонування транспортної системи, зокрема на пасажирські перевезення, логістику та розвиток інфраструктури. Взаємозв'язок між міграційними потоками та транспортом можна виразити через зміну пасажиропотоків:

$$Q_t = Q_0 - \Delta Q_{mig}, \quad (1)$$

де Q_t – обсяг внутрішнього пасажиропотоку; Q_0 – початковий обсяг пасажиропотоку; ΔQ_{mig} – зменшення внаслідок виїзду громадян.

Зменшення внутрішнього попиту на транспортні послуги супроводжується зростанням міжнародних перевезень:

$$Q_{int} = Q_{base} + \Delta Q_{mig}, \quad (2)$$

де Q_{int} – міжнародні пасажирські перевезення; Q_{base} – базовий обсяг міжнародних перевезень.

Таким чином, спостерігається перерозподіл транспортного попиту між внутрішнім і зовнішнім сегментами, що дозволяє згрупувати наступні практичні аспекти:

1. Залізничний транспорт – зростання попиту на міжнародні маршрути (Київ–Перемишль, Львів–Хелм), зменшення пасажиропотоку на внутрішніх лініях.
2. Автобусні перевезення – збільшення міжнародних рейсів до Польщі, Чехії, Німеччини, зниження попиту на міжобласні маршрути.
3. Авіаційний транспорт – прямі рейси обмежені через воєнний стан, але транзит через Польщу, Румунію, Угорщину активно використовується молоддю.
4. Міський транспорт – зменшення навантаження у студентських центрах (Київ, Львів, Харків), скорочення попиту на пільгові перевезення.

Також виїзд молоді за кордон призводить й до відтоку трудового потенціалу. Вікова група до 22 років формує основу первинного ринку праці у транспортній сфері: водії, ремонтні спеціалісти, диспетчери, логісти.

Дисбаланс між попитом і пропозицією робочої сили у транспорті описується нерівністю:

$$D_w > S_w, \quad (3)$$

де D_w – попит на працівників у транспортній галузі; S_w – пропозиція робочої сили молодіжної категорії.

Як наслідки маємо: дефіцит кадрів, зростання навантаження на діючий персонал, зниження якості транспортних послуг, підвищення собівартості перевезень. Це вимагає оптимізації перевезень, розвитку транскордонної співпраці та створення програм утримання молодих кадрів в Україні.

Список використаних джерел

8. Закон України «Про транспорт» від 10.11.1994 № 232/94-ВР.
9. Левковець П.Р., Мороз М.М., Бубела А.В., Лабута А.В. Системні аспекти вдосконалення логістичного сервісу. Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – 2014. – №5. – С. 108–111.
10. Мороз М.М. Розробка заходів удосконалення маршрутної мережі громадського транспорту м. Кременчук на основі розподілу пасажиропотоку гравітаційним методом // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: науковий журнал. –2015. – № 2 (219). – С. 44–49.
11. Moroz, M., Markevich A., Moroz O., Vasytkovskyi O. Results of Social-Transport Monitoring of Passenger Transportation Kremenchuk City / Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences, 2019, Col.2(33) 76-90.
12. Державна служба статистики України. Міграційні процеси в Україні: статистичний бюлетень. Київ, 2023.
13. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Король С.О. Оптимізація вантажних робіт і розміщення тарно-штучних вантажів в транспортних засобах і складах із застосуванням методів ергономіки і теорії систем / (2024) Транспортні системи та технології перевезень, Вип. № 28. С. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/311996>
14. Zahorianskyi V., Moroz M., Kovtsur K. Ergonomic and logistic ensuring the requirements for the comfort during the organization of passenger transportation in a small-capacity bus / (2024) Транспортні системи та технології перевезень, Вип. № 28. С. 60–64. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/311997>
15. Огар О. М., Мороз М. М., Круглова Н. С., Чорний О. С. Перспективи застосування елементів штучного інтелекту в системах автоматизованого проектування залізничних станцій та вузлів. Інтелектуальні транспортні технології : тези доповідей 3-ї міжнар. наук.-техн. конф. (22-23 листопада 2022 р.). – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – С. 169–170.
16. Колій О.С., Мороз М.М. Оцінка сценаріїв дорожнього руху в Bad Hessfeld на основі моделі PTV VISSIM. Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Сталий розвиток транспортних систем: наука і практика: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., 25–26 листоп. 2024 р. Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т.– Харків, 2024.– С. 296–299.
17. European Commission. EU-Ukraine Solidarity Lanes. Brussels, 2023.
18. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / Вісник КДПУ.– Кременчук. – 2009.–Вип. 5. – С. 58-60.
19. Zahorianskyi V., Zahorianska O., Moroz M. and Moroz O. Development of a Model for Minimizing the Energy Costs of the Transport and Technological Complex, 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022, pp. 1-5.
20. Мороз М., Загорянський В., Гайкова Т., Кузев І. Використання методів дослідження операцій для оптимізації автомобільних перевезень масових вантажів в агропромисловому комплексі / Вісник Національного технічного університету «ХПІ». 2022. Випуск 1 (11). – С. 44-50.
21. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В. Якість та контроль транспортного процесу (вантажні та пасажирські автомобільні перевезення): навч. посібник. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2023. 138 с.
22. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В., Цимбал О. В. Удосконалення методики проектування контейнерного терміналу / Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 56-62. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-56-62>.
23. OECD/ITF. Transport and International Migration. Paris: OECD Publishing, 2021.
24. Гайкова Т. В., Мороз М. М., Загорянський В. Г., Буренніков Ю. Ю. Проектний аналіз цифрових технологій в управлінні ланцюгом постачань / Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 17-22. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-17-22>.
25. Moroz O., Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Vasytkovska K. Digital Marketing Communications Transformation in Wartime / 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES). – pp. 1-6. DOI: 10.1109/MEES61502.2023.10402369
26. Moroz M.M., Khorolskyi V.L., Moroz O.V., Herasymchuk V.V., Vasytkovska K.V. Organization and provision of buses operation on the route taking into account the expenditures of participants of the transportation process / (2018) International Journal of Engineering and Technology (UAE). – 7 (4.3). – pp. 206-210.

УДК 656.078.5

ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЛОГІСТИКИ «ОСТАННЬОЇ МИЛІ»

В.М. Никончук, проф., д-р екон. наук

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

Сфера логістики «останньої милі» є однією з найдинамічніших і стратегічно важливих у сучасній транспортно-економічній системі. Саме цей етап доставки — від локального складу або хабу до кінцевого споживача — визначає не лише рівень задоволення клієнтів, а й ефективність витрат та екологічний баланс компанії [1]. У сучасних умовах зростання електронної комерції, урбанізації та підвищення очікувань щодо швидкості доставки традиційні методи управління логістикою вже не забезпечують необхідної оперативності та економічної ефективності.

За даними світових досліджень, обсяг ринку доставки «останньої милі» у 2023 році оцінювався у понад 45 млрд доларів США лише у Європі та Північній Америці, а до 2030 року очікується зростання щонайменше на 50 % [2]. Підвищення попиту на швидку доставку обумовлює потребу в комплексних технологічних рішеннях, здатних забезпечити оптимізацію транспортних маршрутів, скорочення витрат на паливо та зменшення часу очікування клієнтів. Традиційні підходи, що базуються на статичних маршрутах і ручному плануванні, виявляються недостатньо гнучкими для реагування на щоденні зміни трафіку, погодні умови та коливання попиту.

Одним із найперспективніших напрямів розвитку логістики «останньої милі» є впровадження інтелектуальних транспортно-логістичних систем. Вони поєднують технології штучного інтелекту (AI), машинного навчання (ML), Інтернету речей (IoT) та цифрових платформ управління доставкою, створюючи єдину екосистему, що дозволяє здійснювати комплексну аналітику, автоматичну оптимізацію маршрутів, прогнозування попиту та контроль усіх етапів руху товару [3]. Інтелектуальні рішення дозволяють зменшити час доставки на 20–30 %, скоротити витрати на паливо до 15 % та знизити кількість запізнь завдяки динамічному плануванню маршрутів у реальному часі.

Впровадження IoT-технологій у логістику створює прозорий ланцюг поставок, у якому кожен вантаж відстежується в реальному часі. Система реагує на зміни дорожніх умов, затримки транспорту чи інші непередбачувані фактори, забезпечуючи швидку адаптацію до будь-яких змін. Це не лише підвищує рівень обслуговування клієнтів, але й сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище шляхом скорочення зайвих пробігів та оптимізації маршрутів.

Практична реалізація інтелектуальних систем «останньої милі» у світі демонструє їхню ефективність та перспективність. У Європі безпілотні кур'єрські роботи компанії Starship Technologies (Естонія) здійснюють понад 10 000 доставок щодня у міських районах, скорочуючи витрати на доставку до 40 % [6]. У США Amazon Prime Air та UPS Flight Forward використовують безпілотні дрони, здатні доставляти вантажі на відстань до 24 км протягом 30–60 хвилин, що зменшує викиди CO₂ на 35 % порівняно з традиційними транспортними засобами [7]. У Китаї JD.com інтегрувала понад 250 безпілотних автомобілів у Пекіні, Шеньчжені та Ухані, які виконують до 2000 доставок на день [8]. У Японії Rakuten і ZMP розробляють роботизовані візки для «розумних міст», інтегровані з системами V2X-комунікацій, що забезпечує взаємодію транспортних засобів із дорожньою інфраструктурою [9].

Для України впровадження безпілотних та інтелектуальних систем логістики має особливий контекст. В умовах війни автономні платформи активно використовувалися у військовій логістиці, створивши технічну базу та компетенції для подальшого застосування у мирних умовах. Такий досвід може стати потужним поштовхом для підвищення ефективності доставки товарів кінцевому споживачу, оптимізації транспортних потоків та розвитку сталої міської мобільності. Водночас необхідними умовами залишаються формування нормативно-правової бази для використання автономних транспортних засобів, створення інфраструктури зарядних станцій та систем цифрового моніторингу.

У межах концепції «розумного міста» автономні платформи доставки можуть стати важливою складовою зеленої логістики, спрямованої на скорочення викидів, енергозбереження та раціональне використання ресурсів. Це повністю відповідає цілям Європейського зеленого курсу та стратегії сталого транспорту України до 2030 року [10]. Крім того, інтелектуальні системи дозволяють створювати моделі прогнозування попиту, що забезпечують більш точне планування запасів на складах та скорочення кількості повернень і надлишкових доставок, що додатково знижує витрати і навантаження на транспортну інфраструктуру.

Актуальність дослідження логістики «останньої милі» в Україні обумовлена кількома ключовими факторами. По-перше, зростання обсягів e-commerce та збільшення кількості онлайн-замовлень потребує швидкої, надійної та гнучкої доставки. По-друге, адаптація міжнародного досвіду провідних країн світу (ЄС, США, Китаю, Японії) до українських реалій може забезпечити швидке впровадження технологій і підвищення конкурентоспроможності логістичних компаній. По-третє, наявний досвід військової логістики створює унікальні технічні та організаційні компетенції, які можуть бути використані для розвитку автономних систем доставки в мирний час.

Таким чином, інтелектуальні системи та безпілотні технології стають ключовими чинниками розвитку логістики «останньої милі». Їх впровадження дозволяє забезпечити підвищення ефективності, зниження витрат, екологічну сталість і підвищення задоволеності клієнтів. Адаптація міжнародного досвіду та використання набутих українських компетенцій може стати основою для формування інноваційної, сталої та конкурентоспроможної транспортно-логістичної системи України.

Список використаних джерел

1. OECD. The Final Frontier of Urban Logistics: Tackling the Last Metres. Paris : OECD Publishing, 2024. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.itf-oecd.org/final-frontier-urban-logistics> (дата звернення: 02.11.2025).
2. PwC. The Future of Logistics: AI and Automation Trends 2024. London : PwC Research, 2024. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/transportation-logistics.html> (дата звернення: 02.11.2025).
3. McKinsey & Company. The Future of Autonomous Logistics. New York : McKinsey & Company, 2024. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.mckinsey.com/industries/travel-logistics-and-infrastructure> (дата звернення: 02.11.2025).
4. European Commission. Sustainable and Smart Mobility Strategy — putting European transport on track for the future (COM (2020) 789 final). Brussels : European Commission, 2023. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://transport.ec.europa.eu/transport-themes/mobility-strategy_en (дата звернення: 02.11.2025).
5. UPS Supply Chain Solutions. AI in Logistics and Supply Chain Optimization. Atlanta : UPS, 2024. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.ups.com/solutions/> (дата звернення: 02.11.2025).
6. Starship Technologies. Autonomous Delivery Robots in Europe. Tallinn : Starship Technologies, 2024. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.starship.xyz/> (дата звернення: 02.11.2025).
7. UPS Flight Forward. Drone Delivery Progress Report 2024. Atlanta (GA) : UPS Flight Forward, 2024. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://about.ups.com/us/en/our-company/innovation/flight-forward.html> (дата звернення: 02.11.2025).
8. JD.com. Autonomous Delivery Report 2024. Beijing : JD Logistics, 2024. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://corporate.jd.com/> (дата звернення: 02.11.2025).
9. ZMP Corporation. Robotic Delivery Systems for Smart Cities. Tokyo : ZMP Inc., 2023. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.zmp.co.jp/en/> (дата звернення: 02.11.2025).
10. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. Стратегія сталого транспорту до 2030 року. Київ : Мінінфраструктури України, 2023. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/transportna-strategiya-2030/> (дата звернення: 02.11.2025).

УДК: 629.1.02

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ SOH ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

А.І. Папінко, ст. викладач, PhD
М.В. Буряк, доцент, канд. техн. наук
Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

Для оцінки стану акумулятора використовуються різні підходи. Щодо оцінки стану акумулятора (SOH), існують три основні показники, які визначають цей стан: внутрішній опір акумулятора, імпеданс акумулятора та його ємність. Ємність акумулятора відображає кількість енергії, яку акумулятор може зберігати, тоді як внутрішній опір та імпеданс є показниками його потужності. Коли йдеться про гібридні застосування, потужність акумулятора представляє великий інтерес, порівняно з електромобілями, де енергія акумулятора є більш важливою. Тому їхній стан спостерігається за такими показниками потужності, як внутрішній опір та імпеданс. Ці параметри змінюються протягом терміну служби акумулятора через механізми старіння. SOH акумулятора можна розрахувати, використовуючи співвідношення між фактичним значенням показника (ємність, імпеданс або опір) та його початковим значенням. Наприкінці терміну служби, ємність акумулятора може знизитися до 20%, тоді як внутрішній опір зростає до 160% від свого початкового значення. Тому відстеження їх змін, це необхідність для оцінки SOH акумулятора.

Внутрішній опір акумулятора вважається важливим показником стану акумулятора (SOH), який визначає падіння напруги під час подачі струму до акумулятора. На цей параметр сильно впливають старіння та деградація. Його значення збільшується, коли SOH акумулятора зменшується. Тому його часто використовують як надійний показник для оцінки SOH. Найпоширеніший метод називається імпульсним струмом, він базується на законі Ома і вимірює падіння напруги на акумуляторі для заданого струму, а потім обчислює внутрішній опір акумулятора.

$$R_b(\text{SOC}, T) = \frac{OCV(\text{SOC}, T) - V_{bat}(\text{SOC}, T)}{I_{pulse}} \quad (1)$$

R_b - означає внутрішній опір акумулятора, OCV – напругу холостого ходу, V_{bat} – напругу, а I_{pulse} – струм що подається. Цей метод широко використовується для визначення поведінки внутрішнього опору акумулятора в різних робочих умовах з дуже високою точністю.

Також внутрішній опір батареї вимірюється за допомогою втрат енергії, спричинених законом Джоуля, який безпосередньо пов'язаний з цим опором.

$$\frac{dQ_{joule}}{dt} = I_{bat}^2 \cdot R_b \quad (2)$$

Q_{joule} представляє тепло, що генерується акумулятором. Цей метод застосовується з використанням калориметра для вимірювання втрат тепла під час роботи акумулятора.

Внутрішній імпеданс батареї являє собою комбінацію її внутрішнього опору та реактивного опору. Внутрішній імпеданс батареї має тенденцію до збільшення з віком, тому він і вважається індикатором стану батареї (SOH). Найпоширенішим методом вимірювання імпедансу є електроімпедансний спектроскопічний аналіз. Цей метод вимірює імпеданс електричної системи шляхом подачі синусоїдального змінного струму та вимірювання вихідної напруги відгуку, імпеданс вимірюється як функція частоти.

Ємність – це характеристика, яка вказує на загальну кількість енергії, яку може зберігати батарея, відомо, що ця характеристика зменшується зі старінням батареї. Тому експериментальне вимірювання стає одним із найточніших способів оцінки стану акумулятора (SOH). Метод визначення SOH полягає у циклах заряджання/розряджання літій-іонного акумулятора до кінця його життя, основна ідея цього дослідження полягає у визначенні ємності заряджання акумулятора залежно від його напруги для різних рівнів деградації.

Також стан акумулятора можна дослідити, аналізуючи еволюцію кривих його приросту ємності та диференціальної напруги. Фактично, ці параметри змінюються зі старінням акумулятора; тому їх можна використовувати для оцінки стану заряду акумулятора за допомогою експериментальних випробувань. Цей метод полягає в підрахунку кількості циклів, які пройшов акумулятор, та порівнянні її з кількістю, наданою виробником, для оцінки стану заряду. Перевагою даного методу є те, що він враховує такий важливий параметр як - глибина розряду. Кількість циклів, що визначає залишковий корисний термін служби акумулятора, залежить від його стану здоров'я та від врахованого стану глибини розряду.

Наведені методи з їхніми перевагами та недоліками наведені в таблиці 1

Таблиця 1 - Експериментальні методи.

Методи	Переваги	Недоліки
Вимірювання внутрішнього опору	<ul style="list-style-type: none"> • Простий та надійний метод • Точність вимірювання 	Потребує значного часу
Вимірювання внутрішнього імпедансу	<ul style="list-style-type: none"> • Найвища точність вимірювання • Здатен надати інформацію про причини деградації акумулятора 	Спирається на інформацію про хімічний склад акумулятора
Вимірювання ємності	<ul style="list-style-type: none"> • Швидкість 	Неможливо, коли акумулятор працює (потрібно повністю зарядити акумулятор)

У гібридних автомобілях батарея має забезпечувати та поглинати високі імпульсні струми під час прискорення та рекуперативного гальмування, ці операції безпосередньо залежать від її здатності швидко віддавати та приймати енергію, тому для оцінки SOH краще використовувати методи внутрішнього опору, та методи внутрішнього імпедансу, саме вони забезпечують найвищу точність вимірювання.

Список використаних джерел

1. R. Xiong, J. Cao, Q. Yu, H. He and F. Sun, "Critical Review on the Battery State of Charge Estimation Methods for Electric Vehicles," in IEEE Access, vol. 6, pp. 1832-1843, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2017.2780258.
2. I. Sajfar, M. Malaric and R. P. Bullough, "Sealed batteries in transient limiting distribution networks-methods of measuring their internal resistance," 12th International Conference on Telecommunications Energy, Orlando, FL, USA, 1990, pp. 458-463, doi: 10.1109/INTLEC.1990.171286.
3. N. Noura, L. Boulon and S. Jemei, "An Online Identification Based Energy Management Strategy for a Fuel Cell Hybrid Electric Vehicle," 2019 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC), Hanoi, Vietnam, 2019, pp. 1-5, doi: 10.1109/VPPC46532.2019.8952320.
4. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
5. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральнoукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)

УДК: 629.113.001

ДІАГНОСТИКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ШЛЯХОМ АНАЛІЗУ МОТОРНОГО МАСТИЛА

С.Ф. Посонський, доц., канд. техн. наук,

О.П. Бабак, доц., канд. техн. наук,

А.А. Вичавка, викл., канд. техн. наук,

Хмельницький національний університет, м. Хмельницький

Транспортна галузь є однією із ключових складових економічного потенціалу будь-якої держави, адже вона забезпечує стабільне функціонування промисловості, сільського господарства та сфери послуг. Розвинена система перевезень сприяє інтеграції регіонів, підвищує ефективність логістичних процесів та сприяє соціально-економічному розвитку країни. В Україні провідне місце у структурі транспортної системи займає автомобільний транспорт – орієнтовно 80 % перевезень здійснюється саме ним (вантажо- та пасажироперевезення) [1].

Разом з тим однією з найбільш гострих проблем транспортної інфраструктури залишається зношеність і моральне старіння рухомого складу. Це негативно впливає на якість транспортних послуг, призводить до зниження безпеки перевезень та підвищення витрат на експлуатацію. Саме тому одним із актуальних завдань сучасного транспорту є зниження ризиків, пов'язаних із технічним станом транспортних засобів, через оновлення й модернізацію рухомого складу, а також удосконалення системи технічного обслуговування й ремонту.

Технічне обслуговування (ТО) є комплексом профілактичних заходів, спрямованих на підтримання транспортних засобів у працездатному стані. Регулярне проведення ТО не лише запобігає виникненню аварійних ситуацій, але й забезпечує своєчасне виявлення прихованих несправностей, що дозволяє уникнути дороговартісних ремонтів у майбутньому.

Система обслуговування автомобілів включає: щоденне обслуговування перед виїздом у рейс; планові ТО-1 та ТО-2, які виконуються з певною періодичністю згідно з вимогами заводу-виробника; поточний та капітальний ремонт. Кожен вид технічного обслуговування передбачає певний перелік діагностичних і регламентних робіт, спрямованих на перевірку стану і рівня охолоджувальних та мастильних рідин, регулювання та відновлення працездатності агрегатів.

Проте сучасний етап розвитку транспортної галузі вимагає розвитку систем діагностики, які дозволяють перейти від традиційного планового обслуговування до обслуговування за фактичним станом. Впровадження таких систем обслуговування та діагностики відкриває можливості для підвищення ефективності використання транспортних засобів, зменшення витрат, підвищення готовності рухомого складу.

Такий підхід (обслуговування за фактичним технічним станом) вимагає вирішення низки організаційно-технічних завдань:

1. Створення інфраструктури для постійного моніторингу технічного стану обладнання протягом усього життєвого циклу – включно із збором, обробкою і аналізом великих обсягів даних про параметри роботи агрегатів.

2. Розроблення методів контролю для вузлів, що впливають на безпеку руху – наприклад, підшипників, поршнево-кільцевих груп, систем наддуву, які мають найвищий ризик несправностей.

3. Підвищення точності вимірювань і достовірності результатів діагностики, що вимагає впровадження сучасних методів вимірювання та обробки даних.

Особливу увагу сьогодні приділяють методам діагностики без розбирання вузлів, які не потребують втручання в конструкцію агрегатів. Їхня головна перевага – зниження вартості робіт і скорочення простоїв транспорту [2].

Одним із найефективніших напрямів технічної діагностики є аналіз мастильних матеріалів, що використовуються в двигунах внутрішнього згоряння. Під час роботи двигуна мастило зазнає як хімічних, так і фізичних змін: відбувається його окиснення, деградація присадок, накопичення частинок зносу та продуктів згоряння палива.

Ці процеси безпосередньо відображають стан тертя та зношування деталей двигуна. Таким чином, моторне мастило виступає своєрідним «носієм інформації» про технічний стан двигуна, дозволяючи здійснювати моніторинг без розбирання агрегатів.

До основних методів контролю мастильних матеріалів належать:

1) Вимірювання електропровідності мастила, що змінюється зі збільшенням концентрації металевих частинок.

2) Визначення кольору та оптичної щільності мастила (метод «масляної плями»).

3) Спектральний аналіз, який дозволяє виявити наявність і кількість елементів-забруднювачів, що потрапили в мастило внаслідок зносу деталей.

Серед наявних методів найбільш інформативним і точним є спектральний аналіз мастильних матеріалів. Його суть полягає у виявленні елементного складу продуктів зносу, що містяться в мастилі. Це дає змогу не лише оцінити інтенсивність зносу, а й визначити, які саме деталі двигуна піддаються руйнуванню (наприклад, поршневі кільця, підшипники, вкладиші тощо). Використання цього методу дозволяє прогнозувати залишковий ресурс двигуна. Наприклад, дослідження показали, що в 95 % випадків діагностичні висновки, отримані за результатами аналізу мастила, підтверджуються під час розбирання двигуна. Таким чином, метод зарекомендував себе як надійний інструмент моніторингу технічного стану, який значно зменшує ймовірність раптових відмов обладнання [3].

Розглянемо докладніше методику спектрального аналізу мастильних матеріалів, специфіку застосування у дизельних двигунах, зокрема в транспорті.

1. Забір проб мастила: важливо дотримуватися стандартизованих умов – пробу слід взяти на встановленій робочій температурі і після встановленого часу роботи; також потрібно уникати забруднення зовнішніми металами.

2. Підготовка зразка та аналіз: в лабораторіях використовують спектрометри (наприклад, атомно-абсорбційний чи індуктивно-зв'язаний плазмовий спектрометр, а також інфрачервону спектроскопію (FTIR) для аналізу присадок і деградації). Наприклад, застосування FTIR-спектроскопії дозволяє відстежити деградацію оливи – окиснення, нітрацію, сульфатацію.

3. Кількісний аналіз елементів зносу: визначають концентрацію металів, таких як залізо, мідь, алюміній, хром, свинець тощо. Ці елементи вказують на знос відповідних деталей (наприклад, підшипників, втулок, поршневих кілець).

4. Побудова трендів зносу: на основі серій аналізів формуються графіки (тренди) концентрацій зносних елементів з часом чи пробігом. Це дозволяє виявити відхилення від нормального стану, і, за необхідності, скоригувати інтервали обслуговування.

5. Інтерпретація результатів: наприклад, якщо концентрація заліза різко росте – це може вказувати на знос циліндрової групи або втулок; підвищений вміст міді – знос втулок чи підвищене тертя; підвищений вміст алюмінію – знос поршневих кілець чи поверхонь, оброблених алюмінієм. Необхідно оцінювати не лише абсолютні значення, але й динаміку змін.

6. Прогнозування залишкового ресурсу: на основі трендів концентрацій зносних металів і інших параметрів (наприклад, в'язкості, вмісту сажі, присадок) можливо оцінити, скільки ще агрегат здатен працювати до наступного ремонту.

Переваги застосування спектрального аналізу мастила: висока точність результатів; можливість кількісної оцінки концентрації металів зносу; швидкість проведення аналізу; мінімальні витрати на підготовку проб.

На практиці використання аналізу мастильних матеріалів у системі технічного обслуговування транспортних засобів має суттєві економічні переваги: зниження витрат на капітальні ремонти, скорочення простоїв рухомого складу, збільшення міжремонтного пробігу, підвищення рівня безпеки експлуатації. Досвід експлуатації великогабаритних дизельних двигунів (локомотивів, вантажних автомобілів, суден) свідчить, що регулярний контроль стану мастила дозволяє зменшити експлуатаційні витрати на 20...25 %, а також підвищити коефіцієнт технічної готовності машин.

Отже, сучасний етап розвитку транспортної галузі потребує переходу від планово-профілактичної системи ТО до обслуговування за фактичним станом. Ефективним інструментом для реалізації цього підходу є аналіз мастильних матеріалів, який дозволяє оцінювати стан двигуна без його розбирання [4-9]. Спектральний аналіз мастила дає змогу точно визначити концентрацію металевих домішок і, відповідно, рівень зносу деталей. Регулярне застосування даного методу забезпечує своєчасне виявлення несправностей, продовження ресурсу двигуна та зниження експлуатаційних витрат, а розвиток технологій діагностики мастил має велике практичне значення для транспортних підприємств і може стати основою для впровадження інтелектуальних систем моніторингу технічного стану автопарку.

Крім класичного спектрального аналізу (елементний аналіз металів зносу) з розвитком технологій з'являються доповнюючі й нові підходи:

- застосування імпедансної спектроскопії, діелектричного аналізу мастила та штучного інтелекту (soft-computing) для оцінки стану мастила за його електричними характеристиками;

- використання методів УФ – видимої (UV – vis) та ближньої інфрачервоної (NIR) спектроскопії для виявлення розбавлення палива (fuel dilution) у відпрацьованому мастилі;

- поява портативних спектрометрів FTIR (наприклад, система «eraspec oil») для оперативного аналізу мастила без необхідності висилання зразків до лабораторії;

- інтеграція даних спектрального аналізу у системи моніторингу стану обладнання, що дозволяє створювати електронні бази даних технічного стану рухомого складу, переходячи до обслуговування за фактичним станом. Це дає можливість формувати аналітичні моделі, прогнозувати ремонтні інтервали, оптимізувати витрати.

Таким чином, спектральний аналіз мастила стає не лише інструментом діагностики, але й складовою цифрової трансформації технічного обслуговування.

Для ефективного застосування спектрального аналізу мастила на транспортному підприємстві доцільно врахувати наступні рекомендації.

1. Запровадити регулярний забір проб мастила з дизельних двигунів з урахуванням конкретного режиму експлуатації, пробігу чи мотогодин.

2. Визначити ключові елементи зносу, характерні для типового двигуна підприємства (наприклад, Fe, Cu, Al, Cr, Pb) та встановити нормативні порогові значення для кожного елемента, з урахуванням історичних даних.

3. Створити систему трекінгу – запис результатів аналізів у базу даних, побудова трендів концентрацій, фіксування резких змін.

4. Інтерпретувати отримані дані з урахуванням експлуатаційних умов (холості ходи, навантаження, температури), як це показано у численних дослідженнях.

5. Враховувати не лише елементи зносу, але й інші параметри мастила – в'язкість, присадки, кількість сажі, паливне розбавлення, окиснення. Це дозволяє більш комплексно оцінити стан двигуна.

6. Проводити аналіз витрат та вигод – економічне обґрунтування впровадження такого методу (зменшення простоїв, відстрочка капремонтів, підвищення ресурсу техніки).

7. Інтегрувати отримані дані зі спектрального аналізу у систему моніторингу технічного стану підприємства, використовувати аналітичні моделі для прогнозування залишкового ресурсу двигунів.

У підсумку можна констатувати, що метод спектрального аналізу мастильних матеріалів є сучасним, високоефективним інструментом технічної діагностики дизельних двигунів. Його застосування дозволяє:

- без розбирання двигуна отримати об'єктивну інформацію про стан вузлів і агрегатів;
- оцінити інтенсивність зносу, визначити, які саме деталі піддаються руйнуванню;
- прогнозувати залишковий ресурс двигуна і оптимізувати інтервали технічного обслуговування;
- знизити експлуатаційні витрати, підвищити технічну готовність рухомого складу, підвищити рівень безпеки.

Перехід від планово-профілактичної системи технічного обслуговування до системи, що базується на фактичному технічному стані, є стратегічно правильним для сучасних транспортних підприємств. Аналіз мастильних матеріалів, і зокрема спектральний аналіз, може стати основою для реалізації цього підходу.

Для подальшого розвитку рекомендовано: розробити стандартизовані методики для конкретних типів дизельних двигунів, впровадити портативні спектрометри, інтегрувати дані у цифрові системи моніторингу, а також продовжити наукові дослідження щодо кореляції концентрацій зносу із реальним залишковим ресурсом агрегатів.

Список використаних джерел

1. Технічна експлуатація автомобілів : навч. посіб. / В.М. Дембіцький, В.І. Павлюк, В.М. Придюк. Луцьк : Луцький НТУ, 2018. 473 с.
2. Практичні основи діагностування автомобільних двигунів : навч. посіб. / Мигаль В. Д., Корогодський В. А., Воронков О. І., Нікітченко І. М. Харків : ХНАДУ, 2021. 412 с.
3. Застосування спектрального аналізу моторного мастила для прогнозування залишкового ресурсу двигунів / С. Федоряченко та ін. Вісник ХНАДУ. 2021. вип. 94. С. 138–142.
4. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
5. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
6. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
7. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271)
8. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
9. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.

УДК 656.1:519.6:656.3

КОМПЛЕКСНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ МАЙБУТЬОГО З УРАХУВАННЯМ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ

І.О. Хітров, доц., канд. техн. наук

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

Розвиток сучасних транспортних систем визначається зростанням потреб у мобільності, підвищенні ефективності перевезень та забезпеченні безпеки дорожнього руху. Проблеми перевантаженості міської інфраструктури, аварійності та неефективного використання транспортних ресурсів актуалізують необхідність впровадження сучасних технологій планування та управління транспортними процесами [1].

Математичне та комп'ютерне моделювання транспортних систем виступає ключовим інструментом для аналізу та оптимізації їх роботи. Завдяки моделюванню можна прогнозувати наслідки різних управлінських рішень, оцінювати ефективність інноваційних технологій, досліджувати сценарії розвитку транспортної інфраструктури та визначати фактори ризику для безпеки дорожнього руху [2].

Особливої уваги потребує концепція транспортних систем майбутнього, які інтегрують інтелектуальні технології, автоматизацію процесів та інноваційні підходи до організації руху. Дослідження таких систем дозволяє забезпечити баланс між ефективністю перевезень, екологічною стійкістю та високим рівнем безпеки учасників дорожнього руху.

Моделі транспортних систем можна класифікувати за метою та методами аналізу. Математичні моделі включають мережеві моделі транспортних потоків, які дозволяють оцінювати пропускну здатність та час у дорозі; стохастичні моделі, що враховують випадкові фактори, такі як аварійність або погодні умови; та оптимізаційні моделі для визначення ефективного розподілу транспортних потоків і організації руху.

Комп'ютерне та агентне моделювання дозволяє більш детально аналізувати транспортні процеси. Моделі на основі агентів представляють кожного учасника руху як самостійний агент із певною поведінкою, що дозволяє оцінювати вплив індивідуальної поведінки на загальну ефективність та безпеку. Мікроскопічні (мезоскопічні) моделі забезпечують детальне відтворення руху транспортних засобів і оцінку ризиків [3].

Системні та інтегровані моделі застосовуються для комплексного аналізу сучасних транспортних систем. До них належать моделі інтелектуальних транспортних систем (ITS), які інтегрують дані сенсорів, GPS і камер спостереження для оцінки ефективності в реальному часі. Моделі мультимодального транспорту дозволяють оцінювати взаємодію різних видів транспорту та їх вплив на загальну ефективність і безпеку системи [4].

Для оцінки ефективності транспортних систем використовують такі показники, як середня швидкість руху, час у дорозі, пропускну здатність коридорів, рівень завантаженості громадського транспорту, енергоефективність і екологічність перевезень. Показники безпеки включають частоту ДТП та тяжкість наслідків, індекси ризику для пішоходів і велосипедистів, прогнозовані аварійні точки та ефективність заходів регулювання руху.

На функціонування транспортних систем у майбутньому впливатимуть кілька ключових факторів. До технологічних належать впровадження автоматизованих і безпілотних транспортних засобів, інтеграція інтелектуальних транспортних систем та цифровізація процесів управління рухом. Інфраструктурні фактори включають розвиток виділених смуг руху, створення мультимодальних транспортних вузлів та підвищення якості дорожньої мережі. Соціальні та поведінкові фактори пов'язані зі зміною поведінки учасників

руху, дотриманням правил дорожнього руху та культурою безпечного керування транспортом. Економічні та екологічні фактори охоплюють обмеження викидів, стимулювання екологічно чистого транспорту та інвестиції в модернізацію інфраструктури.

Основні транспортні системи майбутнього можна розглядати через кілька ключових компонентів та концепцій.

Інтелектуальні транспортні системи є основою майбутніх транспортних мереж. Вони включають автоматизовані системи управління транспортними потоками, датчики, камери та GPS-трекери для збору даних у реальному часі, алгоритми прогнозування заторів і аварій, а також системи підтримки прийняття рішень для операторів. Такі системи дозволяють оптимізувати рух, підвищити пропускну здатність доріг, зменшити затори та знизити ризик ДТП.

Майбутнє транспорту передбачає широке впровадження автоматизованих та безпілотних транспортних засобів. Автономні автомобілі, автобуси та дрони для перевезення вантажів і пасажирів забезпечують зниження людського фактору у ДТП, оптимізацію маршрутів за рахунок систем самонавчання та інтеграцію з інтелектуальною інфраструктурою для безперервного контролю руху [5].

Особливу роль відіграють мультимодальні транспортні системи, які інтегрують автомобільний, громадський, велосипедний, пішохідний та водний транспорт. Вони передбачають ефективну організацію пересадок на транспортно-пересадкових вузлах, оптимізацію маршрутів із урахуванням часу та вартості, а також зменшення перевантаження міської інфраструктури [4].

Майбутні транспортні системи орієнтовані на екологічну стійкість. До ключових елементів належать використання електричного та гібридного транспорту, стимулювання громадського транспорту та велосипедного руху, а також управління потоками з метою зниження шкідливих викидів і шумового забруднення.

Важливим компонентом є цифровізація та використання великих даних з обробкою штучним інтелектом. Технології дозволяють збирати, аналізувати та прогнозувати транспортні потоки у реальному часі, прогнозувати аварійні ситуації, оптимізувати управління трафіком, планування маршрутів і логістики [6].

Питання безпеки та комфортності залишаються ключовими. Системи забезпечують контроль за дотриманням правил руху, раннє попередження аварій та комфортне пересування пасажирів, враховуючи мобільність людей з обмеженими можливостями.

Таки чином: транспортні системи майбутнього – це комплекс інтелектуальних, автоматизованих, мультимодальних і екологічно сталих рішень, що інтегруються через цифрові платформи та системи управління. Моделювання транспортних систем дозволяє комплексно оцінювати ефективність і безпеку як сучасних, так і перспективних систем. Комбінування математичних, агентних та системних моделей забезпечує реалістичні прогнози та оптимальні рішення для управління транспортними потоками.

Список використаних джерел

1. He Z., Haasis H.-D. A Theoretical Research Framework of Future Sustainable Urban Freight Transport for Smart Cities. *Sustainability*, Vol. 12(5), 2020, <https://doi.org/10.3390/su12051975>.
2. Vieira J., Martins P. J., Patrício H. Towards Resilient and Sustainable Rail and Road Networks: A Systematic Literature Review on Digital Twins. *Sustainability*, Vol. 14(12), 2022. <https://doi.org/10.3390/su14127060>.
3. Modelling and simulation of transportation systems: A scenario planning approach. *Automatika*. Vol. 50(1), 2009, P. 39-50.
4. Cherednichenko K., Ivannikova V., Sokolova O., Yanchuk M. Model of Transport Safety Assessment in Multi-Modal Transportation Systems. *Transport*, Vol. 38(4), 2023, P. 204–213. <https://doi.org/10.3846/transport.2023.20865>.
5. Autonomous Driving Systems for smartbuses. URL: <https://autonomous-systems.pl/>.
6. Rong R., Ma S., Ren N., Lin Q., Jia N. Generative Artificial Intelligence in Intelligent Transportation Systems: A Systematic Review of Applications. *Frontiers of Engineering Management*, Vol.1, 2025. <https://doi.org/10.1007/s42524-025-4241-9>.

УДК: 669.539

ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ ШИН ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ

А.О. Кухарук, *ст. гр. ТАм-11,*

Д.С. Кривогуз, *ст. гр. ТА-41*

А.С. Гогоц, *ст. гр. ТА-43,*

О.П. Подворняк, *ст. гр. ТТЛ-12,*

М.В. Буряк, *доц., канд. техн. наук*

Західноукраїнський національний університет, м Тернопіль

Ефективна робота транспортного сектору безпосередньо залежить від стабільного технічного стану автотранспортних засобів, що вимагає значних ресурсних витрат на їх постійне підтримання. Сучасна автомобільна індустрія приділяє особливу увагу питанням ремонтпридатності та довговічності рухомого складу, оскільки в процесі експлуатації неминуче відбувається погіршення функціональних властивостей автомобілів. Це може бути спричинене різноманітними факторами, включаючи корозію, природне зношування або механічні пошкодження ключових деталей. Хоча обізнаність та відповідальне ставлення водіїв відіграють важливу роль, технічні несправності, що призводять до простоїв підприємства, можуть обернутися великими фінансовими втратами. Крім того, несправності машин є частою причиною дорожньо-транспортних пригод, а несвоєчасне обслуговування посилює екологічне навантаження на навколишнє середовище. Таким чином, технічне обслуговування та ремонт є невіддільною складовою експлуатації будь-якого рухомого складу.

Для забезпечення оптимальної організації цих процесів критично важливим є створення потужної технічної бази, яка дозволить інтегрувати передові форми організації праці, а також підвищити рівень механізації та загальну продуктивність використовуваного обладнання. Своєчасне та якісне обслуговування гарантує безперебійну діяльність транспортного підприємства. Невпинний розвиток галузі обслуговування постійно пропонує новітні методики, які дозволяють значно підвищити ефективність послуг, мінімізувати витрати та скоротити час, необхідний для виконання робіт. Шини, як один із найбільш важливих елементів конструкції автомобіля, безпосередньо відповідають за зчеплення з дорожнім покриттям, керованість, безпеку та комфорт водіння. Тому їх регулярний та якісний догляд є безумовною вимогою.

Належний стан шин є запорукою кращого контролю над автомобілем та запобігання небезпечним ситуаціям на дорозі. Крім того, підтримання правильного тиску в шинах сприяє зниженню опору коченню, що безпосередньо веде до економії палива. Регулярний контроль тиску та загальне обслуговування значно продовжують термін служби шин, запобігаючи їх передчасному зносу. У межах даної дослідницької роботи було поставлено мету: провести глибокий аналіз функціонування шиномонтажного відділення (на прикладі автомобіля Volkswagen LT-35) та розробити конкретні пропозиції щодо оптимізації організації технічного процесу обслуговування та ремонту шин.

Впровадження інноваційних технологій ремонту шин та сучасного обладнання є необхідною умовою для підвищення якості, безпеки та конкурентоспроможності сучасного шиномонтажного відділення. Ключовим напрямком є освоєння методів гарячої вулканізації з використанням професійних пресів-вулканізаторів, що дозволяє відновлювати навіть складні пошкодження (бокові порізи, значні дефекти корду), забезпечуючи максимальну надійність, оскільки сира гума інтегрується в структуру шини при високій температурі та тиску. Паралельно застосовуються багатошарові кордові пластири, які точно відповідають типу корду пошкодженої шини, гарантуючи відновлення структурної цілісності каркаса. Додатково, інноваційний підхід передбачає надання послуг з діагностики та обслуговування датчиків TPMS (системи контролю тиску) за допомогою спеціалізованих програмованих сканерів. Модернізація обладнання охоплює придбання автоматичних шиномонтажних стендів з допоміжними механізмами ("третья рука", центральний затиск). Це обладнання істотно знижує ризик пошкодження дисків та жорстких боковин шин, зокрема низькопрофільних та Run-Flat, під час їх монтажу/демонтажу, підвищуючи швидкість та безпеку робіт. Не менш важливим є використання балансувальних верстатів з 3D-скануванням та лазерним наведенням, які здатні не лише усунути статичний/динамічний дисбаланс, але й виявити проблеми з формою (биттям) колеса, що є запорукою комфорту та безпеки на високих швидкостях. Як додаткову, але невіддільну послугу, варто запровадити ремонт легкосплавних дисків за допомогою аргонно-дугового зварювання (TIG) та гідравлічних рихтувальних станків.

Комплексне впровадження сучасних технологій, таких як гаряча вулканізація та застосування спеціалізованих кордових пластирів, у поєднанні з модернізованим обладнанням (автоматичні стенди, 3D-балансувальні верстати) забезпечує системний підхід до обслуговування шин. Це дозволяє підприємству значно підвищити якість та надійність ремонтних робіт, зменшити простої транспортних засобів, забезпечити високий рівень безпеки експлуатації рухомого складу та зміцнити свою конкурентоспроможність на ринку. Таким чином, інвестиції у технологічне оновлення шиномонтажного відділення є стратегічним кроком, що гарантує його відповідність сучасним вимогам ефективності та технологічності, а також сприяє загальному покращенню технічного стану автопарку.

Список використаних джерел

1. Буряк М.В. Вплив агресивних середовищ на експлуатаційні характеристики матеріалів несучих конструкцій колісних транспортних засобів / М.В. Буряк, Р.І. Розум, О.П. Захарчук, П.В. Попович, П.Б. Прогній // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2023. - Вип.7(38), ч. II. - С. 143-150.
2. Буряк, М.В., Розум, Р.І., Захарчук, О.П., Прогній, П.Б., Попович, П.В., Шевчук, О.С. і Галушак, Д.О. 2022. Оцінка довговічності металоконструкцій автотранспортних засобів. Вісник машинобудування та транспорту. 15, 1 (Чер 2022), 11–16.
3. Буряк, М.В., Розум, Р.І., Фалович, Н.М., Прогній, П.Б., Попович, П.В., Шевчук, О.С. і Антонюк, О.П. 2022. Оцінка міцності та надійності автотранспортних засобів. Вісник машинобудування та транспорту. 15, 1 (Лип 2022), 17–22.
4. Розум Р.І. Експлуатаційна надійність і роботоздатність вантажного автомобільного рухомого складу [Електронний ресурс] / Р.І. Розум, М.В. Буряк, П.Б. Прогній, Н. М. Фалович, О. С. Шевчук, П. В. Попович, О. П. Захарчук // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2022. - Вип. 5(2). - С. 201-205.
5. Розум Р.І. Методологія діагностування автомобільних дизельних двигунів / Розум Р.І., Буряк М. В., Попович П. В., Прогній П. Б., Захарчук О. П. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті 36. наук. ст. - Луцьк, 2022. – С. 138-142.

УДК: 629.1.02

ДИНАМІЧНІ ОБМЕЖЕННЯ ГІБРИДІВ, СПРИЧИНЕНІ СТАРІННЯМ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ БАТАРЕЇ

А.І. Папінко, *ст. викладач, канд. екон наук*

М.В. Буряк, *доц., канд. техн. наук*

Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

У контексті глобальних зусиль зі зниження викидів вуглецю гібридні електричні транспортні засоби посідають ключове місце, виступаючи ефективним перехідним рішенням між традиційними автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння та повністю електричним транспортом. Їхня ефективність і динаміка значною мірою залежать від співпраці ДВЗ та високовольтної акумуляторної батареї. У гібридах ВВБ не призначена для забезпечення великого запасу ходу, але її функція полягає в іншому, вона миттєво надає пікову потужність для прискорення та активно приймає енергію під час рекуперативного гальмування. Саме електрична складова забезпечує гібриду високу чутливість, швидкий відгук на педаль акселератора та оптимальну роботу в міському циклі.

Незважаючи на досконалість гібридної системи, вона підпорядковується фундаментальним фізико-хімічним обмеженням, головним з яких є неминучий процес старіння ВВБ. Цей процес, відомий як деградація, проявляється не лише у зниженні загальної енергетичної ємності, але, що є критичнішим для динаміки, у значному збільшенні внутрішнього опору батареї – так званому "зниженні потужності". Зростання внутрішнього опору створює бар'єр для ефективного протікання струму, безпосередньо обмежуючи як максимальну потужність, яку батарея може віддати електричному двигуну під час прискорення, так і швидкість, з якою вона може прийняти енергію при рекуперації.

Таке обмеження струмових характеристик ВВБ має відчутні наслідки для експлуатаційних показників гібридного автомобіля. У міру старіння батареї можна спостерігати погіршення динаміки, особливо під час різких маневрів або обгонів, оскільки електрична система не може забезпечити очікуване пікове прискорення. Крім того, знижується ефективність рекуперації, що змушує систему управління частіше використовувати механічні гальма та частіше запускати ДВЗ для підтримки оптимального рівня заряду, що, зрештою, призводить до зростання витрати пального та зниження загальної економічності, нівелюючи одну з головних переваг гібридної технології.

Експлуатаційна спроможність гібридного автомобіля критично залежить від здатності його високовольтної батареї своєчасно забезпечувати великі електричні струми для підтримки двигуна та ефективного відновлення енергії. З часом батарея неминуче піддається процесу деградації, що проявляється у двох основних обставинах. Перша, це втрата ємності, і полягає вона у зменшенні загального запасу накопиченої енергії, переважно через втрату активного літію та формування пасивуючого шару твердого електроліту на аноді. Хоча зниження ємності впливає на загальну паливну ефективність, для динамічних характеристик набагато важливішим є друга обставина, а саме зниження потужності. Воно прямо пов'язане зі значним збільшенням внутрішнього опору батареї, який стає головним обмежувачем її продуктивності.

Зростання внутрішнього опору обумовлене низкою складних електрохімічних процесів, що відбуваються всередині елементів. З часом шар пасивуючого електроліту потовщується та ущільнюється, ефективно уповільнюючи переміщення іонів літію між електродами. До цього додається погіршення контактного опору та можлива корозія струмоміначів, а також зниження іонної провідності електроліту, особливо під впливом

температурних коливань. Усі ці фактори діють спільно, вони обмежують максимальну швидкість обміну енергією, незалежно від того, скільки літію залишається в активному матеріалі. Таким чином, навіть якщо батарея має достатню ємність, її здатність до швидкої віддачі або прийому струму значно падає. Напруга на клеммах батареї (V_t) під час розряду зменшується через внутрішній опір згідно з фундаментальним рівнянням:

$$V_t = V_{oc} - I \cdot R_{int} \quad (1)$$

де V_{oc} — напруга розімкнутого кола, I — струм навантаження, а R_{int} — внутрішній опір. Зі зростанням R_{int} падіння напруги стає більш значним при тому ж струмі, обмежуючи роботу інвертора та електродвигуна.

Специфіка використання гібридних автомобілів, прискорює цю деградацію потужності. На відміну від електромобілів, гібрид постійно працює у режимі високих і частих пікових струмів під час кожного прискорення чи рекуперації. Інтенсивні струмові навантаження призводять до значного теплового та механічного стресу. Окрім того, система управління батареєю зазвичай підтримують стан заряду у вузькому, середньому діапазоні близько, 20–70%, що також сприяє процесам деградації. Основною каталітичною причиною прискореного старіння є температурний режим, високі струми, особливо в умовах неоптимального охолодження, викликають підвищення внутрішньої температури елементів, що основою для небажаних хімічних реакцій.

Прямий фізичний зв'язок між старінням і динамікою стає очевидним, якщо розглянути вплив внутрішнього опору на максимальну доступну електричну потужність (P_{max}). Відповідно до базових електричних принципів, пікова потужність, яку батарея може віддати, обернено пропорційна опору. Згідно з теорією передачі максимальної потужності, це можна виразити як:

$$P_{max} = \frac{V_{oc}^2}{4R_{int}} \quad (2)$$

Ця залежність означає, що навіть помірне зростання R_{int} призводить до значного зниження P_{max} , безпосередньо впливаючи на динаміку. Крім того, збільшення опору посилює теплові втрати (P_{loss}), які створюються як внутрішнє тепло за формулою:

$$P_{loss} = I^2 \cdot R_{int} \quad (3)$$

Збільшення R_{int} призводить до більшого тепловиділення, що створює додаткове тепло обмеження, змушуючи систему управління ще більше обмежувати струм для захисту батареї. Як наслідок, старіння батареї через зростання внутрішнього опору безпосередньо призводить до зниження здатності електричної частини гібридної системи забезпечувати необхідну динаміку.

Зростання внутрішнього опору, трансформується у прямі динамічні та економічні обмеження. Перш за все, деградація батареї проявляється у зниженні потужності прискорення. У гібридній системі електричний двигун слугує головним джерелом миттєвого додаткового крутного моменту, необхідного для швидкого відгуку під час маневрів. Однак, оскільки максимальна доступна електрична потужність (P_{max}) обернено пропорційна внутрішньому опору, старіння батареї неминуче зменшує ці динамічні характеристики. З фізичної точки зору, максимальний струм розряду, який батарея може безпечно видати ($I_{max,dis}$), обмежений допустимим мінімальним рівнем напруги на клеммах (V_{min}) для інвертора, згідно з залежністю:

$$I_{max,dis} = \frac{V_{oc} - V_{min}}{R_{int}} \quad (4)$$

де V_{oc} — напруга розімкнутого кола, а V_{min} — мінімально допустима робоча напруга. Зі зростанням внутрішнього опору ця величина значно зменшується, що призводить до

помітного погіршення відчуття динаміки. Системі управління доводиться частіше і швидше підключати двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) на високих обертах для компенсації нестачі електричної потужності, що не тільки погіршує плавність руху, але й може становити ризик під час критичних маневрів, таких як обгін на трасі.

Другим значним обмеженням є зниження ефективності рекуперативного гальмування. Рекуперація це основний елемент паливної ефективності гібрида, вона дозволяє перетворювати кінетичну енергію автомобіля назад в електричну і запасати її у батареї. Проте, високий внутрішній опір обмежує струм, який батарея може поглинути, що призводить до обмеження прийому заряду. Максимальний струм заряду ($I_{max,ch}$), який може бути прийнятий під час рекуперації, обмежується максимально допустимою напругою (V_{max}), щоб уникнути пошкодження елементів, і описується як:

$$I_{max,ch} = \frac{V_{max} - V_{oc}}{R_{int}}$$

Оскільки R_{int} знаходиться у знаменнику, його збільшення призводить до прямого падіння $I_{max,ch}$. Коли батарея не може швидко поглинути всю генеровану енергію, система змушена перенаправляти надлишкову енергію на традиційні гальма. У результаті значна частина енергії, яка мала б бути збережена для подальшого використання, розсіюється у вигляді тепла. Прямим наслідком цього є зниження загальної економічності автомобіля та зменшення пробігу, який гібрид може подолати виключно на електричній тязі, особливо в умовах інтенсивного міського трафіку, де рекуперація найбільш інтенсивна.

Окрім прямого впливу на потужність, старіння батареї вимагає адаптивної зміни логіки роботи системи управління батареєю. Щоб захистити стару батарею від надмірного теплового навантаження та неприпустимих падінь напруги, система стає менш гнучкою, вона вимушена звужувати робочий діапазон стану заряду. Наприклад, якщо нова батарея використовувала діапазон 20-70%, то деградована може бути обмежена діапазоном 30-60%. Це означає, що ДВЗ повинен працювати довше і запускатися частіше, щоб підтримувати батарею у вузькому але безпечному проміжку. Таким чином, деградація ВВБ призводить до збільшення навантаження на ДВЗ та додаткового зносу його компонентів, що є непрямим, але суттєвим експлуатаційним обмеженням. Отже, проблеми старіння батареї трансформуються в комплексний негативний вплив на керування, динаміку та економічність усієї гібридної силової установки.

Список використаних джерел

1. Huang, F., Sumida, Y., Nomura, A., Matsumura, H., Kamiya, Y., Daisho, Y., & Morita, K. (2012). Analysis of Adverse Effects on Vehicle Performance Due to Hybrid Vehicle Battery Deterioration. *World Electric Vehicle Journal*, 5(2), 307-314. <https://doi.org/10.3390/wevj5020307>
2. Grandjean, T. R. B., Groenewald, J., McGordon, A., Widanage, W. D., & Marco, J. (2018). Accelerated Internal Resistance Measurements of Lithium-Ion Cells to Support Future End-of-Life Strategies for Electric Vehicles. *Batteries*, 4(4), 49. <https://doi.org/10.3390/batteries4040049>
3. Smith, K., Earleywine, M., Wood, E., Neubauer, J. et al., "Comparison of Plug-In Hybrid Electric Vehicle Battery Life Across Geographies and Drive Cycles," SAE Technical Paper 2012-01-0666, 2012, <https://doi.org/10.4271/2012-01-0666>.
4. Thomas, J., Huff, S., West, B., and Chambon, P., "Fuel Consumption Sensitivity of Conventional and Hybrid Electric Light-Duty Gasoline Vehicles to Driving Style," *SAE Int. J. Fuels Lubr.* 10(3), 2017, <https://doi.org/10.4271/2017-01-9379>.
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
6. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)

УДК 656.13:656.056

ОРГАНІЗАЦІЯ, ЗМІНА ТА ЗАКРИТТЯ МАРШРУТІВ (СКЛАДАННЯ ПАСПОРТУ МІСЬКОГО МАРШРУТУ)

М.О. Сорокіна, *ст. гр. ТТ-22-1,*
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Ефективність роботи міського пасажирського транспорту значною мірою залежить від раціональної організації маршрутної мережі. Зміни у чисельності населення, розвиток житлових масивів, будівництво нових доріг і торгових центрів зумовлюють необхідність відкриття нових або оптимізації існуючих маршрутів.

Організація маршруту включає:

- визначення напрямку руху (початковий і кінцевий пункти);
- розрахунок довжини маршруту та часу в дорозі;
- обґрунтування інтервалів руху;
- підбір рухомого складу відповідно до пасажиропотоку;
- врахування пересадочних вузлів.

1. Зміна маршруту може бути викликана:

- реконструкцією дорожньої мережі;
- відкриттям нових мікрорайонів;
- зміною пасажиропотоків;
- потребою інтеграції з іншими видами транспорту.

2. Закриття маршруту здійснюється у разі:

- дублювання іншими маршрутами;
- нерентабельності перевезень;
- значного зниження попиту.

Паспорт маршруту – офіційний документ, що затверджується органом місцевої влади або уповноваженим департаментом транспорту, розробляється відповідно наказу Міністерства транспорту та зв'язку України від 07.05.2010 № 278 «Про затвердження Порядку розроблення та затвердження паспорта автобусного маршруту». Він включає основні технічні й організаційні параметри маршруту, зміст розділів якого наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Структура паспорта міського маршруту

Розділ паспорта	Зміст
Загальні відомості	Номер і назва маршруту, перевізник
Схема маршруту	Карта руху з усіма зупинками
Характеристика маршруту	Довжина, час рейсу, кількість зупинок
Рухомий склад	Типи автобусів/тролейбусів, пасажиромісткість
Графік руху	Інтервали у години пік і непік, розклад
Випуск на лінію	Кількість транспортних засобів, зміни
Пасажиропотік	Середньодобовий та годинний пасажиропотік
Умови перевезень	Тариф, пільги, безпека, доступність
Відповідальність перевізника	Зобов'язання щодо якості та безпеки

Висновки. Рациональна організація маршрутної мережі забезпечує ефективність транспортної системи міста. Паспорт маршруту є базовим документом, що регламентує параметри перевезень. Оптимізація маршрутів потребує врахування соціально-економічних і демографічних факторів. Використання транспортних моделей (PTV VISUM, VISUM.NET) підвищує точність планування.

Список використаних джерел

1. Постанова Кабінету Міністрів України №1081 від 03.12.2008 р. Про затвердження Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту.
2. Moroz, O.V. and Moroz, M.M., 2014. Specific features of city public transport financing (Kremenchuk case study). *Actual Problems of Economics*, 160(1), pp. 239–246.
3. Moroz M. M., Korol S. O., Boiko Y. O. Social traffic monitoring in the city of Kremenchuk / M. M. Moroz, S. O. Korol, Y. O. Boiko // *Actual Problems of Economics*. – К. – 2016. – № 1 (175). – С. 385 – 398.
4. Мороз М.М. Удосконалення транспортної системи пасажирських перевезень м. Кременчук // *Збірник наукових праць*. – Вип. 2 (41). – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – С. 156–164.
5. Ortúzar J. de D., Willumsen L. *Modelling Transport*. Wiley, 2011.
6. Мороз Н.Н. Проблемы пассажирского транспорта общего пользования г. Кременчуг // *Вісник Національного технічного університету «ХП»*. – Харків: НТУ «ХП», 2014. – № 44. – С. 103–108.
7. Левковець П.Р., Мороз М.М., Кобилицький Р.В. Удосконалення логістичного управління перевезень пасажирів / *Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського*. – Випуск 6/2007 (47). – Частина 1. – С. 113-115.
8. Мороз М.М. Розробка заходів удосконалення маршрутної мережі громадського транспорту м. Кременчук на основі розподілу пасажиропотоку гравітаційним методом // *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: науковий журнал*. – 2015. – № 2 (219). – С. 44–49.
9. Moroz, M., Markevich A., Moroz O., Vasytkovskyi O. Results of Social-Transport Monitoring of Passenger Transportation Kremenchuk City / *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, 2019, Col.2(33) 76-90.
10. Rodrigue J.-P. *The Geography of Transport Systems*. Routledge, 2020.
11. Левковець П.Р., Мороз М.М., Бубела А.В., Лабуга А.В. Системні аспекти вдосконалення логістичного сервісу. *Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського*. – 2014. – №5. – С. 108–111.
12. Дмитрієв М.М., Мороз М.М. Основні напрями вдосконалення міських пасажирських перевезень м. Кременчук / *Управління проектами, системний аналіз і логістика*, Вип. 10, с. 58-62, 2012.
13. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / *Вісник КДПУ*. – Кременчук. – 2009. – Вип. 5. – С. 58-60.
14. Moroz M., Korol S., Plichko A. Improvement of urban transport system / *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. – 2016. – Випуск 6 (1). – С. 71-75.
15. Мороз М., Норцов О., Кальянов В. Підвищення ефективності системи міських пасажирських перевезень шляхом удосконалення розкладу руху транспортних засобів / *Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції*. Кропивницький: ЦНТУ. – 2021. – С. 95.
16. Міністерство інфраструктури України. *Методика організації міських пасажирських перевезень*. Київ, 2021.
17. Лаврик В.В., Кузев І.О., Мороз М.М. Підвищення ефективності міського транспорту загального користування за рахунок створення об'єднаних підприємств / *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems"*, 13-15 квітня 2022 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 34-36.
18. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В. Якість та контроль транспортного процесу (вантажні та пасажирські автомобільні перевезення): навч. посібник. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2023. 138 с.
19. Moroz M.M., Khorolskyi V.L., Moroz O.V., Herasymchuk V.V., Vasytkovska K.V. Organization and provision of buses operation on the route taking into account the expenditures of participants of the transportation process / (2018) *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. – 7 (4.3). – pp. 206-210.
20. PTV Group. VISUM – Transport Planning Software. – <https://www.ptvgroup.com>
21. Мороз М. М., Гайкова Т. В., Солошич І. О. Оптимізація режимів взаємодії магістрального та міського пасажирського транспорту м. Кременчук / (2024) *Збірник наукових праць «Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки»*, Вип. № 9 (40). – С. 197-204. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.197-204](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.197-204)
22. Шведчикова І., Солошич І., Мороз М. Аналіз інноваційних фізичних методів неруйнівної діагностики для забезпечення екологічної безпеки на міському електротранспорті / (2024) *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. Випуск 1/2024 (144). – С. 117-123. DOI <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.1.15>

УДК: 629.1.02

ДОВГОВІЧНІСТЬ ДВЗ ЗАВДЯКИ ГІБРИДИЗАЦІЇ

А.І. Папінко, ст. викл., канд. екон наук

М.В. Буряк, доц., канд. техн. наук

Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

Сучасні автомобілі перебувають на ключовому етапі трансформації, зумовленому запровадженням екологічних норм зокрема, майбутніми стандартами Еуро-7, та необхідністю підвищення енергоефективності транспорту. У цьому плані гібридні силові установки набувають важливого значення, вони виступають в ролі компромісу, поєднуючи переваги електротранспорту зі звичним двигуном внутрішнього згорання.

З інженерної точки зору, гібридна система значно складніша, оскільки включає в себе високовольтні компоненти, що могло б призводити до загального зниження надійності, проте, дослідження свідчать про те, що класичні гібриди часто демонструють вищий показник безвідмовної роботи порівняно з їхніми чисто бензиновими аналогами. Саме завдяки механізмам оптимізації роботи ДВЗ гібридні автомобілі стають більш надійшими. Гібридизація перетворює ДВЗ із самостійного тягового агрегату на високоточний пристрій для генерації енергії, який працює під точним контролем електронної системи керування, тим самим захищаючи його від пікових навантажень та режимів експлуатації в яких він може зношуватись швидше. Завдяки цьому електродвигун бере на себе всі пікові навантаження та функцію рушання з місця, дозволяючи ДВЗ працювати виключно у вузькій зоні максимального коефіцієнта корисної дії. Цей оптимальний діапазон обертів та навантажень є найбільш стабільним та найменш шкідливим для ресурсу ДВЗ, оскільки він виключає роботу на низьких обертах під високим навантаженням, що в свою чергу спричиняє вібрації та ударні навантаження, та роботу на надто високих обертах. Саме це кардинально відрізняє гібридний агрегат від традиційного ДВЗ, робота якого неминуче включає тривалий час роботи на холостому ході та часті перевантаження.

Зниження внутрішнього зносу також досягається завдяки конструктивній адаптації ДВЗ до гібридної схеми, зокрема, через використання циклу Аткинсона або Міллера. Хоча ці цикли впроваджені для підвищення теплової ефективності, вони мають прямий позитивний вплив на довговічність. Нижчий ефективний ступінь стиснення, який використовується в цих циклах, призводить до зниження максимального тиску та робочої температури в циліндрах. Використання цих циклів суттєво зменшує термічний знос головки блоку циліндрів, поршневої групи та підвищує стабільність мастильних властивостей моторної оливи в умовах меншого теплового стресу.

Технічно зміщення робочих режимів ілюструється значним перерозподілом часу роботи ДВЗ у різних режимах порівняно з негібридним аналогом. Наприклад, для міського циклу руху можна спостерігати таке зміщення:

Таблиця 1 - Порівняння режимів роботи ДВЗ у міському циклі.

Режим роботи	Звичайний ДВЗ	Гібридний ДВЗ	Вплив на знос
Холостий хід та низькі оберти	до 30% часу	0–5% часу	Усунення режимів з підвищеним зносом
Робота в зоні максимальної теплової ефективності	20–35% часу	70–95% часу	Максимальне використання оптимальних режимів
Пікові та високі навантаження	5–10% часу	0%	Захист від ударних навантажень

Мінімізація механічного зносу досягається шляхом усунення двох критичних факторів. Перший це виключення роботи на холостому ходу та забезпечення м'якого старту. Холостий хід, що характеризується недостатнім тиском мастила, повністю усувається, оскільки всі допоміжні системи живляться від батареї, коли ДВЗ не працює. Запуск двигуна здійснюється потужним високовольтним мотор-генератором, який забезпечує плавний і швидкий запуск агрегату, повністю усуваючи ударні навантаження, які властиві для класичного стартера. Другий важливий механізм — інтелектуальний термічний менеджмент, який мінімізує кількість холодних пусків, які є найбільш важкою фазою експлуатації. Ця система використовує електричні насоси мастила та охолоджуючої рідини, які можуть забезпечити примусову циркуляцію та попередній підігрів агрегату перед його наступним запуском, гарантуючи, що всі деталі які піддаються тертю будуть покриті оливною плівкою з перших секунд роботи.

Підвищення довговічності ДВЗ у гібридних автомобілях не обмежується лише оптимізацією його внутрішніх робочих режимів, воно має значний опосередкований вплив на загальну надійність усієї силової установки. Ключовим тут є спрощення трансмісії. Багато гібридних автомобілів, особливо ті, що використовують архітектуру Toyota, застосовують планетарні редуктори, які ефективно замінюють складні класичні автоматичні коробки передач. Ці редуктори, відомі як e-CVT або Power Split Devices, не містять фрикційних пакетів, гідротрансформаторів чи великої кількості механічних шестерень. Зменшення кількості рухомих та термічно навантажених компонентів значно підвищує загальну надійність трансмісії. Системна надійність, що працює в парі з інтелектуальною EMS, знижує загальні вібраційні та ударні навантаження на ДВЗ, запобігаючи вторинним пошкодженням, які часто виникають у традиційних автомобілях через несправності трансмісії. Додатковою перевагою є використання рекуперативного гальмування, що зменшує термічне навантаження на гальмівну систему, підвищуючи загальний ресурс і безпеку транспортного засобу.

Водночас, необхідно зазначити, що ускладнення системи створює і нові ризики. Головним з них є деградація акумуляторної батареї, яка з часом неминуче втрачає свою ємність. Коли ємність батареї падає, система управління енергією змушена частіше вмикати ДВЗ і утримувати його увімкненим довше, ніж це необхідно, щоб підтримувати рівень заряду. Крім того, надійність гібридної системи в цілому залежить від бездоганної роботи високовольтної електроніки, а її діагностика та обслуговування вимагають вищої кваліфікації персоналу станцій технічного обслуговування.

Незважаючи на підвищену складність гібридної системи, вона залишається надзвичайно ефективною в плані експлуатаційного ресурсу ДВЗ. Система керування енергією захищає двигун від термічних та механічних стресів завдяки роботі виключно у зоні максимального ККД, використанню циклу Аткинсона для зниження робочих температур, усуненню холостого ходу та забезпеченню м'якого старту електромотором. Тому ресурс ДВЗ у гібридних автомобілях значною мірою зростає не за рахунок удосконалення матеріалів, а за рахунок інтелектуального обмеження робочих режимів, що виключає найбільш критичні фази експлуатації.

Список використаних джерел

1. Schutting, Eberhard & Neureiter, Andreas & Fuchs, Christian & Schatzberger, Thorolf & Klell, Manfred & Eichlseder, Helmut & Kammerdiener, Thomas. (2007). Miller- and Atkinson-Cycle on a turbocharged diesel engine. *MTZ worldwide*. 68. 10.1007/BF03226837.
2. Jiang, Jiajia & Zheng, Lipeng & Tang, Haifeng & Chen, Xiaofeng. (2020). Study and Analysis of a Multi-Mode Power Split Hybrid Transmission. *World Electric Vehicle Journal*. 11. 46. 10.3390/wevj11020046.
3. Osipowicz, Tomasz & Gołębiewski, Wawrzyniec & Lewicki, Wojciech & Koniuszy, Adam & Abramek, Karol & Prajowski, Konrad & Klyus, Oleh & Gałdyński, Dominik. (2024). Analysis of Energy Efficiency Parameters of a Hybrid Vehicle Powered by Fuel with a Liquid Catalyst. *Energies*. 17. 5138. 10.3390/en17205138.
4. Zhu, Di & Pritchard, Ewan & Dadam, Sumanth & Kumar, Vivek & Xu, Yang. (2021). Optimization of rule-based energy management strategies for hybrid vehicles using dynamic programming. *Combustion Engines*. 184. 10.19206/CE-131967.

УДК: 656:35.078

ЗАКОНОДАВЧА ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВА БАЗА У СФЕРІ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

М.О. Сорокіна, *ст. гр. ТТ-22-1,*
М.М. Мороз, *проф., д-р. техн. наук*
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

Розвиток транспортних технологій неможливий без ефективної законодавчої та нормативно-правової бази, яка визначає правила функціонування транспортної системи, гарантує безпеку перевезень, регулює відносини між учасниками транспортного процесу та забезпечує інтеграцію національної інфраструктури у міжнародний транспортний простір. Правове регулювання здійснюється на основі Конституції України (ст. 116, 119). Основними законодавчими актами є:

- Закон України «Про транспорт» (1994 р.);
- Закон України «Про автомобільний транспорт» (2001 р.);
- Закон України «Про залізничний транспорт» (1996 р.);
- Закон України «Про дорожній рух» (1993 р.);
- Закони «Про морський і річковий транспорт», «Про авіаційний транспорт»;
- Митний кодекс України та Податковий кодекс України.

Нормативно-правові акти включають постанови Кабінету Міністрів України, накази Міністерства інфраструктури, галузеві стандарти ДСТУ, а також міжнародні угоди (Конвенція CMR, SOLAS, ICAO). Важливим напрямом є гармонізація українського законодавства з правом ЄС (*acquis communautaire*), зокрема у сфері:

- інтеграції до Транс'європейської транспортної мережі (TEN-T);
- впровадження стандартів безпеки та екологічних норм;
- цифровізації транспортних процесів (електронні документи, інтелектуальні транспортні системи).

Основні проблеми правового регулювання у сфері транспортних технологій:

1. Недостатня гармонізація з міжнародними стандартами;
2. Суперечності між законодавчими та підзаконними актами;
3. Недостатня цифровізація правового забезпечення перевезень;
4. Відставання нормативної бази від технологічних інновацій.

Перспективи розвитку:

- впровадження єдиної електронної транспортної системи документообігу;
- адаптація законодавства до вимог ЄС;
- розробка правової бази для інноваційних технологій (електромобілі, дрони, безпілотний транспорт);
- удосконалення механізмів державного контролю та відповідальності перевізників.

Законодавча та нормативно-правова база у сфері транспортних технологій є ключовим чинником розвитку транспортної системи України. Її модернізація та гармонізація з європейськими нормами дозволять підвищити ефективність транспортної галузі, забезпечити конкурентоспроможність України та інтеграцію у глобальні транспортні коридори.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про транспорт» від 10.11.1994 № 232/94-ВР.

2. Moroz, O.V. and Moroz, M.M., 2014. Specific features of city public transport financing (Kremenchuk case study). *Actual Problems of Economics*, 160(1), pp. 239–246.
3. Левковець П.Р., Мороз М.М., Бубела А.В., Лабуа А.В. Системні аспекти вдосконалення логістичного сервісу. *Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського*. – 2014. – №5. – С. 108–111.
4. Мороз Н.Н. Проблемы пассажирского транспорта общего пользования г. Кременчуг // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 44. – С. 103–108.
5. Zahorianskyi V., Zahorianska O., Moroz M. and Moroz O. Development of a Model for Minimizing the Energy Costs of the Transport and Technological Complex, 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022, pp. 1-5.
6. Закон України «Про залізничний транспорт» від 04.07.1996 № 273/96-ВР.
7. Мороз М.М. Розробка заходів удосконалення маршрутної мережі громадського транспорту м. Кременчук на основі розподілу пасажиропотоку гравітаційним методом // *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: науковий журнал*. –2015. – № 2 (219). – С. 44–49.
8. Moroz, M., Korol, S., Yelistratov, V., Moroz, O., Korol, K., Zahorianskyi, V. (2020) Device for Stabilizing the Electrical Power of a Diesel Generator in Transport / *Proceedings of the 25th IEEE International Conference on Problems of Automated Electric Drive. Theory and Practice, PAEP 2020*, DOI: 10.1109/PAEP49887.2020.9240910.
9. Vasylovskaya, K., Vasylovskiy, O., Leshchenko, S., Sviren, M., Moroz, M. (2020) Identification of parameters of pneumatic and mechanical seeding device under the influence of vacuum / *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26 (5), pp. 1091-1094.
10. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Король С.О., Хорольський В.Л., Кузев І.О. Моделирование состава группы грузовых автомобилей для оптимального обслуживания свиного комплекса / *Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of machine and equipment reliability*, 2020. – р. 241-242.
11. Закон України «Про автомобільний транспорт» від 05.04.2001 № 2344-III.
12. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / *Вісник КДПУ. – Кременчук*. – 2009. – Вип. 5. – С. 58-60.
13. Балкунов М.В., Мороз М.М. Створення нормативно-правових основ експедиторської діяльності / *Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 17 – 19 листопада 2022 р. "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту"*. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 68 – 73.
14. Гайкова Т. В., Мороз М. М., Загорянський В. Г., Буренніков Ю. Ю. Проектний аналіз цифрових технологій в управлінні ланцюгом постачання / *Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486*. - №2(18), 2023. – С. 17-22. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-17-22>.
15. Закон України «Про дорожній рух» від 30.06.1993 № 3353-XII.
16. Moroz O., Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Vasylovskaya K. Digital Marketing Communications Transformation in Wartime / 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES). – pp. 1-6. DOI: 10.1109/MEES61502.2023.10402369
17. Zahorianskyi V., Moroz M., Kovtsur K. Ergonomic and logistic ensuring the requirements for the comfort during the organization of passenger transportation in a small-capacity bus / (2024) *Транспортні системи та технології перевезень*, Вип. № 28. С. 60–64. DOI: <https://doi.org/10.15802/tst2024/311997>
18. Moroz M.M., Khorolskyi V.L., Moroz O.V., Herasymchuk V.V., Vasylovskaya K.V. Organization and provision of buses operation on the route taking into account the expenditures of participants of the transportation process / (2018) *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. – 7 (4.3). – pp. 206-210.
19. European Commission. *European Transport Policy for 2050*. Brussels, 2021.
20. Мороз М. М., Гайкова Т. В., Солошич І. О. Оптимізація режимів взаємодії магістрального та міського пасажирського транспорту м. Кременчук / (2024) *Збірник наукових праць «Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки»*, Вип. № 9 (40). – С. 197-204. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.197-204](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.197-204)
21. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Король С.О. Оптимізація вантажних робіт і розміщення тарно-штучних вантажів в транспортних засобах і складах із застосуванням методів ергономіки і теорії систем / (2024) *Транспортні системи та технології перевезень*, Вип. № 28. С. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.15802/tst2024/311996>
22. OECD/ITF. *Transport Outlook 2023: Sustainable Mobility for All*. Paris: OECD Publishing, 2023.
23. Огар О. М., Мороз М. М., Круглова Н. С., Чорний О. С. Перспективи застосування елементів штучного інтелекту в системах автоматизованого проектування залізничних станцій та вузлів. *Інтелектуальні транспортні технології : тези доповідей 3-ї міжнар. наук.-техн. конф. (22-23 листопада 2022 р.)*. – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – С. 169–170.
24. Колий О.С., Мороз М.М. Оцінка сценаріїв дорожнього руху в Bad Hessa на основі моделі PTV VISSIM. *Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Сталлий розвиток транспортних систем: наука і практика: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., 25–26 листоп. 2024 р. Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т.* – Харків, 2024. – С. 296–299.
25. Rodrigue J.-P. *The Geography of Transport Systems*. 5th edition. New York: Routledge, 2020.

УДК 62-144:621.372:697.942

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ПЕРІОДИЧНОСТІ ЗАМІНИ ПОВІТРЯНИХ ФІЛЬТРІВ КАРБЮРАТОРНИХ ДВИГУНІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

Ю. А. Новицький, асп.,

З. В. Ружи́ло, доц., канд. техн. наук.,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Забезпечення належної якості повітря, що подається в циліндри двигуна, є ключовим чинником стабільної роботи карбюраторних силових агрегатів. Відомо, що підвищений опір повітряному потоку через забруднення фільтра призводить до збагачення паливної суміші, збільшення витрати палива, підвищення токсичності викидів та нестійкої роботи карбюратора [1]. Дослідження, наведені в наукових публікаціях з фільтрації повітря та експлуатації ДВЗ [2, 3], підтверджують значний вплив технічного стану фільтрувального елемента на ефективність згорання, ресурс двигуна та загальну надійність транспортного засобу.

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що якісна фільтрація повітря є визначальним фактором за попередження абразивного зношування циліндро-поршневої групи та зменшенні нагароутворення [4]. Дослідження, виконані за методиками, наближеними на фільтрувальному елементі та ступеня його забруднення. У роботах, присвячених фільтрації повітря для ДВЗ легкових автомобілів, відмічається, що збільшення опору в повітряному тракту більше ніж на 30–40 % від номінального веде до зниження коефіцієнта наповнення циліндрів, погіршення динамічних показників та підвищення питомої витрати палива до 5–7 %.

В літературі також наголошується на залежності періодичності заміни від умов експлуатації: міські режими з високою запиленістю, рух по ґрунтових дорогах, аграрні регіони та експлуатація в сухих кліматичних зонах вимагають значно частішої заміни фільтрів [5-8]. Польові дослідження технічного стану легкових автомобілів свідчать, що забруднення фільтрувального елемента у карбюраторних двигунах проявляється швидше, ніж у сучасних системах з електронним упорскуванням, оскільки карбюратор чутливіший до зміни концентрації повітря у суміші.

Узагальнюючи результати наукових джерел, можна сформулювати такі рекомендації щодо умов експлуатації автомобілів при дослідженні повітряних фільтрів ДВЗ карбюраторних автомобілів:

- стандартні умови експлуатації (чисті дорожні покриття, міські маршрути);
- підвищена запиленість, змішані маршрути, часті поїздки по ґрунтових дорогах;
- сільська місцевість та пилові райони, експлуатація в літній сезон;
- екстремальні або сезонні навантаження (будівельні майданчики, кар'єри).

Автори робіт у сфері надійності систем очищення повітря у двигунах відзначають, що більш точним показником доцільності заміни є перепад тиску на фільтрі, оскільки він дозволяє визначити ступінь фактичного забруднення, незалежно від пробігу.

Таким чином, проведений огляд підтверджує, що періодичність заміни повітряних фільтрів повинна визначатись не тільки регламентом виробника, але й фактичними умовами експлуатації, типом місцевості та характеристиками запиленості повітря. Результати досліджень підкреслюють необхідність комплексного підходу до оцінювання стану фільтра,

що включає вимірювання перепаду тиску, аналіз структури забруднень та огляд фільтрувальної поверхні.

Але дослідження напрямів забезпечення надійності автомобілів і транспортних машин повинні враховувати не лише умови експлуатації та результати моніторингу технічного стану фільтрувальних елементів, але й використовувати для прийняття рішень стратегії ремонту та витрати на їх реалізацію [9-15]. Застосування такого підходу забезпечить підвищення надійності двигунів та стабільність їх робочих характеристик.

Список використаних джерел

1. Продеус О. В., Новицький А. В., Ружило З. В. «Лідерство в сфері фільтрації» – ефективний напрям забезпечення надійності техніки. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. Кропивницький: ЦНТУ, 2017. С. 255–256.
2. Новицький А., Ружило З., Карабиньох С., Новицький Ю. Повітряні фільтри для двигунів внутрішнього згорання та особливості їх обслуговування. *Agroexpert*. 2018. №1 (114). С. 64–67.
3. František Synák, Alica Kalašová, Ján Synák. Air Filter and Selected Vehicle Characteristics.
4. *Sustainability*. 2020. №12 (22). DOI:10.3390/su12229326
5. P. Ravi Chander, Sudheer Prem Kumar, K. Vijaya Kumar Reddy, S. Chakradhar Goud. Performance analysis of air filters for diesel engine: an experimental approach. *International Journal of Research in Engineering & Applied Sciences*. 2014. VOLUME 4, ISSUE 2. pp. 14–32. <http://www.euroasiapub.org>.
6. Vishal S. R., Prataprao K. O., Pravin N. A. and Rammohan A. Investigation of effect of air filter clogging on performance and emissions from engine. *International conference on Microelectronic Devices, Circuits and Systems (ICMDCS)*. 2017. Vellore, India. pp. 1–6, DOI: 10.1109/ICMDCS.2017.8211699
7. Aulin V. V. та ін. (2023). Optymalnyi kompleks operatsii tekhnichnoho obsluhovuvannya i remontu dlia pidvyshchennia nadiinosti vuzliv, system ta ahrehativ mobilnykh mashyn. *Tsentrálnoukr. nauk. visn. Tekhn. nauky*. 8 (39) II. 175–189. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).2.175-189](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.175-189).
8. Novytskyi A. V., Bannyi O. O. Statistical analysis of functioning of repair service of Ukraine. *Machinery and Energetics*. 2021. № 12 (2), pp. 39–47. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.039>.
9. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
10. Кульова Д.О., Магопець С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
11. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
12. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271).
13. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
14. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.

УДК 631. 171.

ПОШКОДЖЕННЯ АВТОТРАКТОРНИХ ШИН ТА ОСНОВНІ ПРИЧИНИ ЇХ ВИНИКНЕННЯ

А.З. Ружило, асп.,

А.В. Новицький, доц., канд. техн. наук.,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Переважна більшість мобільної техніки для переміщення використовує колісні конструкції. Пневматична шина – одна з найважливіших частин автомобільного колеса. Вона забезпечує якісне щеплення з поверхнею кочення, вбирає незначні поштовхи та удари від нерівностей дороги під час руху. Це забезпечується еластичністю шини й пружністю повітря, яким її заповнено.

Автотракторні шини достатньо вартісні вироби, до того ж вони належать до деталей, що швидко зношуються та лімітують ресурс виробу. За час служби трактора чи самохідної сільськогосподарської машини шини обновлюються як правило три-чотири рази, а в автомобілів цей показник може доходити до восьми-десяти разів. На експлуатаційні витрати, пов'язані з використанням шин припадає приблизно 10-15 % від загальних витрат на експлуатацію трактора чи автомобіля.

Показник зносу є найважливішою характеристикою, що показує, як довго шина залишиться працездатною. Протектор кожної шини схильний до зносу і дуже важливо не пропустити той момент, коли він досяг критичного рівня і шина вже не може забезпечити належну безпеку.

Кожна нова модель шини проходить тестування по офіційно встановленій методиці, і їй привласнюється показник зносу протектора, який теоретично відповідає тривалості «життя» шини. Показник зносу є теоретично величиною і не може бути безпосередньо пов'язаний з практичним терміном експлуатації шини, на який значний вплив роблять дорожні умови, стиль водіння, дотримання рекомендацій по тиску, регулювання кутів сходу-розвалу автомобіля або трактора і ротація коліс. Показник зносу представлений у вигляді числа від 60 до 620 з інтервалом в 20 одиниць. Чим вище його значення, тим довше витримує протектор при випробуваннях по встановленій методиці.

Ремонт автотракторних шин залежності від виду пошкодження. До основних пошкоджень відносяться наступні:

1. Знос протектора шини по висоті;
2. Порізи – це велике пошкодження, в результаті якого втрачається герметичність. Порізи є наслідком наїзду на гострий чи великий предмет, бордюр, камінь, тощо;
3. Грижа – здуття, яке виникає в наслідок розриву ниток в каркасі шини чи розшаруванні зовнішнього прошарку від корда;
4. Проколи – невеликі пошкодження, які призводять до втрати герметичності, а в особливих випадках і до втрати корда;
5. Деформація борту;
6. Розрив корду та вихід ниток корду;

Поширені причини пошкодження шин автотракторної техніки наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Основні причини пошкодження автотракторних шин

Причина	Наслідок
Механічні удари через стан доріг (ями, вибоїни, тощо)	Пошкодження боковин, каркасу і протектора; ризик проколів, порізів; швидкий знос шин.
Невідповідний тиск у шині	Низький тиск – перегрів і знос боковин; високий – прискорене стирання центру протектора
Велика сумарна вага автомобіля та вантажу	Деформацію каркаса, поява «гриж», підвищений ризик розриву шин.
Високі швидкості експлуатації	Інтенсивне нагрівання гуми, ризик перегріву; при +40°C і вище гума може «плисти» та деформуватися
Стиль водіння	Часті розгони і різке гальмування викликають перегрів та швидке стирання протектора
Невірне встановлення	Порушення напрямку або схеми встановлення знижує ефективність зчеплення і прискорює нерівномірний знос
Неправильний вибір розміру шин	Неправильна ширина чи профіль порушують пляму контакту, прискорюють знос, погіршують керованість і можуть спричинити тертя об арки або підвіску
Відсутність балансування	Вібрації прискорюють нерівномірний знос і навантажують підвіску й каркас шин, знос стає нерівномірним
Відсутність ротації шин	Без періодичної перестановки місцями (передні/ задні) шини зношуються нерівномірно
Використання шин не за сезоном	Зимові шини влітку - м'яка гума перегрівається й швидко стирається. Літні шини взимку - дубіють, втрачають зчеплення, суттєво зростає ризик тріщин і пошкоджень
Невідповідні умови зберігання	Під впливом вологи, ультрафіолету й перепадів температур гума старіє, втрачає еластичність і покривається тріщинами

Неухильне дотримання правил експлуатації, зберігання і ремонту автотракторних шин збільшує термін їх використання на 10-12%, запобігає простою техніки та знижує експлуатаційні витрати.

Список використаних джерел

1. Алексеев Ю. Г., Кувалдин Н. А. Металокорд для автомобильных шин. К. Металургия, 2008. 192 с.
2. Бакфіш К.П., Хайнц Д.С. Нова книга про шини. К. АСТ, Астрель, 2009. 306 с.
3. Ружи́ло З. В., Рябоштан А. Ю., Гладун Н. А. Аналіз обладнання для проведення шино монтажних робіт. Збірник тез доповідей VI Міжнародної наукової конференції «Екобіотехнології та біопалива в АПК – Energia 2012» (27 вересня – 03 жовтня 2012 року) / ННІ рослинництва, екології і біотехнологій та Технічний ННІ Національного університету біоресурсів і природокористування України. К., 2012. С. 56–86.
4. Новицький А. В., Ружи́ло А. З. Основні методи ремонту автотракторних шин. Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції з нагоди 118-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Володимира Савовича КРАМАРОВА (1906-1987) «КРАМАРОВСЬКІ ЧИТАННЯ». К., 2025. С. 109–110.

УДК: 656.078:658.7

ЕКСПЕДИТОРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ (ЕКСПЕДИТОР І ЙОГО ЗАДАЧІ)

М.О. Сорокіна, ст. гр. ТТ-22-1,
М.М. Мороз, проф., д-р. техн. наук

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук

Сучасний транспортний процес неможливий без професійного управління вантажопотоками та взаємодії між усіма учасниками перевезень. Важливу роль у цьому процесі відіграє експедитор, який забезпечує організацію перевезення вантажів, контроль за виконанням договорів та оптимізацію логістичних витрат, основні задачі якого та приклади їх практичної реалізації з врахуванням закордонного досвіду наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні задачі експедитора та приклади їх практичної реалізації

Задача експедитора	Приклад компанії	Проблема	Шлях вирішення
Організація маршруту та вибір перевізника	DHL (Німеччина) – мультимодальні перевезення	Складність координації різних видів транспорту	Використання цифрових платформ для планування логістики
Оформлення транспортних і митних документів	Кюне і Нагель (Швейцарія) – морські контейнерні перевезення	Затримки через різні митні вимоги	Запровадження електронних документів та блокчейн-технологій
Контроль термінів доставки	Amazon (США) – глобальні B2B поставки	Ризик зриву термінів у пікові сезони	Використання прогнозної аналітики та AI для управління ланцюгами постачання
Страховання та збереження вантажу	Укрзалізниця Логістика (Україна) – перевезення зерна	Пошкодження чи втрата вантажу в дорозі	Вибір надійних страховиків та моніторинг вантажів GPS-системами
Фінансовий контроль витрат	Maersk (Данія) – морські перевезення	Зростання вартості фрахту	Використання довгострокових контрактів і тарифної оптимізації

Висновки. Експедиторська діяльність є важливим елементом сучасної транспортної логістики. Експедитор виконує функції організатора, посередника та контролера між перевізником і замовником. Практика провідних компаній світу свідчить, що цифровізація та аналітика значно підвищують ефективність роботи експедитора. В Україні є потреба у вдосконаленні нормативної бази та розширенні ринку експедиторських послуг.

Список використаних джерел

- Rodrigue J.-P. The Geography of Transport Systems. Routledge, 2020.
- Левковець П.Р., Мороз М.М., Бубела А.В., Лабута А.В. Системні аспекти вдосконалення логістичного сервісу. Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – 2014. – №5. – С. 108–111.
- Vasytkovska, K., Vasytkovskyi, O., Leshchenko, S., Sviren, M., Moroz, M. (2020) Identification of parameters of pneumatican dmechanical seeding device under the in fluence of vacuum / Bulgarian Journal of Agricultural Science, 26 (5), pp. 1091-1094.
- Korol, S.O., Moroz, M., Korol, S.S., Yelistratov, V., Moroz, O. (2019) Development of a Moderatorof the Pump Controlled Driveforthe Engine / Proceedings of the International Conference on Modern Electrical and Energy Systems, MEES 2019, стаття № 8896485, pp. 30-33. DOI: 10.1109/MEES.2019.8896485.
- Мороз М., Загорянський В., Гайкова Т., Кузев І. Використання методів дослідження операцій для оптимізації автомобільних перевезень масових вантажів в агропромисловому комплексі / Вісник

- Національного технічного університету «ХПІ». 2022. Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Випуск 1 (11). – С. 44-50.
6. UNCTAD. Review of Maritime Transport 2022. Geneva, 2022.
 7. Мороз М.М., Загорянський В.Г. Удосконалення організації транспортних робіт з метою мінімізації втрат картоплі в післязбиральний період / Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 13-15 квітня 2022 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 47-52.
 8. Солонець А., Кузєв І., Мороз М., Бешляг І. Використання на автомобільному транспорті супутникових технологій навігації та зв'язку / Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 13-15 квітня 2022 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 26-29.
 9. Балкунов М.В., Мороз М.М. Створення нормативно-правових основ експедиторської діяльності / Збірник матеріалів Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 17 – 19 листопада 2022 р. "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту". – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 68 – 73.
 10. Zahorianskyi V., Zahorianska O., Moroz M. and Moroz O. Development of a Model for Minimizing the Energy Costs of the Transport and Technological Complex, 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2022, pp. 1-5.
 11. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В. Якість та контроль транспортного процесу (вантажні та пасажирські автомобільні перевезення): навч. посібник. Кременчук: Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2023. 138 с.
 12. Крикавський С. Логістика та управління ланцюгами постачань. Львів, 2019.
 13. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Гайкова Т. В., Цимбал О. В. Удосконалення методики проектування контейнерного терміналу / Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 56-62. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-18-2-56-62>.
 14. Гайкова Т. В., Мороз М. М., Загорянський В. Г., Буренніков Ю. Ю. Проектний аналіз цифрових технологій в управлінні ланцюгом постачань / Вісник машинобудування та транспорту ISSN 2415-3486. - №2(18), 2023. – С. 17-22. DOI: <https://doi.org/10.31649/2413-4503-2023-17-1-17-22>.
 15. Moroz O., Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Vasylykova K. Digital Marketing Communications Transformation in Wartime / 2023 IEEE 5th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES). – pp. 1-6. DOI: 10.1109/MEES61502.2023.10402369
 16. Мороз М. М., Гайкова Т. В., Солошич І. О. Оптимізація режимів взаємодії магістрального та міського пасажирського транспорту м. Кременчук / (2024) Збірник наукових праць «Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки», Вип. № 9 (40). – С. 197-204. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9\(40\).1.197-204](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.9(40).1.197-204)
 17. DHL Global Forwarding – офіційний сайт. <https://www.dhl.com>
 18. Мороз М. М., Загорянський В. Г., Гайкова Т. В., Солошич І. О., Загорянський О. В. Удосконалення взаємодії видів вантажного транспорту на кременчуцькому терміналі «Нібулон» при перевальці зернових вантажів / (2024) Транспортні системи та технології перевезень, Вип. № 27. С. 4–10. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/307333>
 19. Загорянський В. Г., Мороз М. М., Король С.О. Оптимізація вантажних робіт і розміщення тарно-штучних вантажів в транспортних засобах і складах із застосуванням методів ергономіки і теорії систем / (2024) Транспортні системи та технології перевезень, Вип. № 28. С. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.15802/tstt2024/311996>
 20. Огар О. М., Мороз М. М., Кондратьєв І. В. Забезпечення безпеки сортувального процесу шляхом обґрунтування його ефективних параметрів. Інтелектуальні транспортні технології : тези доповідей 5-ої Міжнародної науково-технічної конференції, 25-27 листопада 2024 р. – Харків: УкрДУЗТ, 2024. – С. 273–274.
 21. Огар О. М., Мороз М. М., Круглова Н. С., Чорний О. С. Перспективи застосування елементів штучного інтелекту в системах автоматизованого проектування залізничних станцій та вузлів. Інтелектуальні транспортні технології : тези доповідей 3-ї міжнар. наук.-техн. конф. (22-23 листопада 2022 р.). – Харків: УкрДУЗТ, 2022. – С. 169–170.
 22. Колій О.С., Мороз М.М. Оцінка сценаріїв дорожнього руху в Bad Hessfeld на основі моделі PTV VISSIM. Сучасні проблеми функціонування логістичних систем. Сталій розвиток транспортних систем: наука і практика: зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., 25–26 листоп. 2024 р. Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т.– Харків, 2024.– С. 296–299.
 23. Kuehne + Nagel International AG – офіційний сайт. <https://www.kuehne-nagel.com>

УДК:621.793.7

СТРУКТУРА ТА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ НАПИЛЕНИХ РІЗНОТИПНИМИ ПОРОШКОВИМИ ДРОТАМИ

Н.З. Мозола, аспірант,
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України
В.М.Гвоздецький, канд. техн. наук, ст. досл, зав. лаб.
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України
С.І. Маркович, канд. техн. наук, доц.
Центральноукраїнський національний технічний університет
М.М. Студент, проф., д.т.н.
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України
Х.Р. Задорожна стар. наук. співроб., к.т.н.
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

Постановка проблеми. Електродугове напилювання покриттів поширене у багатьох галузях промислового виробництва, зокрема для відновлення геометрії зношених в експлуатаційних умовах деталей машин, для підвищення їх захисту від абразивного та газоабразивного зношування (причому, і за кліматичних, і за технологічно обумовлених підвищених температур) [1-3]. Як правило, напилювання суцільними, однорідними за хімічним складом дротами дає змогу отримати достатньо гомогенні за хімічним складом електродугові покриття (ЕДП). Проте за їх хімічним складом такі ЕДП істотно відрізняються від використаного для розпилення дроту. Цьому сприяє інтенсивне вигорання наявних у краплинах розплаву суцільного дроту вуглецю, випаровування таких елементів як Zn, Mn, Cr (з високою пружністю дисоціації їх парів) та оксидування через легке окиснення таких складників як Al, Ti, Cr і Fe [3-5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Покриття, напилені із використанням порошкових дротів (ПД), відзначаються високою хімічною неоднорідністю, що істотно відрізняє їх від ЕДП із суцільних дротів. Це зумовлено різним хімічним складом краплин, що утворюються із розплаву ПД та переносяться струменем повітря до поверхні підкладки, формуючи на ній покриття. Неповне сплавлення шихти ПД зі сталеву оболонкою під час електродугового напилювання ЕДП зумовлює таку їх гетерогенність. Адже ванна розплавленого металу між торцями ПД миттєво (впродовж часу, сумірного часткам секунди) подрібнюється повітряним струменем на дрібні краплі розплаву і завдяки високому тиску повітря переміщується до поверхні для напилювання. Тому шихта з елементами легування у її складі (у тому числі у важко плавкими такими як ФХ, В₄С, ФХБ не встигає повною мірою розплавитися і перемішатися з розплавом сталеву оболонки. Зрозуміло, що через це дисперговані повітряним струменем краплини розплаву ПД матимуть різний хімічний склад і, як наслідок, покриття, утворені з цих краплин на поверхні підкладки, будуть характеризуватися високою неоднорідністю та значною хімічною гетерогенністю. Зрозуміло, що хімічна гетерогенність отриманих ЕДП впливатиме на їх фізико-механічні властивості [5-7].

Застосування різнорідних ПД відкриває широкі можливості для підвищення механічних характеристик ЕДП, так як урізноманітнення складу шихти надає можливість розробки різноманітного типу реакцій в процесі плавлення [7-10]. Дослідження впливу цих

реакцій на процес формування покриттів для підвищення якості ЕДП відноситься до завдань, важливих і актуальних в багатьох застосунках.

Постановка завдання. Мета дослідження – розробка ефективного технологічного методу для підвищення механічних та трибологічних характеристик електродугових покриттів (ЕДП)

Об'єкт дослідження: процес формування ЕДП ПД різномірної складу.

Предмет дослідження: залежності властивостей ЕДП від складу шихти ПД

Виклад основного матеріалу. Для покращення механічних та трибологічних характеристик електродугових покриттів (ЕДП), які використовуються для відновлення деталей автомобілів, запропоновано наносити покриття на зношені поверхні за напилення різних типів порошкових дротів (ПД). До шихти одного з них входила значна кількість алюмінію та бору (ПД60Cr6B3Al6), що забезпечило напиленому покриттю високу твердість (~ 800) $HV_{0,1}$. Водночас як інша шихта не містила алюмінію (ПД60X6B2M2T2) і це сприяло формуванню в покритті мартенситної матриці з низьким рівнем залишкових напружень та меншою твердістю (~ 600) $HV_{0,1}$. Під час нанесення ЕДП на поверхні сталеві підкладки кристалізувалися краплі розплавленого металу від кожного типу дроту. На межах між краплями розплавленого металу, що відрізнялися за складом, виникли сприятливі умови для протікання екзотермічної та алюмінотермічної реакції на мікрорівні. Це полегшило зварювання ламелей як з підкладкою, так і з суміжними ламелями. Очікувалося, що такі композиційні покриття, отримані шляхом кристалізації розплавлених крапель різного складу, дадуть змогу значно покращити його фізико-механічні та зносотривкі характеристики. Для цього використовувався електродуговий металізатор, розроблений у Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України (рис. 1). Цей металізатор давав змогу отримувати ЕДП з високою адгезійною міцністю та низькою пористістю. У його конструкції використано сопло Лавалю з двома діагонально протилежними повітряними каналами (рис. 1), що забезпечило формування повітряного струменю з надзвуковою швидкістю (число Маха дорівнювало 2). Характерні розміри такого сопла були розраховані за формулами, описаними раніше [1].

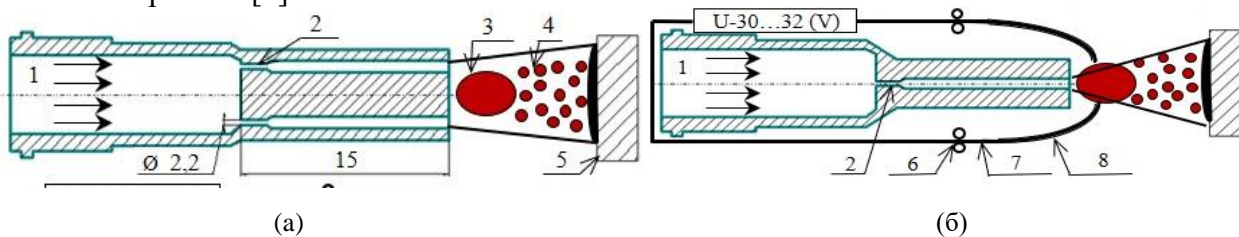
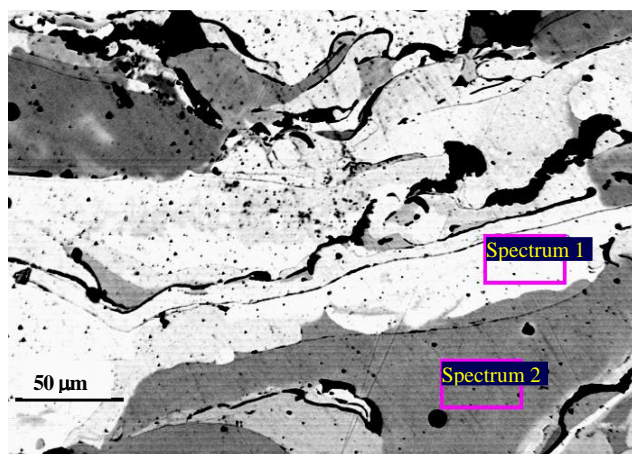


Рисунок 1 - Схематичні зображення поперечного перерізу сопла металізатора для формування надзвукового повітряного потоку під час напилювання (вигляд спереду (а) і зверху (б) відповідно): 1 - повітряний потік, 2 - критичний переріз сопла, 3 - розплав електродних матеріалів, 4 - металоповітряний потік, 5 - сталеві підкладки з напилюваним покриттям

У структурі покриття, розпиленого такими ПД, значно зменшилася кількість і товщина міжламелярних оксидних плівок (рис. 2). Вважали, що під час кристалізації крапель розплаву обох ПД різного складу на межах різномірних ламелей виникали сприятливі умови для екзотермічних та алюмотермічних реакцій. Це повинно полегшити зварювання різномірних ламелей між собою на мікрорівні.



а

Spectrum 1		Spectrum 2	
Елемент	Ваговий %	Елемент	Ваговий %
Al K	0.31	Al	12.61
Ti K	1.01	Cr	5.13
Cr K	6.38	Fe	82.26
Fe L	87.48	Разом	100.00
Mo L	1.86		
W M	2.96		
Разом	100.00		

б

Рисунок 2 - Структура покриття із різнотипних дротів (ПД60Cr6B3Al6 + ПД60X6B2M2T2)-а) та спектральний аналіз ламелей із різнотипних дротів-б)

Темні ламелі в мікроструктурі покриття утворені краплями розплаву ПД 60Cr6B3Al6, які окрім хрому містять також алюміній, що є ефективним стабілізатором фериту. А світлі ламелі - це кристалізовані краплі розплаву ПД60X6B2M2T2, до складу якого, окрім хрому, входять вольфрам, молібден і титан. Це забезпечило формування ламелей зі структурою мартенситу. Як правило, на межі розділу між ламелями різного складу оксидних плівок не виявляли (рис. 2). Це вважалося ознакою міцного зварювання таких ламелей між собою за рахунок додаткового тепловиділення під час екзотермічних реакцій між компонентами ПД з шихтою різного складу. Дійсно, плівка тугоплавкого оксиду алюмінію (Al_2O_3) на поверхні крапель розплаву ПД 60Cr6B3Al6 руйнувалася при їх зіткненні з раніше доставленими і, отже, більш холодними краплями розплаву ПД60X6B2M2T2. Це забезпечило доступ алюмінію з розплаву до оксидної плівки на поверхні крапель розплаву ПД 90X6ГС. В результаті оксиди заліза легко відновлювалися алюмінієм, а додаткова кількість тепла, що виділялася при цьому, сприяла щільному зварюванню крапель розплаву ПД різного складу між собою. Передбачалося, що виявлені структурні особливості покриття, напиленого ПД різного складу, повинні суттєво покращити його Формування покриттів за попарного поєднання ПД різних типів (ПД 60Cr6B3Al6 + ПД60X6B2M2T2) під час напилювання дало змогу суттєво підвищити когезійну міцність отриманого композиційного покриття порівняно з покриттями з пар ПД одного типу (табл. 1).

Таблиця 1 – Фізико - механічні властивості ЕДП, напилених парою ПД з однаковим або різним складом шихти.

Механічні властивості	ПД для електродугового напилювання		
	ПД60Cr6B3Al6 + ПД60Cr6B3Al6	ПД60X6B2M2T2 + ПД60X6B2M2T2	ПД60Cr6B3Al6 + ПД60X6B2M2T2
Адгезійна міцність $\sigma_{ад}$, МПа	44 ± 2	22,5 ± 2	46,5 ± 2
Когезійна міцність $\sigma_{ког}$, МПа	98,5 ± 6,5	146, 5 ± 3,5	220 ± 10
Залишкові напруження $\sigma_{зал}$, МПа	65,5 ± 4,5	12,5 ± 2,5	38,5 ± 3,5
Мікротвердість HV _{0,1}	800 ± 200	575 ± 75	750 ± 250
Фазовий склад покриття	α -Fe, Fe ₂ B, FeB, Fe ₂ O ₃ , сліди Cr ₂ O ₃ , B ₂ O ₃	α -Fe, Fe ₃ C, сліди Cr ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ ,	α -Fe, Fe ₂ B, FeB, Fe ₂ O ₃ , сліди Cr ₂ O ₃

Важливо, що адгезійна міцність композиційного покриття зайняла проміжне положення між значеннями цього показника для покриттів, напилених однотипними ПД. Зокрема, адгезійна міцність композиційного покриття більш ніж в 1,6 рази перевищувала найнижче значення $\sigma_{ад}$ покриття, напиленого ПД90Х6ГС, при формуванні якого оксиди на поверхні крапель розплаву перешкоджали їх зварюванню з підкладкою. Однак адгезійна міцність композиційного покриття була лише на 7% нижчою, ніж у покриття, напиленого парою однотипних ПД 60Cr6В3А16 з максимальним значенням $\sigma_{ад}$. Виходячи з цього, вважали, що прийнятної адгезії композиційного покриття до підкладки досягли завдяки використанню ПД 60Cr6В3А16. Алюміній у складі крапель його розплаву забезпечив протікання алюмотермічних реакцій відновлення оксидів на напилюваній поверхні та їх міцне зварювання. Менша кількість крапель розплавів ПД 60Cr6В3А16 за напилювання двох різних типів ПД, ніж при напиленні парою однотипних ПД, пояснила зниження адгезії композиційного покриття до підкладки.

Висновки.

1. Застосування в шихті ПД60Cr6В3А16 значної кількості алюмінію та бору забезпечує в ЕДП напиленому покриттю високу твердість близько 800 HV_{0,1}.
2. Шита ПД60Х6В2М2Т2 сприяє формуванню в покритті мартенситної матриці з низьким рівнем залишкових напружень та меншою твердістю близько 600 HV_{0,1}.
3. У структурі покриття ЕДП, сформованого такими ПД, значно зменшилася кількість і товщина міжламельних оксидних плівок за рахунок екзотермічних та алюмотермічних реакцій.
4. Адгезійна міцність ЕДП більш ніж в 1,6 рази перевищувала найнижче значення $\sigma_{ад}$ покриття, напиленого ПД90Х6ГС, при формуванні якого оксиди на поверхні крапель розплаву перешкоджали їх зварюванню з підкладкою. Таким чином застосування різномісних ПД для ЕДП суттєво підвищує когезійну міцність та зменшує рівень залишкових напружень розтягу у напилених покриттях.

Список літератури

1. Student M., Gvozdetsky V., Student O., Prentkovskis O., Maruschak P., Olenyuk O., Titova L. The effect of increasing the air flow pressure on the properties of coatings during the arc spraying of cored wires. *Strojnický časopis – J. Mech. Engin.* 2019, 69(4), P. 133–146.
2. Abrasive Wear Resistance and Tribological Characteristics of Electrometallized Composite Coatings / Student, M.M., Markovych, S.I., Hvozdetskyi, V.M., Kalakhan, O.S., Yuskiv, V.M. // *Materials Science*, 2022, 58(1), pp. 96–104.
3. Вплив діаметра електродних порошкових дротів на механічні характеристики електродугових покриттів / Студент М.М. та ін. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2020. Вип. 3(34). С. 32-44.
4. Абразивна зносостійкість та трибологічні характеристики електрометалізаційних композиційних покриттів / М.М. Студент та ін. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2022. № 1. С. 90-97.
5. Гвоздецький В. М., Студент М. М., Задорожна Х. Р., Веселівська Г. Г., Маркович С. І., Мозола Н. З. Механічні характеристики електродугових покриттів, напилених на підкладки зі сталі Ст3 та алюмінієвого сплаву Д16. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2025. Т. 61, № 2. С. 14-22.
6. The effect of increasing the air flow pressure on the properties of coatings during the arc spraying of cored wires./ Student Mykhailo, Gvozdetsky Volodymyr, Student Oleksandra, Prentkovskis Olegas, Maruschak Pavlo, Olenyuk Olena, Titova Liudmyla. *Strojnický časopis - Journal of Mechanical Engineering* 69(4):133-146 December 2019
7. Маркович С.І. Дослідження зв'язку зносостійкості з фізико-механічними властивостями покриттів, нанесених електродуговим напиленням різномісних дротів // *Проблеми тертя та зношування*. – Київ, 2007. - №46. С. 16-18.
8. Багатофункціональні електродугові покриття : монографія / М. М. Студент, Г. В. Похмурська, В. М. Гвоздецький [та ін.]. - Львів : Простір-М, 2018. - 335 с
9. Arc-sprayed iron-based coatings for erosion-corrosion protection of boiler tubes at elevated temperatures / Pokhmurskyi V. I. et al. *Journal of Thermal Spray Technology*. 2013. Vol. 22. P. 34-41
10. Optimization of the Chromium Content of Powder Wires of the Fe–Cr–C and Fe–Cr–B Systems According to the Corrosion Resistance of Electric-Arc Coatings / Stupnyts'kyi T.R. et al. *Materials Science*. 2016. Vol. 52, № 2. P. 165–172.

УДК:656.078

ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

В.О. Дорошук, ст. викл.,

Є.Б. Сліпенький, ст. викл.

Ю.О. Давідіч, проф., д-р техн. наук

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

Сучасний ринок транспортних послуг характеризується високим рівнем конкуренції та постійно зростаючими вимогами до швидкості, надійності та економічності доставки вантажів. В умовах підвищення цін на паливо, зростання заробітних плат водіїв та жорстких екологічних стандартів, оптимізація маршрутів вантажних перевезень стає критично важливим фактором конкурентоспроможності автотранспортних підприємств.

Традиційні методи планування маршрутів, що базуються на досвіді диспетчерів та статичних картах, не здатні забезпечити необхідний рівень ефективності в умовах динамічного транспортного середовища. Цифрові технології відкривають нові можливості для автоматизації процесів маршрутизації, врахування великої кількості змінних факторів та прийняття оптимальних рішень у режимі реального часу.

За даними досліджень, неефективне планування маршрутів призводить до:

- збільшення витрат на паливо на 15-30%;
- зниження коефіцієнта використання пробігу до 0,5-0,6;
- підвищення собівартості перевезень на 20-40%;
- погіршення екологічної ситуації через надмірні викиди CO₂;
- зниження задоволеності клієнтів через порушення термінів доставки.

Впровадження цифрових технологій оптимізації маршрутів дозволяє вирішити ці проблеми та забезпечити якісно новий рівень організації вантажних перевезень.

Оптимізація маршрутів вантажних перевезень передбачає вирішення комплексу взаємопов'язаних завдань:

1. Мінімізація загального пробігу. Скорочення загальної відстані, яку проходять транспортні засоби, безпосередньо впливає на витрати палива, амортизацію техніки та час доставки.

2. Максимізація використання вантажопідйомності. Ефективне завантаження транспортних засобів дозволяє зменшити кількість необхідних рейсів та підвищити продуктивність роботи автомобілів.

3. Дотримання часових вікон. Багато клієнтів встановлюють жорсткі вимоги до часу доставки вантажів, що необхідно враховувати при плануванні маршрутів.

4. Врахування дорожніх умов. Стан дорожнього покриття, наявність заторів, обмеження руху для вантажного транспорту суттєво впливають на вибір оптимального маршруту.

5. Балансування навантаження. Рівномірний розподіл завдань між транспортними засобами та водіями забезпечує ефективне використання ресурсів підприємства.

Стрімка світова глобалізація, загострення міжнародної конкуренції, еволюція споживчих запитів та незмінний тиск на зниження операційних витрат стали рушійною силою для впровадження революційних технологій та інноваційних бізнес-рішень у сфері логістики за останні роки.

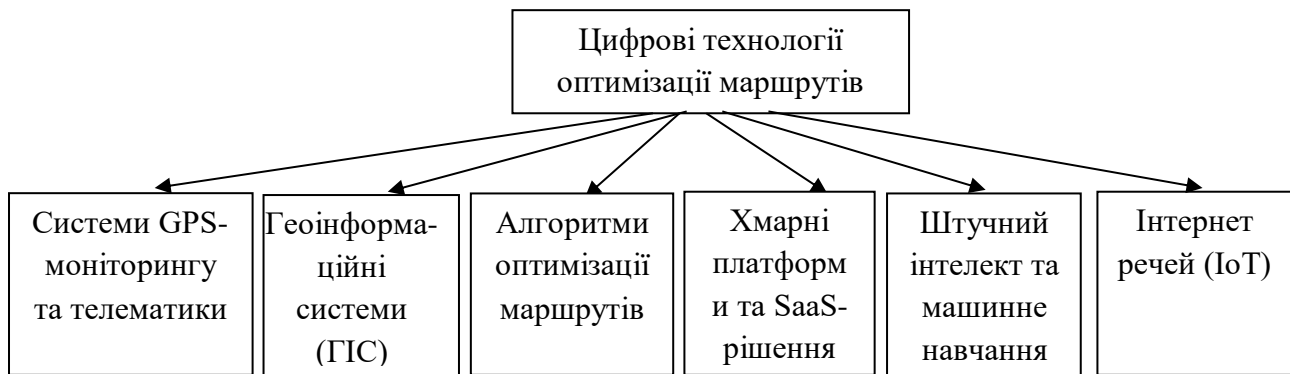


Рисунок 1 – Цифрові технології оптимізації маршрутів

GPS-моніторинг є базовою технологією для оптимізації маршрутів, що забезпечує відстеження місцезнаходження транспортних засобів у режимі реального часу; контроль швидкості руху та дотримання маршруту; моніторинг витрат палива та стилю водіння; збір статистичних даних про фактичні умови руху.

Сучасні телематичні системи інтегруються з бортовими комп'ютерами автомобілів та дозволяють отримувати детальну інформацію про технічний стан транспортних засобів, що важливо для планування їх використання.

ГІС-технології забезпечують візуалізацію та аналіз просторових даних:

- цифрові карти з детальною інформацією про дорожню мережу;
- дані про висотні профілі доріг, радіуси поворотів, ширину проїзної частини;
- інформацію про розташування клієнтів, складів, терміналів;
- зони з обмеженнями для вантажного транспорту.

Сучасні системи маршрутизації використовують складні математичні алгоритми:

Алгоритм Дейкстри – класичний метод пошуку найкоротшого шляху між двома точками на графі. Ефективний для простих задач із незначною кількістю пунктів доставки.

Генетичні алгоритми – імітують процес природного відбору для знаходження оптимальних рішень у складних багатопараметричних задачах. Особливо ефективні для маршрутів із великою кількістю точок доставки.

Метод гілок та меж – систематичний підхід до перебору варіантів з відсіканням неперспективних напрямків пошуку.

Алгоритми машинного навчання – використовують історичні дані для прогнозування оптимальних рішень з урахуванням багатьох факторів.

Хмарні технології забезпечують доступ до потужних обчислювальних ресурсів без значних капітальних інвестицій; автоматичне оновлення програмного забезпечення та карт; можливість масштабування системи залежно від потреб; інтеграцію з іншими бізнес-системами (ERP, WMS, TMS). Популярні рішення: Google Maps Platform, HERE Technologies, Trimble Maps, Wialon, Navixy.

ШІ-технології дозволяють прогнозувати дорожню ситуацію на основі історичних даних; адаптувати маршрути до індивідуальних особливостей водіїв; автоматично коригувати плани при виникненні непередбачених ситуацій; оптимізувати час подачі транспорту під завантаження.

Датчики IoT надають додаткову інформацію для оптимізації температура в рефрижераторах, навантаження на осі автомобіля, стан дорожнього покриття, наявність вільних місць на терміналах розвантаження.

Оптимізація маршрутів вантажних перевезень за допомогою цифрових технологій є не просто інструментом підвищення ефективності, а необхідною умовою конкурентоспроможності сучасних автотранспортних підприємств. Впровадження систем автоматизованого планування маршрутів забезпечує суттєве зменшення операційних витрат, підвищення якості обслуговування клієнтів та зниження негативного впливу на довкілля.

Ключовими факторами успішного впровадження є вибір технологічного рішення, адаптованого до специфіки підприємства; поетапний підхід до впровадження з пілотним тестуванням; навчання персоналу та зміна організаційної культури; постійний моніторинг результатів та коригування системи.

Подальший розвиток цифрових технологій, зокрема штучного інтелекту, автономного транспорту та інтернету речей, відкриває нові горизонти для оптимізації транспортної логістики. Підприємства, які вже сьогодні інвестують у цифрову трансформацію своїх процесів, отримують значну конкурентну перевагу та створюють основу для довгострокового успіху на ринку транспортних послуг.

Список використаних джерел

1. Транспортна логістика: навчальний посібник / За ред. М.Ю. Григорака. – К.: Кондор, 2019. – 432 с.
2. Digital transformation in logistics and supply chain management / Research report. – McKinsey & Company, 2022.
3. Route optimization technologies: A comprehensive review // Journal of Transport Economics and Policy. – 2023. – Vol. 57. – P. 145-168.
4. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
5. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
6. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
7. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271)
8. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
9. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.

УДК 631.436.038

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ КАРДАННИХ ВАЛІВ АВТОМОБІЛІВ ШЛЯХОМ ВІДНОВЛЕННЯ ШЛІЦЕВИХ ВТУЛОК ОСАДЖЕННЯМ

В. В. Мазан, здобувач гр. АТ-24М;

С.І. Маркович, доц., канд. техн. наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

В.І. Ферлій, заступник директора з виховної роботи

Канізький ліцей Новомиргородської міської ради Кіровоградської області

Постановка проблеми. Вирішенням проблеми забезпечення працездатності автотракторної техніки є підвищення якості ремонту та організація сервісної діяльності підприємств на основі нових технологій і технічних рішень, що збільшують термін служби відремонтованих машин за рахунок відновлення деталей до номінальних геометричних розмірів, передбачених заводом виробником. При цьому забезпечується економія матеріальних ресурсів [1, 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Надійність передач мобільного технічного обладнання значною мірою визначає технічний рівень елементної та агрегатної бази, зокрема: ККД - до 70 - 80%, матеріаломісткість - до 40%, умов праці – до 70 %. Водночас багатьма дослідженнями [1-2] встановлено, що одним із ресурсовизначаючих вузлів механічної трансмісії є карданна передача.

Дослідженнями [2,4,5,7] встановлено залежності зміни динамічних навантажень вузлів передачі від окружного люфту в карданному приводі, котрі відображено в табл.1.

Таблиця 1 - Вплив окружного люфту в карданному приводі на навантаження агрегату трансмісії в різних режимах руху

Коловий люфт, град	Динамічне навантаження, Нм		
	При русі на 2-й передачі	При русі на 3-й передачі	При повільному режимі руху
0,5	137,5	51,7	39,3
3,17	200,0	78,0	60,0

Працездатність зношених шліцевих деталей карданних передач зменшується на всіх режимах руху, одночасно при цьому збільшуються динамічні навантаження на агрегати трансмісії, що викликає збільшення зносу і як результат - вихід з ладу [1-2].

З огляду на те, що в деталях шліцевого з'єднання карданних передач є можливість використання залишкового ресурсу, виникає доцільність їх відновлення. Розроблені та досліджені технологічні процеси для відновлення зубчастих та шліцевих поверхонь представляють певний науковий інтерес, але не можуть вважатися раціональними для випадку відновлення внутрішніх шліцевих поверхонь з причин:

- у своїй більшості вони розроблялися для зубчастих коліс із незначною довжиною зубів, як правило, зовнішніх;

- технології відновлення зубчастих та шліцевих поверхонь з використанням додаткових матеріалів характеризуються невисокими показниками міцності на кручення, вигин та зносостійкості, а якісне нанесення компенсуючого матеріалу на внутрішню шліцеву поверхню довгомірної деталі технічно складно, тривало нестабільно;

- при використанні додаткових матеріалів і створення при цьому по всій поверхні профілю шліця і, особливо, в зоні небезпечного перерізу, біметалічної структури, схильної до утворення втомних дефектів підстави шліця та низької зносостійкості

профілю в цілому, що веде до зниження ресурсних показників [1-2].

Набув поширення науковий напрямок, заснований на відновленні зношених поверхонь шляхом переміщення методом пластичної деформації запасів металу з неробочих зон. Цей метод може бути застосований для деталей різноманітних форм, розмірів, величин зношування, з урахуванням що у більшості випадків у зношених деталях цілком достатній запас металу в неробочих, незношених поверхнях [1-2]. У зв'язку з цим і з урахуванням того, що при відновленні шліцевих з'єднань деталей карданних передач можливе використання залишкового ресурсу, виникає доцільність їх відновлення.

Мета й завдання дослідження. Мета роботи: вдосконалення технології відновлення розмірів нерівномірно зношених по довжині шліцевих втулок карданних валів радіальним осадом з поздовжнім профілюванням шліців та із забезпеченням нормативних показників міцності.

Об'єкт дослідження: процес спрацювання шліцевих втулок карданних валів з подальшим відновленням до номінальних розмірів.

Предмет дослідження: залежності закономірностей формоутворення профілів шліцевих втулок від дії зовнішнього осадження.

Задачі дослідження:

1. Проаналізувати характер роботи та зношування шліцевої втулки і обґрунтувати технологічні режими відновлення та зміцнення радіальним осадом з поздовжнім профілюванням шліців.

2. Розробити конструкцію накатної установки, провести її виробничу апробацію.

3. Розробити технологічний процес відновлення шліцевої втулки карданного з'єднання

Виклад основного матеріалу. Отримано розрахункові залежності, що зумовлюють можливість зменшення товщини стінки шліцевої втулки на 0,7... 1,1 мм і аналітичні вирази, що дозволяють досліджувати і оптимізувати схему формоутворення при одночасному радіальному осаді з поздовжнім переміщенням металу по довжині, шліцевальні переміщення необхідні для відновлення зносу та створення припуску об'єму металу, а також енергосилові параметри процесу накатки.

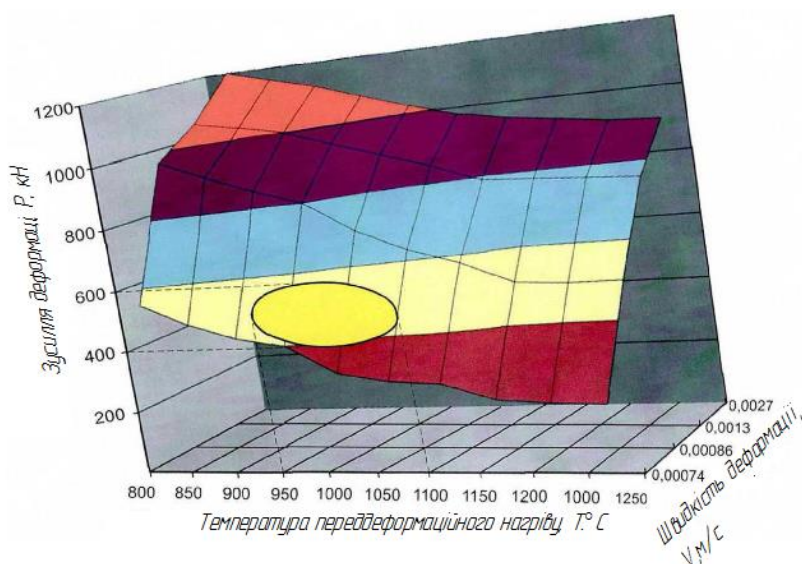


Рисунок 1 - Модель режимів деформації шліцевої втулки

Модель режимів деформації шліцевої втулки Вибір верхнього та нижнього рівнів переддеформаційного нагрівання залежить від показників пластичності деформованої сталі. Причому, для сталі 40X, з якої виготовлені шліцеві деталі карданних передач, верхній і

нижній кувальні температурні межі становлять 1250°C і 800°C. Графічна інтерпретація отриманої регресійної моделі представлена на малюнку 1, поверхня відгуку якої дає наочне уявлення про величину зусилля деформації при варіюванні показниками переддеформаційного нагрівання та швидкості деформації.

Виходячи з експериментальних досліджень, деформуючий інструмент, повинен виготовлятися змінного профілю з ухилом його деформуючої частини в межах 8-10° на відстані 50 мм від довжини ролика (рис. 2а). Цей ухил забезпечує не тільки мінімальну силу тертя при переміщенні поверхні ролика під деформацією. При порівняльних експериментах встановлено, що використання накатного ролика з поверхнею, що деформує, під кутом 8-10° дозволяє знизити зусилля деформації на 15%.

Розроблено оснащення для відновлення шліцевих втулок карданних передач, що базується на токарному верстаті (рис. 2).

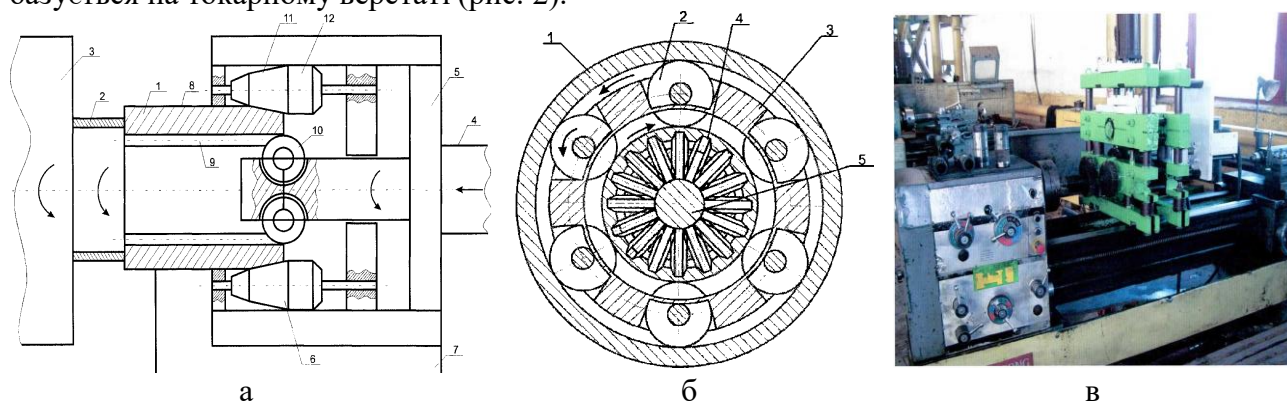


Рисунок 2 - Пристрій для відновлення шліцевих втулок: а) - загальна схема; б) - схема конструкції накатної оснастки; в) - компонування пристрою на токарно-гвинторізному верстаті 16К20

Встановлено, що шліци зношуються нерівномірно по довжині, (рис.3), причому максимальне зношування спостерігається в середній частині шліцевої втулки. Це пояснюється постійним поздовжнім переміщенням шліцевого валу при русі мобільного транспортного засобу, пов'язаного зі зміною кута розташування карданного валу.

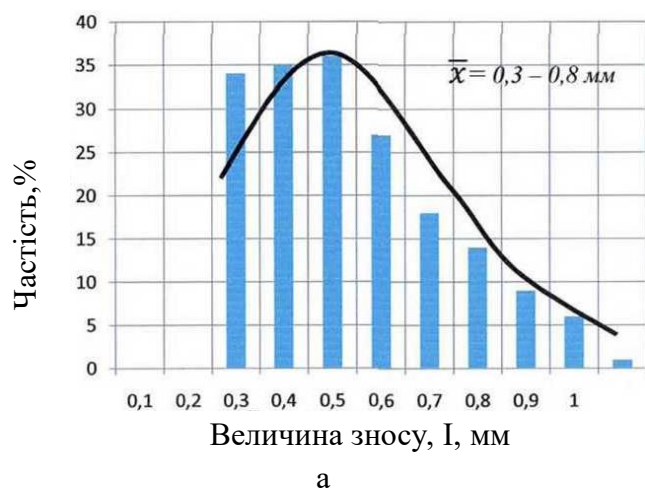


Рисунок 3 - Розподіл зносів шліцевих канавок а) та вигляд шліців б) автомобіля IVEKO DAILY-40

Після механічної обробки протягуванням, згідно технології заводу-виготівника проведені дослідження характеристик покриття

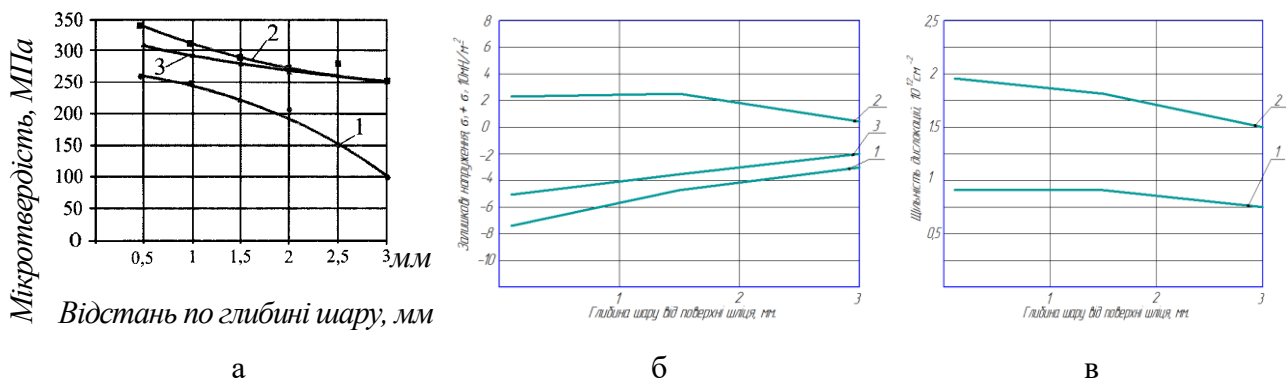


Рисунок 4 – Механічні характеристики шліців: а) мікротвердість серійного 1, відновленого 2 та механічно обробленого шліця 3; б) розподіл показників залишкової напруги, що визначаються рентгеноструктурним методом $\sin^2\psi$; в) розподіл показників густини дислокації

Висновки

1. Розроблено модель процесу залежності радіального осадження шліцевої втулки накаткою з поздовжнім профілюванням шліців по часу та швидкості деформування, при цьому графічною інтерпретацією моделі встановлені інтервали раціональних режимів відновлення, зусилля осадження накаткою при варіюваних показниках переддеформаційного нагріву та швидкості: $P = 550 - 600$ кН, $T = 1150 - 950$ °С і $V_d = 0,00074 - 0,00086$ м/с;

2. Розроблено, виготовлено і випробувано пристрій для відновлення шліцевих поверхонь накаткою, що дозволяє здійснювати збільшення розмірів і профілю нерівномірно зношених по довжині шліців в інтервалі 2,0...2,3мм. Після осадки збільшення профілю шліця знаходиться в інтервалі від 2,0 до 2,3 мм, що при величині зносу 0,6 ... 0,8 мм дає абсолютне збільшення в 1,4 ... 1,5 мм, цілком достатнє для усунення зносу і створення припусків на шліцепротяжну операцію.

3. Стендовими та лабораторними випробуваннями встановлено, що супутні осадженням з поздовжнім профілюванням процеси, підвищують показники поверхневої твердості на 30%, залишкові напруження зростають у 2,6 разів, щільність дислокації в 2,2 рази, а показники статичної міцності при крученні на 40 % перевищують допустимі, встановлені заводом -виробником;

4. Залишкові напруження і щільність дислокацій знаходяться в межах встановленої норми, а деякі їх перевищення також пояснюють процес зміцнення, що протікає при відновленні;

5. Макроструктура відновлених шліців характеризується утворенням витягнутості зерен у напрямку ліній ковзання, відсутністю дефектів і складок, а мікроструктура витягнутої у напрямку деформації дрібнодисперсною структурою.

Наведені дані підтверджують високу ефективність розробленої технології.

Список літератури

1. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. Друге видання, перероблене і доповнене / М.І.Черновол, В.Ю.Черкун, В.В.Аулін та ін. /За ред. М.І.Черновола – Кіровоград:КОД, 2010. - 320 с.
2. Черновол М.И. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственных машин. Киев УМК ВО 1989. - 256 с.
3. Маркович С.І. Системи сервісу аграрної техніки: навч. посіб. / С.І. Маркович, О.В. Бевз, М.В. Красота; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – 260 с.
4. Сідашенко О.І Ремонт машин та обладнання: підручник/ за ред. проф. О.І. Сідашенко, О.А.Науменка. – К.: Агроосвіта, 2014. - 665 с.
5. Молодик М.В., Лангерт Б.А., Бредун А.К. Відновлення деталей машин. - К.: Урожай, 1985. - 156 с.
6. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навч.посібник. /П.О.Руденко – К.: Вища школа, 1993. - 414с

УДК 629.33:621.01

КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ГАРАНТІЙНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НА НАДІЙНІСТЬ АВТОМОБІЛІВ

А. В. Новицький, доц., канд. техн. наук¹,
Р. В. Бащук, викладач²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

²ВСП «Конотопський індустріально-педагогічний фаховий коледжу» Сум ДУ

Гарантійне обслуговування автомобілів є важливим кількісно регламентованим інструментом для забезпечення надійності транспортних засобів на початковій стадії їх життєвого циклу. Тривалість гарантії, пробіг, перелік покритих вузлів і умови збереження гарантійних зобов'язань безпосередньо впливають на інтенсивність відмов, витрати на експлуатацію та рівень технічного обслуговування і ремонту [1]. Показовими з точки зору порівняльного аналізу є гарантійні програми автомобілів Mazda та Toyota.

Метою досліджень є кількісне порівняння умов гарантійного обслуговування автомобілів Mazda і Toyota та оцінка їх впливу на показники надійності й експлуатаційної ефективності.

За даними нормативної документації автовиробників і досліджень з теорії надійності, гарантійний період розглядається як контрольований етап експлуатації з мінімізованою імовірністю критичних відмов. В працях з технічного сервісу зазначається, що в межах гарантійного строку інтенсивність відмов $\lambda(t)$ для більшості автомобілів знижується на 20–40 % за рахунок регламентних ТО та безоплатного усунення дефектів. Практичні джерела свідчать, що середній пробіг до першої суттєвої відмови для сучасних легкових автомобілів становить 40–60 тис. км, що добре узгоджується з межами заводської гарантії.

Встановлено, що базові гарантійні умови Mazda та Toyota є близькими, проте мають низку кількісних відмінностей:

- Mazda: базова гарантія – 3 роки або 100 тис. км пробігу; гарантія на лакофарбове покриття – до 3 років; гарантія від корозійної перфорації – до 12 років; середній міжсервісний інтервал – 15 тис. км або 1 рік; можливість розширення гарантії – обмежена (через сервісні контракти).

- Toyota: базова гарантія – 3 роки або 100 тис. км пробігу; розширена гарантія за програмами сервісного обслуговування – до 5–10 років або 160–200 тис. км (за умови регулярного ТО); міжсервісний інтервал – 10–15 км залежно від моделі; можливість розширення гарантії – програми Relax / Extended Warranty; гарантія на гібридну батарею – до 8–10 років або 160–200 тис. км.

Гарантійне обслуговування на початковій стадії життєвого циклу автомобіля відіграє роль регламентованого механізму керування технічним станом та надійністю. Саме в цей період відбувається адаптація виробу до реальних умов експлуатації, виявлення прихованих виробничих дефектів та стабілізація параметрів функціонування основних систем.

З позицій теорії надійності гарантійний період можна розглядати як контрольований етап експлуатації, для якого характерні: підвищена інтенсивність контролю технічного стану; регламентована періодичність технічного обслуговування; мінімізація наслідків відмов за рахунок безоплатного усунення дефектів [2-7]. Гарантійна політика Mazda орієнтована переважно на стабільність базових систем автомобіля протягом стандартного гарантійного періоду. Автомобілі Toyota, завдяки програмам розширеної гарантії (Relax, Extended Warranty), формують подовжений контрольований період експлуатації.

З позицій теорії надійності гарантійне обслуговування дозволяє підтримувати стабільний рівень імовірності безвідмовної роботи $R(t) \approx 0,95-0,97$ у перші 3 роки експлуатації [8, 9]. Для автомобілів Toyota з розширеними гарантійними програмами цей рівень може зберігатися до 5–7 років, що зменшує сумарні експлуатаційні витрати власника на 15–25 % у порівнянні зі стандартною схемою обслуговування. Таким чином, Toyota орієнтується на довгострокове утримання параметрів надійності, тоді як Mazda робить акцент на стабільність базових систем у межах стандартного гарантійного періоду.

Висновки

1. Базові гарантійні умови Mazda і Toyota є еквівалентними за строком і пробігом (3 роки/100 тис. км), що відповідає сучасним вимогам до надійності автомобілів.
2. Розширені гарантійні програми Toyota забезпечують подовження контрольованого періоду експлуатації до 5–10 років та зниження інтенсивності відмов на 20–30 %.
3. Гарантійне обслуговування істотно впливає на формування показників безвідмовності, довговічності та економічної ефективності експлуатації автомобілів [3].

Список літератури

1. Ружи́ло З. В., Новицький А. В. (2016). Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. Вип. 2. С. 223–231.
2. Aulin V. V. et al. (2023). Optymalniy kompleks operatsii tekhnichnoho obsluhovuvannya i remontu dlia pidvyshchennia nadiinosti vuzliv, system ta ahrehativ mobilnykh mashyn. Tsentralnoukr. nauk. visn. Tekhn. nauky. 8 (39) II. 175–189. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).2.175-189](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).2.175-189).
3. Novytskyi A. V., Bannyi O. O. Statistical analysis of functioning of repair service of Ukraine. *Machinery and Energetics*. 2021. № 12 (2), pp. 39–47. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.039>
4. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
5. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
6. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
7. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271).
8. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
9. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.

УДК: 621.936-61

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА НА СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО З ДОБАВКАМИ

С.М. Герук, доц., канд. техн. наук,

С.М. Хоменко, канд. техн. наук

Житомирський агротехнічний фаховий коледж, м. Житомир

Представлено результати досліджень економічної ефективності роботи дизельного двигуна на суміші дизельного пального з добавками ріпакової олії та етанолу. Отримано коефіцієнт пропорційності для витрати палива, який дозволяє в експлуатації нормувати витрати дизельного палива в залежності від концентрації альтернативних палив.

Постановка проблеми. У зв'язку з вичерпністю світових запасів нафти та поглибленням екологічної кризи все більш актуальним стає питання щодо залучення нетрадиційних екологічнобезпечних джерел енергії для використання як моторних палив для автотранспорту.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відомо, що витрата палива є інтегральним показником технічного стану двигуна [1-4], яка суттєво впливає на собівартість автотранспортних робіт. З огляду на екологічну оцінку альтернативних палив на основі проаналізованих останніх досліджень та публікацій [5-10], науковий інтерес викликає модель витрати суміші дизельного пального з різною концентрацією ріпакової олії та етанолу.

Постановка завдання. Мета досліджень полягала в підвищенні економічних параметрів двигунів внутрішнього згоряння шляхом удосконалення нормування витрати дизельного палива з добавками ріпакової олії та етанолу. Відповідно до поставленої мети необхідно провести дослідження зміни витрати суміші дизельного палива з добавками альтернативних палив різних концентрацій.

Результати досліджень. Основне рівняння витрати палива для дизельного двигуна при роботі на дизельному паливі [2] має вигляд:

$$Q_{A\bar{I}} = \frac{1}{\eta_i} \left[A_{\bar{a}\bar{e}}^3 + \hat{A}_{\bar{a}\bar{e}}^2 V_a + C(G_a \psi + 0,077kFV_a^2) \right], \quad (1)$$

де $Q_{A\bar{I}}$ – витрати палива для дизельного двигуна, л/100км; $A_{\bar{a}}, B_{\bar{a}}, C$ – коефіцієнти; i_k – передаточне число коробки передач; V_a – швидкість двигуном, км/год; G_a – вага двигуном, Н; ψ – сумарний опір дороги; k – коефіцієнт обтічності, Нс²/м⁴; F – лобова площа с.г.техніки, м².

Для дизельного двигуна:

$$A_{\bar{a}} = \frac{381V_h i_o}{\text{Hu} \rho_T r_K}; \quad (2)$$

$$B_o = \frac{11V_h S_n i_o^2}{Hu \rho_T r_K^2}, \quad (3)$$

$$C = \frac{100}{Hu \rho_T \eta_{TP}}, \quad (4)$$

де V_h – робочий об'єм циліндрів двигуна, л; i_o – передаточне відношення головної передачі; Hu – нижча теплота згоряння палива, МДж/кг; ρ_T – густина палива, кг/л; r_K – радіус кочення колеса, м; S_n – хід поршня, м; η_{TP} – ККД трансмісії.

При русі на різних передачах i_k та ψ в (1) можуть визначатися як середньозважене передавальне число і середній сумарний опір дороги, які з достатньою точністю зв'язані рівнянням [2]:

$$i_k = \frac{r_K G_a}{M_{об} K_3 \eta_{TP} i_o} \psi, \quad (5)$$

де $M_{об}$ - максимальний момент двигуна, Нм; K_3 - коефіцієнт експлуатаційного зниження моменту (для середніх умов експлуатації складає 0,38...0,4).

В практичних розрахунках для дизельного палива можна прийняти $Hu_{ДП}$ = 42,5 МДж/кг, для ріпакової олії (при $C = 0,77$; $H = 0,12$; $O = 0,11$) нижча теплота згоряння буде дорівнювати $Hu_{РО}$ = 36,0 МДж/кг [3], а для етанолу Hu_E = 25,1 МДж/кг [4]. Тоді для суміші з концентрацією ріпакової олії K і етанолу K_E нижча теплота згоряння може бути визначена:

$$\begin{aligned} Hu_{ДП+РО+E} &= Hu_{ДП}(1 - K - K_E) + Hu_{РО}K + Hu_E K_E = \\ &= Hu_{ДП}(1 - 0,153K - 0,409K_E). \end{aligned} \quad (6)$$

Для подальших розрахунків густину дизельного палива приймаємо рівною 825 кг/м³, густину ріпакової олії - 920 кг/м³ [3], а густину етанолу - 789 кг/м³ [4]. Тоді густину суміші можна буде знайти за формулою:

$$\begin{aligned} \rho_{ДП+РО+E} &= \rho_{ДП}(1 - K - K_E) + \rho_{РО}K + \rho_E K_E = \\ &= \rho_{ДП}(1 + 0,115K - 0,044K_E). \end{aligned} \quad (7)$$

Для зручності подальших розрахунків кожній суміші палив присвоїмо порядковий номер, який відповідає концентрації сумішей (табл.1).

Таблиця 1. Склад сумішей дизельного палива, ріпакової олії та етанолу

Концентрація	№суміші										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ріпакової олії, К	0	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81	0,90
Етилового спирту, К _Е	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10

Зміну нижчої теплоти згоряння суміші палив в залежності від концентрації ріпакової олії і етанолу можна представити в табл. 2, з якої видно, що при зростанні концентрації ріпакової олії та етанолу нижча теплота згоряння суміші дизельного палива, ріпакової олії та етанолу зменшується в діапазоні 42,5...34,9 МДж/кг, а густина збільшується 0,825...0,907 кг/л. При цьому введення етанолу в суміш призводить до зменшення густини та нижчої теплоти згоряння суміші.

Таблиця 2. Зміна густини та нижчої теплоти згоряння палива

№суміші	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Н _{ДП+РО} , МДж/кг	42,50	41,74	40,98	40,22	39,46	38,70	37,95	37,19	36,43	35,67	34,91
ρ _{ДП+РО+Е} , кг/л	0,825	0,833	0,841	0,850	0,858	0,866	0,874	0,882	0,890	0,899	0,907

Оскільки в кожному знаменнику (1) знаходяться нижча теплота згоряння та густина палива, то з урахуванням (6) і (7), рівняння (1) можна представити у вигляді рівнянь (8) – (9):

$$Q_{ДП+РО+Е} = \frac{1}{(1 - 0,153K - 0,409K_E)(1 + 0,115K - 0,044K_E) \eta_i} \cdot [A_{\delta} i_{\kappa} + B_{\delta} i_{\kappa}^2 V_a + C(G_a \psi + 0,077kFV_a^2)]. \quad (8)$$

$$Q_{ДП+РО+Е} = \frac{1}{(1 - 0,153K - 0,409K_E)(1 + 0,115K - 0,044K_E)} Q_{ДП}, \quad (9)$$

Введемо коефіцієнт збільшення витрати палива при використанні суміші дизельного палива, ріпакової олії та етанолу $I_{гДП+РО+Е}$:

$$I_{гДП+РО+Е} = \frac{1}{(1 - 0,153K - 0,409K_E)(1 + 0,115K - 0,044K_E)}. \quad (10)$$

Тоді рівняння (9) запишемо у вигляді:

$$Q_{ДП+РО+Е} = I_{гДП+РО+Е} \cdot Q_{ДП}, \quad (11)$$

де $Q_{ДП+РО+Е}$ – витрата палива двигуном, що працює на суміші дизельного пального, ріпакової олії та етанолу, л/100 км.

Отриманий коефіцієнт збільшення витрати палива в рівнянні (10) дозволяє в експлуатації нормувати витрати моторного палива відносно концентрації ріпакової олії (табл. 3-4): так, при використанні як палива суміші ріпакової олії і етанолу в концентраціях 90% і 10% відповідно відбувається теоретичне погіршення паливної економічності дизельного двигуна на величину до 11% (табл. 4).

Таблиця 3. Значення коефіцієнта зростання витрати палива $I_{гДП+РО}$ у залежності від концентрації ріпакової олії

К, %	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$I_{гДП+РО}$	1	1,00	1,01	1,01	1,02	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,06

Таблиця 4. Значення коефіцієнта зростання витрати палива $I_{гДП+РО+E}$ у залежності від концентрації ріпакової олії та етанолу

№суміші	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
К	0	0,09	0,18	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81	0,9
К _E	0	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1
$I_{гДП+РО+E}$	1	1,01	1,02	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,09	1,11

Висновки. Удосконалено математичну модель витрати палива дизельним двигуном з урахуванням концентрації альтернативного палива та отримано коефіцієнт пропорційності між витратою палива двигуном, що працює на дизельному паливі, та двигуном, що працює на дизельному паливі з різним вмістом ріпакової олії та етанолу.

Список літератури

1. Говорущенко Н.Я. Економія топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте / Н.Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1990. – 133с.
2. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко – изд. 2-е, перераб. и дополн. - Харьков: РИО ХГАДТУ, 1999. – 468с.
3. Редзюк А.М. Проблеми та перспективи використання рослинної олії як моторного палива / А.М. Редзюк, В.О. Рубцов, Ю.Ф.Гугаревич // Автошляховик України. – 1999. – № 1. – С. 4 – 6.
4. Гугаревич Ю.Ф. Етиловий спирт як моторне паливо / Ю.Ф. Гугаревич, А.Г. Говорун, А.О. Копач, О.А. Сябро // Автошляховик України. – 1999. – № 1. – С. 7 – 10.
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
6. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
7. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
8. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271).
9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
10. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.

УДК: 656.13:656.073.235:519.87

АБСТРАКТНІ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ТА НОВІ ПІДХОДИ ДО УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В СИСТЕМІ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

Д.О. Кульова, ст.викл., д-р філос.

Д.П. Косякевич, асп.,

Д.А. Ліподат, ст. гр.,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

У сучасних умовах розвитку транспортно-логістичних систем забезпечення безпеки перевезення небезпечних вантажів (НВ) залишається одним із ключових завдань управління транспортними процесами. Особливість перевезення НВ полягає у необхідності одночасного врахування значної кількості факторів, що пов'язані з характеристиками вантажу, параметрами транспортної інфраструктури, умовами руху та організацією логістичних операцій. У таких умовах традиційні підходи до диспетчерського управління перевезеннями не завжди дозволяють оперативно реагувати на зміну транспортних подій, що обумовлює необхідність застосування інтелектуальних технологій підтримки прийняття рішень.

Одним із перспективних напрямів розвитку таких технологій є використання абстрактного моделювання транспортних процесів [1], яке дозволяє формалізувати складні транспортні ситуації та представити їх у вигляді структурованих моделей. У межах цього підходу транспортний процес розглядається як система взаємодії різних елементів логістичної системи, серед яких транспортні засоби, об'єкти інфраструктури та події, що виникають у процесі виконання перевезень.

Важливим етапом формування інтелектуальної системи управління перевезеннями є створення бази даних транспортних ситуацій з елементами бази знань. Така база повинна містити інформацію про типові та нестандартні стани транспортної системи, що можуть виникати під час виконання перевізного процесу. Для цього доцільно застосовувати семіотичний підхід до опису транспортних ситуацій, який передбачає використання формалізованих позначень для відображення стану об'єктів транспортної системи, їх характеристик та можливих управлінських дій.

У межах запропонованого підходу транспортні ситуації доцільно описувати за допомогою системи абстрактних конкретизацій, які відображають стан статичних і динамічних елементів транспортної системи. До статичних елементів належать об'єкти транспортної інфраструктури, зокрема логістичні пункти, склади, термінали та транспортні вузли. До динамічних елементів відносяться транспортні засоби, що здійснюють перевезення вантажів. Формалізація стану цих елементів дозволяє формувати структуровану систему ситуацій, яка може використовуватися для аналізу, інтерпретації та прогнозування розвитку транспортних подій.

Одним із ключових елементів сформованої системи є ієрархічна система пріоритетів транспортних потоків. У процесі перевезення НВ важливим є визначення черговості виконання транспортних операцій з урахуванням характеристик вантажу, вимог безпеки та поточних умов функціонування транспортної системи. Формування такої структури пріоритетів дозволяє підвищити ефективність управління транспортними потоками та мінімізувати ризики виникнення небезпечних ситуацій.

Приклад фрагмента бази даних транспортних ситуацій може бути представлений у вигляді таблиці, яка містить формалізоване позначення ситуації, її лінгвістичну інтерпретацію та можливі управлінські дії (табл. 1).

Таблиця 1 – Фрагмент бази даних транспортних ситуацій для абстрактних конкретизацій станів логістичних пунктів

Формальне позначення ситуації	Лінгвістична інтерпретація	Управлінська дія
L ₁	Логістичний пункт вільний	Дозволено прибуття транспортного засобу
L ₂	Логістичний пункт перевантажений	Перенаправлення транспортного засобу на альтернативний пункт
L ₃	Черга транспортних засобів перевищує допустимий час очікування	Зміна черговості обслуговування
L ₄	Обмежена пропускна спроможність логістичного пункту	Корекція графіка прибуття транспортних засобів

Наведений фрагмент бази даних відображає загальні стани логістичного пункту як елемента транспортної системи. Разом з тим, для підвищення точності управлінських рішень доцільним є деталізація станів окремих об'єктів інфраструктури, зокрема складів, які виконують ключову роль у процесі перевезення НВ. Приклад формалізації станів складу наведено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Фрагмент бази даних транспортних ситуацій для абстрактних конкретизацій станів складів

Формальне позначення ситуації	Лінгвістична інтерпретація	Управлінська дія
W ₁	Склад функціонує у штатному режимі	Дозволено приймання та відвантаження вантажів
W ₂	Склад перевантажений	Обмеження приймання транспортних засобів
W ₃	Відсутність вільних місць для зберігання	Перенаправлення вантажу на інший склад
W ₄	Наявність обмежень для обробки небезпечних вантажів	Приймання лише дозволених категорій вантажів

Запропонований підхід до формування бази даних транспортних ситуацій з елементами бази знань може бути використаний як основа для створення систем підтримки прийняття рішень у сфері управління перевезеннями НВ. Інтеграція таких моделей у програмні комплекси автоматизованих робочих місць диспетчерів або логістів дозволить підвищити оперативність прийняття управлінських рішень та забезпечити більш високий рівень безпеки транспортних процесів.

Список літератури

1. Lavrukhin O., Vernyhora R., Schevcenko V., Kyman A., Shulika O., Kulova D., Kim K. Forming an automated technology to actively monitor the transportation of dangerous cargoes by railroad. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 3, Issue 3 (105). P. 78–85.

UDC: 656.13:656.073.235:005.334

IMPROVEMENT OF THE TRANSPORTATION TECHNOLOGY OF REFRIGERATED CONTAINERS THROUGH RISK ASSESSMENT

D.O. Kulova, *Senior Lecturer, PhD in Transport Technology,*
M.V. Boiko, *student of the group LAT-25Mz.,*
S. M. Zhukovskiy, *student of the group LAT-25Mb,*
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

In the current conditions of transport logistics development, there is a growing volume of temperature-sensitive cargo transportation, which leads to increased requirements for ensuring its integrity within cold chain supply systems. Maintaining a stable temperature regime is a key factor in the efficiency of such transportation, as even short-term deviations may result in loss of quality or complete spoilage of products.

Refrigerated containers enable the transportation of such cargo within intermodal, multimodal, and combined transport systems due to their standardization and ability to maintain specified microclimate parameters. A distinctive feature of their operation is the combination of stationary and autonomous power supply, as well as the use of modern digital technologies for monitoring transportation parameters.

The transportation process of refrigerated containers is multi-stage and includes pre-trip preparation, pre-cooling, loading, transportation, transshipment between modes of transport, temporary storage, and unloading. Each of these stages is associated with the influence of factors that may lead to the occurrence of hazardous situations.

Considering the nature of the origin of risk factors, it is advisable to distinguish three main groups: human-related, technical and technological, and natural and climatic. This approach makes it possible to systematize the main sources of risks and identify typical hazardous situations characteristic of road transportation of temperature-sensitive cargo.

The most critical hazardous situations include failures of refrigeration equipment or power supply systems, violations of temperature conditions during idle periods, as well as personnel errors in setting operating parameters. Significant impacts are also caused by mechanical damage to containers, violations of loading technology, unauthorized access during parking, and adverse weather conditions. The assessment of the criticality of hazardous situations is advisable to carry out using FMEA/FMECA methods, which allow taking into account the severity of consequences, the probability of occurrence, and the possibility of timely detection of deviations. The use of an expert approach ensures the validity of determining risk priorities and makes it possible to rank hazardous situations according to their level of criticality.

The obtained results make it possible to identify the most critical hazardous situations associated with the transportation of temperature-sensitive cargo in refrigerated containers and to form a basis for further improvement of transportation technology within cold chain supply systems.

УДК 669.295:621.793:620.178.162.4

ВПЛИВ ДИФУЗІЙНОГО НАСИЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТАМИ ВТІЛЕННЯ НА АНТИФРИКЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНІ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ ВТ6

М.М. Студент, проф., док. техн. наук,

О.Г. Лук'яненко, старший досл., канд.

І.М. Погрелюк, проф., док. техн. наук,

В.С. Труш, стар. дослідн., док. техн. наук,

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України, м. Львів

С.І. Маркович, доц., канд. техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Постановка проблеми. Титанові сплави широко використовуються в аерокосмічній, оборонній та суднобудівній промисловості завдяки їх низькій питомій вазі, високій питомій міцності та корозійній стійкості. Актуальною залишається заміна лопаток із нікелевих сплавів газотурбінних двигунів літаків та вертольотів, сталевих хромованих штоків гідроциліндрів, шестерень, зубчастих коліс дронів на титанові [1-3]. Загострилася потреба у зменшенні ваги важких безпілотних літальних апаратів (дронів), як військового так і цивільного призначення. Зокрема, заміна сталевих гідроциліндрів на титанові дасть можливість зменшити вагу важких безпілотних літальних апаратів, що дозволить підвищити їх вантажопідйомність. Разом з тим, титанові сплави мають низьку зносостійкість та схоплюються під час тертя з елементами кріплення. Тому елементи кріплення із титанових сплавів можна застосовувати лише із зносостійкими покриттями [4-7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для підвищення трибологічних характеристик титанових сплавів найбільш вдалим є дифузійні покриття, отримані хіміко-термічною обробкою титанових сплавів, завдяки якій відбувається твердорозчинне зміцнення поверхневих шарів елементами втілення (кисень, азот) та формування оксидних або нітридних, шарів на поверхні [6, 7]. Така хіміко-термічна обробка (ХТО) не змінює товщини деталей та їх шорсткість. Сам процес хіміко-термічної обробки суміщається із термічною обробкою на максимальну міцність та ударну в'язкість і відбувається у регламентованому газовому середовищі за температури не вищої за 850°C продовж 2...5 годин. Перевагою такого способу оброблення є можливість одночасно проводити хіміко-термічну обробку сотень деталей. В процесі хіміко-термічної обробки деталей із титанових сплавів авіаційної техніки формується градієнтно-зміцнений приповерхневий шар товщиною до 200 мкм з підвищеними трибологічними та фізико-механічними характеристиками. Завдяки запропонованій градієнтній структурі зміцненого шару (фазова плівка та твердий розчин втілення) з регламентованими характеристиками (товщина фазової плівки, твердість поверхні та глибина зміцненого шару) буде забезпечено як високу зносостійкість, так і хороші втомні властивості [6, 7].

Постановка завдання. Мета роботи – підвищення трибологічних характеристик титанового сплаву ВТ6 формуванням на його поверхні шарів, дифузійно модифікованих елементами втілення. Для цього необхідно:

- хіміко-термічною обробкою сформувати фазово-структурний стан (фазова плівка та твердий розчин втілення) приповерхневого шару на зразках титанового сплаву ВТ6 різними домішками втілення (O₂, N₂);

- визначити отримані характеристики поверхневого шару (шорсткість, мікротвердість, фазовий склад поверхні) після різних ХТО;
- виконати порівняльні трибологічні дослідження роботоздатності отриманих поверхневих структур за сухого зворотно-поступального тертя у парі з контртілом зі сталі Х18Н9Т.

Матеріали та методики досліджень. Досліджували зразки з титанового сплаву ВТ6 системи легування Ti-6Al-4V-3 фазовим складом ($\alpha+\beta$) з хімічним складом згідно ГОСТ 19807-74.

Для формування зміцнених шарів зразки піддавали хіміко-термічній обробці (ХТО) у вакуумній печі за наступними режимами:

1) Режим оксидування. Зразки нагрівали в електричній печі у вакуумі ($P = 0,6 \text{ mPa}$) до 750°C , витримували 5 год у вакуумі $0,1 \text{ Pa}$, охолоджували до 350°C і напускали атмосферне повітря, після чого охолоджували піч із зразками до кімнатної температури.

2) Режим азотування. Зразки нагрівали у вакуумі ($P = 0,6 \text{ mPa}$) до 850°C , напускали технічний азот до тиску $P = 10^5 \text{ Pa}$, витримували 3 год, охолоджували в азоті до 250°C , вакуумуванням видаляли азот та охолоджували піч із зразками до кімнатної температури.

3) Режим оксинітрування. Зразки в електричній печі нагрівали у вакуумі ($P = 0,6 \text{ mPa}$) до 650°C , напускали азот-кисневу суміш ($80\% \text{ N}_2 + 20\% \text{ O}_2$) до тиску $P = 0,01 \text{ Pa}$, нагрівали до 850°C та витримували 3 год, вакуумували та витримували 0,5 год та охолоджували піч із зразками до кімнатної температури.

Мікротвердість в перерізах приповерхневих шарів визначали на приладі ПМТ-3М за навантаження на індентор $0,49 \text{ N}$. Трибологічні характеристики трибопари «циліндр – пластина» визначали на трибометрі в умовах зворотно-поступального руху циліндра $\text{Ø}10 \text{ mm}$ з нержавної сталі Х18Н10Т з полірованою поверхнею контакту. Фазовий склад поверхневих шарів металу визначали на рентгенівському дифрактометрі DRON-3.0 у монохроматичному $\text{Cu}_{\text{K}\alpha}$ - випромінюванні з фокусуванням трубки за схемою Бреґга–Брентано. Напруга на аноді рентгенівської трубки 30 kV за струму 20 mA . Сканували з кроком $0,05^\circ$. Використовували програмне забезпечення Sietronix, Powder Cell 2.4 і FullProf, за допомогою яких виконували Фур'є-обробку дифрактограм, визначали місця дифракційних максимумів відбиття і періоди ґраток, ідентифікованих за даними для фаз з картотеки JCPDS - ASTM. Стан поверхні до та після дифузійного насичення й фрикційного зносу досліджували за допомогою сканувального електронного мікроскопа EVO-40XVP, а хімічний склад поверхневого шару металу визначали з використанням системи мікроаналізу INCA Energy 350.

Виклад основного матеріалу. В процесі хіміко-термічної обробки на плоских титанових зразках було сформовано дифузійні покриття. Фазовий склад покриття після азотування за стехіометричним складом відповідав $\sim\text{TiN}_{1,83}$, після оксидування – оксиду титану ($\sim\text{TiO}_2$), а після оксинітрування–оксинітриду титану, який за складом був близьким до еквіатомного ($\sim\text{TiN}_{0,46}\text{O}_{0,54}$) (рис. 1).

Спектральним аналізом поверхневого шару сплаву ВТ6 після азотування у ньому окрім азоту ($9,55 \text{ мас.}\%$) виявлено значний вміст кисню ($4,32 \text{ мас.}\%$) табл. 1. Однак така кількість кисню не приводить до формування оксинітридного шару. Фазовий аналіз вказує на формування на поверхні модифікованого шару лише нітриду титану рис. 1. Очевидно, це зумовлено тим, що азотування проводили в атмосфері технічно чистого азоту, який містив певну кількість кисню. На поверхні оксидованого шару виявлено $14,31 \text{ мас.}\%$ кисню, що підтверджує формування шару із оксиду титану. На поверхні оксинітрованого шару виявлено значну кількість як кисню так і азоту, що підтверджує формування на поверхні сплаву ВТ6 шару з оксинітриду титану табл. 1.

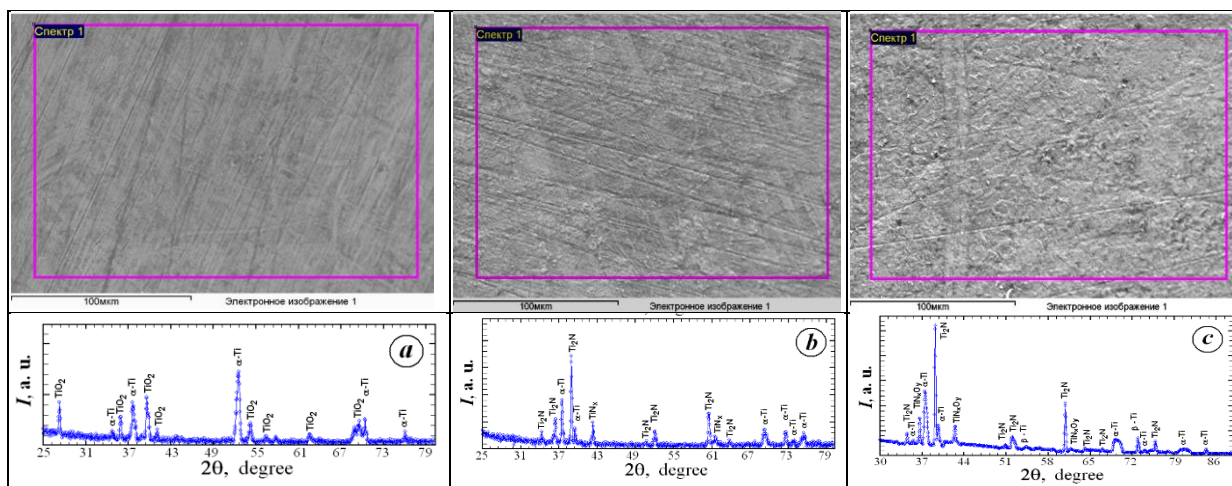


Рисунок 1 – Морфологія поверхні зразків сплаву ВТ6 з дифузійно модифікованими шаром та її фазовий склад: *a* – TiN; *b* – TiO; *c* – TiNO

Таблиця 1 – Елементний склад поверхневих шарів зразків титанового сплаву ВТ6 після різних типів ХТО

Елемент	Азотування (TiN)		Оксидування (TiO)		Оксидитрування (TiNO)	
	Wt.%	At.%	Wt.%	At.%	Wt.%	At.%
N	9,55	20,49	0,00	0,00	6,73	17,00
O	4,32	9,43	14,31	30,51	7,62	16,39
Al	4,55	5,95	4,52	5,71	4,72	6,05
V	3,88	2,67	3,05	2,07	3,11	2,12
Ni	0,14	0,1	0,11	0,07	0,17	0,11
Fe	0,17	0,10	0,31	0,19	0,25	0,15
Ti	залишок		залишок		залишок	

Шорсткість поверхні зразків та їх мікротвердість після хіміко-термічної обробки наведено у таблиці 2. Мікротвердість та шорсткість поверхні плоских зразків з титанового сплаву ВТ6 до ХТО становили $(194,6 \pm 3,3) \text{ HV}_{0,49}$ та $R_a = 0,067 \pm 0,005 \mu\text{m}$ відповідно. Азотування титанового сплаву підвищило мікротвердість його поверхні до $(983 \pm 82) \text{ HV}_{0,49}$. Мікротвердість оксидованого шару виявилась нижчою – $(755 \pm 40) \text{ HV}_{0,49}$, а оксинітридний шар відзначився найменшою мікротвердістю – $(557 \pm 32) \text{ HV}_{0,49}$, хоча у 2,8 рази перевищує мікротвердість сплаву ВТ6 без хіміко-термічної обробки.

Шорсткість поверхні сплаву ВТ6 після хіміко-термічної обробки практично не залежала від технології поверхневого оброблення табл. 2.

Таблиця 2 Шорсткість та мікротвердість поверхні титанового сплаву ВТ6 після ХТО

Тип ХТО	Після ХТО	
	$R_a, \mu\text{m}$	$\text{HV}_{0,49}, \text{кг/мм}^2$
Азотування	$0,264 \pm 0,007$	983 ± 82
Оксидування	$0,257 \pm 0,007$	755 ± 40
Оксидитрування	$0,264 \pm 0,009$	557 ± 32

В процесі тертя пари необробленого сплаву ВТ6 – сталь Х18Н9Т відбувалося мікроприварювання виступів поверхні та захоплення поверхонь. Трибологічні дослідження показали, що після азотування коефіцієнт тертя (f) сплаву ВТ6 в парі зі сталлю Х18Н9Т в умовах осциляційного тертя без мащення суттєво підвищився до значення 0,6 (рис. 2, *a*). При цьому зношувався сталевий стрижень внаслідок різання гострими виступами азотованої поверхні.

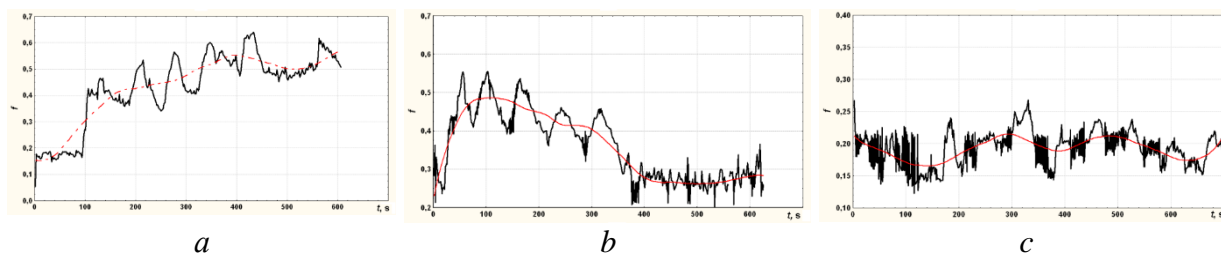


Рисунок 2 – Зміна коефіцієнта тертя (f) в часі t за сухого тертя ковзанням зразків зі сплаву ВТ6, поверхнево зміцнених азотуванням (а), оксидуванням (b) та оксинітруванням (с), що контактували зі стрижнем зі сталі Х18Н10Т за питомого навантаження 1,0 МПа

Коефіцієнт тертя у парі сплав ВТ6 – сталь Х18Н9Т після оксидування та оксинітрування виявився суттєво меншим. Причому для пари оксидований ВТ6 – сталь Х18Н9Т він зменшувався у часі та досягав значень $f = 0,25 \dots 0,35$ (рис. 2, b), а у парі оксинітрований ВТ6 залишався стабільним впродовж випробовувань $f = 0,15 \dots 0,20$ (рис. 2, c). На відміну від азотованої поверхні сплаву ВТ6, оксидована та оксинітрована поверхня мали значно меншу мікротвердість (табл. 2) і при терті не різали своїми виступами поверхню контртіла, а під час трибологічних випробовувань відбувалося лише притирання поверхонь пари тертя (рис. 2, b, c).

Висновки. Застосування хіміко-термічної обробки у контрольованих газових середовищах позитивно вплинуло на трибологічну поведінку зразків сплаву ВТ6 у парі з нержавною сталлю Х18Н10Т, зокрема, перестало відбуватися схоплення контактуючих поверхонь під час сухого тертя ковзанням.

1. Хіміко-термічною обробкою на титанових зразках було сформовано дифузійні поверхнево зміцнені шари. Визначено їх фазовий склад, який після азотування відповідав $\sim \text{TiN}_{1,83}$, оксидування – оксиду титану типу $\sim \text{TiO}_2$, а після оксинітрування – оксинітриду титану типу $\sim \text{TiN}_{0,46}\text{O}_{0,54}$.

2. Коефіцієнт тертя у парі азотований сплав ВТ6 – сталь Х18Н10Т зростав у часі випробувань та досягав високого значення ($f = 0,6$). Гострі виступи на азотованій поверхні зрізали шари нержавної сталі.

3. Коефіцієнт тертя у парі оксидований та оксинітрований ВТ6 – сталь Х18Н10Т знижувався у часі та досягав нижчих значень: ($f = 0,25 \dots 0,35$) для оксидованої поверхні та ($f = 0,15 \dots 0,20$) – для оксинітрованої, що відбувалось внаслідок притирання поверхонь цих пар тертя. Робота виконана за фінансової підтримки Національного фонду досліджень України в межах проєкту 2025.06/0028 «Розроблення технології поверхневого зміцнення деталей з титанових сплавів двигунів авіаційної техніки регламентованим дифузійним насиченням елементами втілення»

Список літератури

- Budinski, K.G. (1991) Tribological properties of titanium alloys. *Wear*, 2 (151), 203-217.
- Bansal, D.G., Eryilmaz, O.L., & Blau, P.J. (2011) Surface engineering to improve the durability and lubricity of Ti-6Al-4V alloy. *Wear*, 271, 2006-2015. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2010.11.021>
- Bell, T., Dong, H., & Sun, Y. (1998) Realizing the potential of duplex surface engineering. *Tribology International*, 1-3 (31), 127-137. [https://doi.org/10.1016/S0301-679X\(98\)00015-2](https://doi.org/10.1016/S0301-679X(98)00015-2)
- Bansal, D.G., Kirkham, M., & Blau, P.J. (2013) Effects of combined diffusion treatments and cold working on the sliding friction and wear behavior of Ti-6Al-4V. *Wear*, 302, 837-844. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2013.01.034>
- Marin, E., Offoiaich, R., Regis, M., Fusi, S., Lanzutti, A., & Fedrizzi, L. (2016) Diffusive thermal treatments combined with PVD coatings for tribological protection of titanium alloys. *Materials and Design*, 89, 314-322. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.10.011>
- Pohrelyuk, I.M., Fedirko, V.M. & Dovhunyk, V.M. (2000) Influence of nitriding and oxidation on the wear of titanium alloys. *Materials Science*, 3 (36), 466-471. [in Ukrainian] <http://dx.doi.org/10.1007/BF02769614>
- Łepicka, M. & Grądzka-Dahlke, M. (2016) Surface modification of Ti6Al4V titanium alloy for biomedical applications and its effect on tribological performance - a review. *Rev. Adv. Mater. Sci.*, 46, 86-103. <https://doi.org/10.1007/s11003-018-0153-8>

УДК 658.7

ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ, ЩО ОБСЛУГОВУЄ ЛОГІСТИЧНІ ПРОЦЕСИ ТОРГІВЕЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,

А.В. Гриньків, ст. дослідник, канд. техн. наук,

В.А. Побива, ст. гр. ТТ-24М,

А.В. Кіріченко, ст. гр. ЛАТ-25М,

В.К. Коваленко, ст. гр. ТТ-23,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

У класичному варіанті дій у рамках транспортно-технологічної системи (ТТС) логістичні операції зазвичай виконуються послідовно. Але такий лінійний підхід до вирішення завдань у динамічній та швидкозмінній ТТС не завжди ефективний. Однак якщо розглянути ті ж операції, але з використанням мультиагентного підходу, можна побачити, що система буде реагувати на зміни оперативно, оскільки ряд операцій виконується не послідовно, а паралельно. Такий спосіб виконання операцій дозволяє швидко скоригувати рішення відповідно до умов. Оперативне реагування на зміну дає можливість знаходити оптимальні варіанти доставки товару, а також підвищувати рівень використовуваних ресурсів, що призведе до поліпшення структури витрат за транспортно-логістичне забезпечення.

У результаті аналізу вартості перевезення $C_{тр}$ транспортним засобом (ТЗ), при FTL - і LTL - перевезеннях за умов повного завантаження для LTL - перевезення було виявлено залежність вартості від обсягу перевезення x_{ij} , представлена на рис. 1.



Рисунок 1 – Схематична залежність вартості від обсягу перевезення

Даний графік відображає залежність $C_{тр}(x_{ij})$, яка вказує на те, що $C_{тр}$ для FTL - перевезення не залежить від обсягу замовлення, що перевозиться, і завжди має фіксовану вартість. У свою чергу $C_{тр}$ для LTL - перевезення зростає пропорційно обсягу замовлення. Ця залежність $C_{тр}(x_{ij})$ показує, що в об'ємі менше 80 % завантажених палет вигідніше брати LTL - перевезення, а далі - FTL.

Варто враховувати, що залежність $C_{тр}(x_{ij})$, справедлива тільки для повного завантаження ТЗ при LTL - перевезенні. За сучасних тенденцій мінімального розміру партії замовлення дана ситуація насправді зустрічається завжди, тому щодо $C_{тр}$ варто розглянути залежність вартості транспортних засобів (ТЗ) від завантаження $C_{тр}(R)$, представлену на рисунку 2.

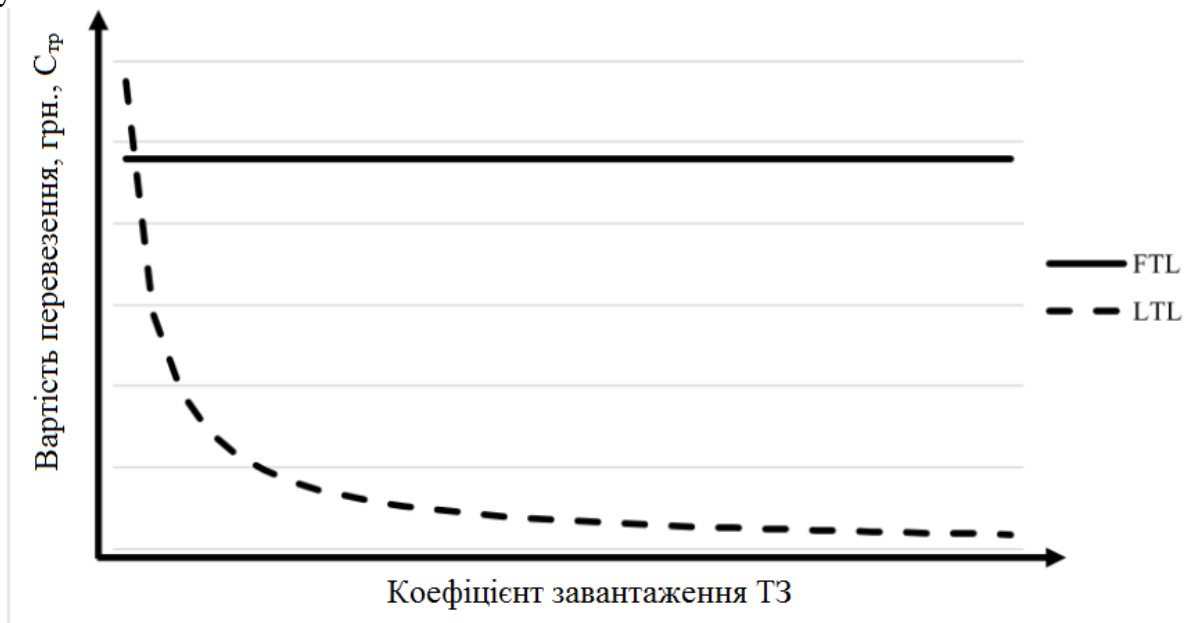


Рисунок 2 – Схематична залежність вартості перевезення від коефіцієнта використання транспортного засобу

Залежність $C_{тр}(R)$ відбиває вартість перевезення 1 палети в транспортному засобі вантажопідйомністю до 20 т. Провівши аналіз залежності $C_{тр}(R)$, можна дійти невтішного висновку, що вартість LTL - перевезення безпосередньо пов'язані з коефіцієнтом використання ТЗ. Тому LTL-перевезення максимально вигідні вантажовідправникам і перевізникам за умови повного завантаження ТЗ, так як оскільки $C_{тр}$ зменшується пропорційно підвищенню коефіцієнта використання ТЗ. Однак при завантаженні понад 30% зміни тарифів незначні.

За результатами аналізу залежностей $C_{тр}(x_{ij})$ і $C_{тр}(R)$ встановлено, що FTL-перевезення вигідні лише за умови повного завантаження ТЗ, але сучасні тренди вказують, що зниження мінімального розміру партії в останні кілька років не дозволяє виробничим компаніям завантажувати повністю ТЗ для відправки одному виробнику компанії використовують LTL-перевезення. В той час $C_{тр}$ LTL-перевезень мають динамічний характер і залежить від завантаження ТЗ, тому для відправників LTL-перевезення вигідні лише за умови завантаження понад 30 %.

Взаємодія об'єктів транспортно-технологічної системи (ТТС), що обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі у зв'язці з мультиагентними технологіями, дозволяє максимально завантажити ТЗ за певним маршрутом і знизити $C_{тр}$.

Географія вантажоперевезення також впливає на вартість фрахту ТЗ. Залежно від району доставки вантажу, можливості відправки збірного вантажу або зворотної доставки транспортні тарифи на доставку можуть суттєво відрізнятись. Вартість фрахту за кілометр на найбільш затребуваних маршрутах, як правило, нижча за вартість доставки у віддалені місця з поганою транспортною інфраструктурою. Зважаючи на такий вплив на вартість фрахту ТЗ, варто ввести додатковий коефіцієнт A , який коригуватиме вартість в залежності від обраного напрямку доставки, сезонних коливань та ін. Таким чином, вартість фрахту ТЗ матиме вигляд: $A * C_{тр}$.

Крім того, при формуванні вартості фрахту ТЗ вплив чинитимуть напрямок, в якому

рухається ТЗ, а також сезонні коливання попиту.

З урахуванням поданих теоретичних залежностей можна скоригувати цільову функцію:

$$Z = \sum (\alpha C_{\text{тр}} + C_m) \cdot x_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де Z - витрати на доставку продукції, грн.;

$C_{\text{тр}}$ - витрати по фрахту транспортних засобів, грн.;

C_m - витрати на зберігання та/або вантажообробку на терміналі, грн.;

x_{ij} - кількість вантажу до доставки від i -го відправника вантажу j -му одержувачу, т;

α – коефіцієнт коливання цін на фрахт ТЗ.

В рамках скоригованої функції враховуються коливання на фрахт та витрати, пов'язані з вантажообробкою.

Ця цільова функція справедлива при дотриманні таких обмежень:

1. Обсяг замовного постачальника споживачу x_{ij} не повинен перевищувати вільну потужність логістичного терміналу M_{ci} :

$$\sum x_{ij} \leq M_{ci}. \quad (2)$$

2. Обсяг замовлення від i -го постачальника j -му споживачу x_{ij} не повинен перевищувати можливості ТЗ R :

$$R \in 1; \sum x_{ij} \geq 1. \quad (3)$$

3. Обсяг замовлення від i -го постачальника j -му споживачу x_{ij} не повинен бути негативним:

$$x_{ij} > 0. \quad (4)$$

Цільова функція дозволяє відобразити параметри моделі з урахуванням коригуючих коефіцієнтів, що дозволить знайти оптимальну комбінацію маршрутів та точки консолідації реалізації технології пулінга.

Згідно з результатами теоретичного дослідження, часткове завантаження ТЗ, що реалізується за допомогою технології пулінгу, скорочує витрати на транспорт у системі. Додатковий параметр вибору відповідного логістичного терміналу за характеристиками, формалізованими в математичній моделі, дозволить знизити додану вартість товару, а також підвищить рівень клієнтського сервісу (задоволеності клієнта), що позитивно позначиться на зміцненні позицій торгівельної мережі на ринку.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. - Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. - 393 с.
2. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. - 325 с.
3. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
4. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький: Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
5. Аулін В.В., Голуб Д.В. Забезпечення та підвищення надійності транспортних систем і процесів перевезень багатофункціональною роботою їх учасників. Зб. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 22-23 лют. 2018 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. – С. 107-110.
6. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. Критерії реалізації процесів забезпечення та підвищення надійності і ефективності функціонування транспортних систем. Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Луцьк: Луцький НТУ, 2018. №62. С.12-16.

УДК 339.9:658.012.4

МЕТОДИКА СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,

А.О. Головатий, асист,

І.В. Жилова, асист,

А.О. Миронова, ст. гр. ТТ-24М,

М.А. Бакуменко, ст. гр. ТТ-22,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

На основі проведеного обґрунтування системних властивостей об'єкта дослідження та запропонованого способу класифікації митних операцій за видами системних зв'язків, розроблено нову методику системного аналізу підприємства, що реалізує його зовнішню економічну діяльність (ЗЕД) у взаємодії з митними органами як структурованого об'єкта аналізу та оптимізації. Методика містить алгоритми одержання, обробки, аналізу інформації. Вихідними даними для системного аналізу є:

- структура підприємства, що є учасником зовнішньоекономічної діяльності, і структура митних органів України;

- посадові інструкції працівників та керівного складу підприємства, посадові регламенти інспекторського складу митних органів, посадові інструкції керівного складу митних органів;

- схема інформаційних потоків системи взаємодії елементів підприємства і митних органів всіх ієрархічних рівнів;

- документи (зовнішньоторговельний контракт (договір), комерційні (фінансові), товаротранспортні, товаросупровідні, реєстраційні, дозвільні та ін.), необхідні для митного декларування, митного контролю та здійснення митних операцій, пов'язаних з приміщенням товарів і ТЗ під обрану митну процедуру;

- нормативно-правові акти, що становлять право та національне законодавство про митне регулювання, що регламентують порядок оформлення документів, у тому числі заповнення митної декларації (декларації на товари, транзитної декларації);

- нормативно-правові акти, що становлять право та національне законодавство про митне регулювання, що регламентують порядок дотримання встановлених заборон та обмежень зовнішньої торгівлі;

- технічна документація промислового підприємства на імпортоване обладнання, комплектуючі, вузли та агрегати, а також на продукцію власного виробництва, що експортується;

- інші нормативні документи промислового підприємства щодо здійснення зовнішньоекономічної діяльності.

Графічно зазначена методика відображена у вигляді блок-схеми методики системного аналізу ЗЕД (рис. 1).

Після збору вихідних даних здійснюється реалізація наступних етапів:

1. Аналіз загальносистемних властивостей, що включає аналіз ієрархічних структур митних органів та підприємства.

Складовою частиною та основою для методики системного аналізу ЗЕД підприємства є алгоритм багатофакторного аналізу та оптимізації окремих митних операцій, які здійснюються посадовими особами підприємства у взаємодії з митними органами. Алгоритм

розроблено для підвищення ефективності ЗЕД промислового підприємства. Основні етапи реалізації алгоритму описані у третій та четвертій главах дисертаційного дослідження.

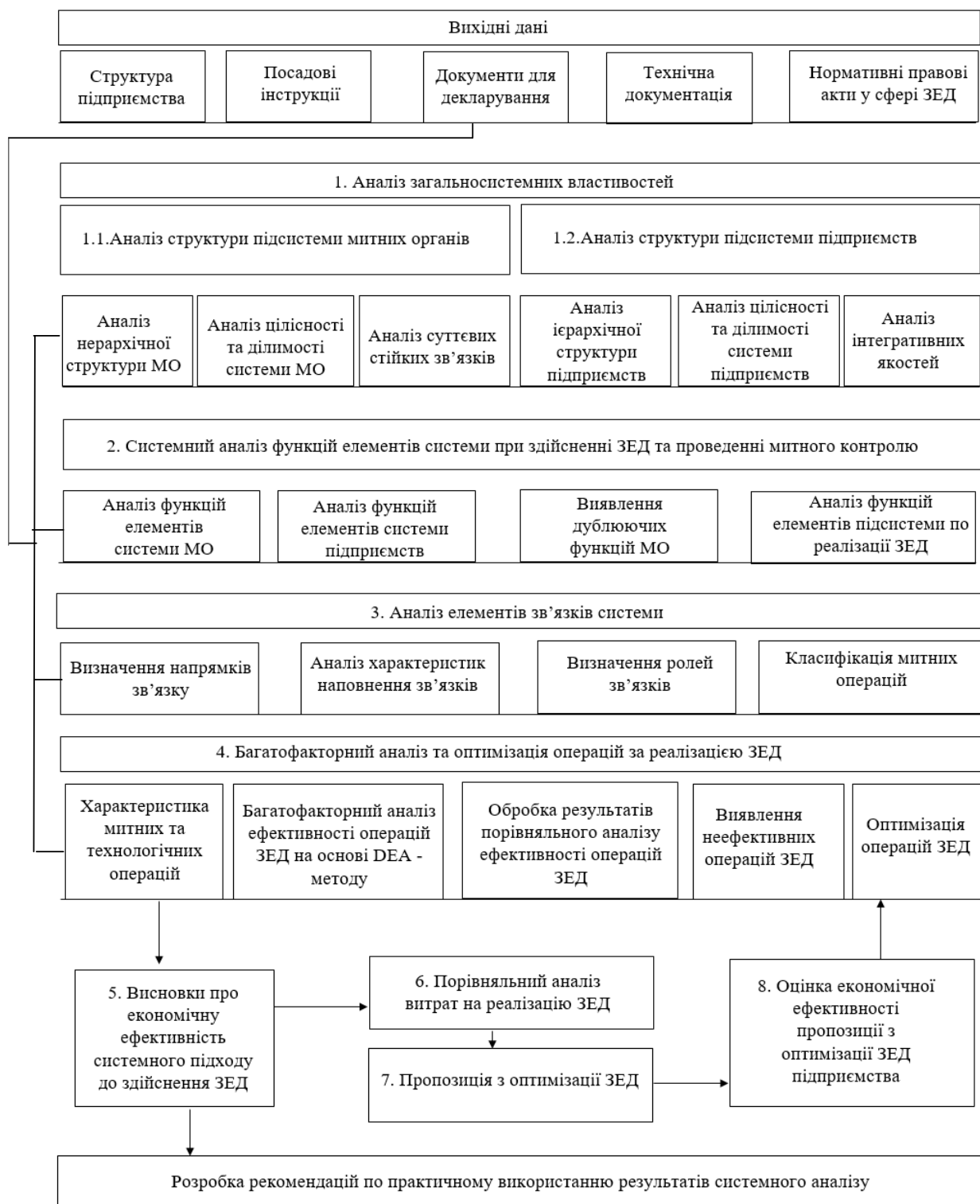


Рисунок 1 – Блок-схема методики системного аналізу зовнішньоекономічної діяльності підприємства як структурованого об'єкта аналізу та оптимізації

Послідовна реалізація окремих етапів методики за необхідності повторюється.

На цьому етапі відбувається збір вихідних даних, складаються ієрархічні структурні схеми підприємства і митних органів, а також схема взаємодій елементів аналізованих підсистем.

2. Системний аналіз основних функцій елементів досліджуваної системи «підприємство – митні органи».

На цьому етапі здійснюється аналіз основних функцій елементів досліджуваної системи по реалізації ЗЕД.

3. Аналіз зв'язків між елементами системи, що включає побудову схеми взаємодії елементів, дослідження механізмів взаємодії елементів, класифікацію існуючих у системі зв'язків та розробку на цій основі класифікації митних операцій.

4. Багатофакторний аналіз та оптимізація операцій з реалізації ЗЕД підприємства. Даний етап заснований на розробленому алгоритмі. Алгоритм дозволяє поширити відомий математичний апарат, що традиційно застосовується для вирішення завдань оцінювання ефективності технічних систем, на завдання підвищення ефективності підприємств, що реалізують ЗЕД, і розвиває не мають аналогів підходи до оптимізації взаємозв'язок.

5. Формування висновку про економічну ефективність системного підходу до здійсненню ЗЕД, яке у випадку отримання необхідного результату дозволяє сформулювати рекомендації щодо практичного використання результатів системного аналізу та вважати завдання вирішеним.

Досягнення позитивної динаміки економічної ефективності, що виражається у зниженні фінансових та тимчасових витрат під час здійснення ЗЕД, дозволяє виробляти рекомендації щодо практичного використання результатів системного аналізу. У разі відсутності ефекту скорочення невиробничих витрат здійснюється перехід до наступних етапів.

6. Аналіз фінансових витрат, пов'язаних з реалізацією підприємством ЗЕД, що полягає в оцінці витрат на операції, що здійснюються при експорті готової продукції і імпорту матеріалів для виробництва, з обліком розроблених на етапі 4 заходів щодо їх оптимізації.

7. Розробка пропозицій щодо оптимізації зовнішньоекономічної діяльності підприємства на рівні управлінських рішень.

8. Оцінка економічного ефекту від застосування пропозицій щодо оптимізації, за результатами якої на підприємстві приймаються управлінські рішення.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. - 325 с.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
3. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
4. Аулін В.В., Головатий А.О. Вплив виробничо-технічної бази автотранспортного підприємства на ефективність його роботи та використання парку машин. Збірник наукових матеріалів міжнародної науково-практичної інтернет-конференції: "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту", ЦНТУ м.Кропивницький, Україна, 14-15 листопада 2018 року. Кропивницький. 2018. С.201-206.
5. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О., Лисенко С.В., Лівіцький О.М. Роль інтелектуальних інформаційних систем у транспортних і виробничих підприємствах та їх класифікація. Зб. наук. матеріалів міжнар. науково-практичної інтернет-конференції: "Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту", ЦНТУ м.Кропивницький, Україна, 18-19 листопада 2020 року. Кропивницький. 2020. С.167-173.
6. Плекан У.М., Аулін В.В., Цюнь О.П., Дзюра В.О., Матвіїшин А.Й. Логістичні витрати транспортного підприємства: організаційні аспекти. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 286-293.

УДК 339.543:519.876

АЛГОРИТМ БАГАТОФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ МИТНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА ЇХ ОПТИМІЗАЦІЇ

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,

А.В. Гриньків, ст. дослідник, канд. техн. наук,

Р.В. Волкова, ст. гр. ЛАТ-25Мз,

К.О. Молла, ст. гр. ТТ-23,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Розроблений проблемно-орієнтований алгоритм багатофакторного аналізу та оптимізації митних операцій з реалізації зовнішньої економічної діяльності (ЗЕД) підприємства, побудований на основі базової моделі Charnes, Cooper, Rhodes (CCR) моделі DEA-методу, як аналізу оболонки даних (лінійне програмування оцінки відносної ефективності об'єктів) (рис. 1).

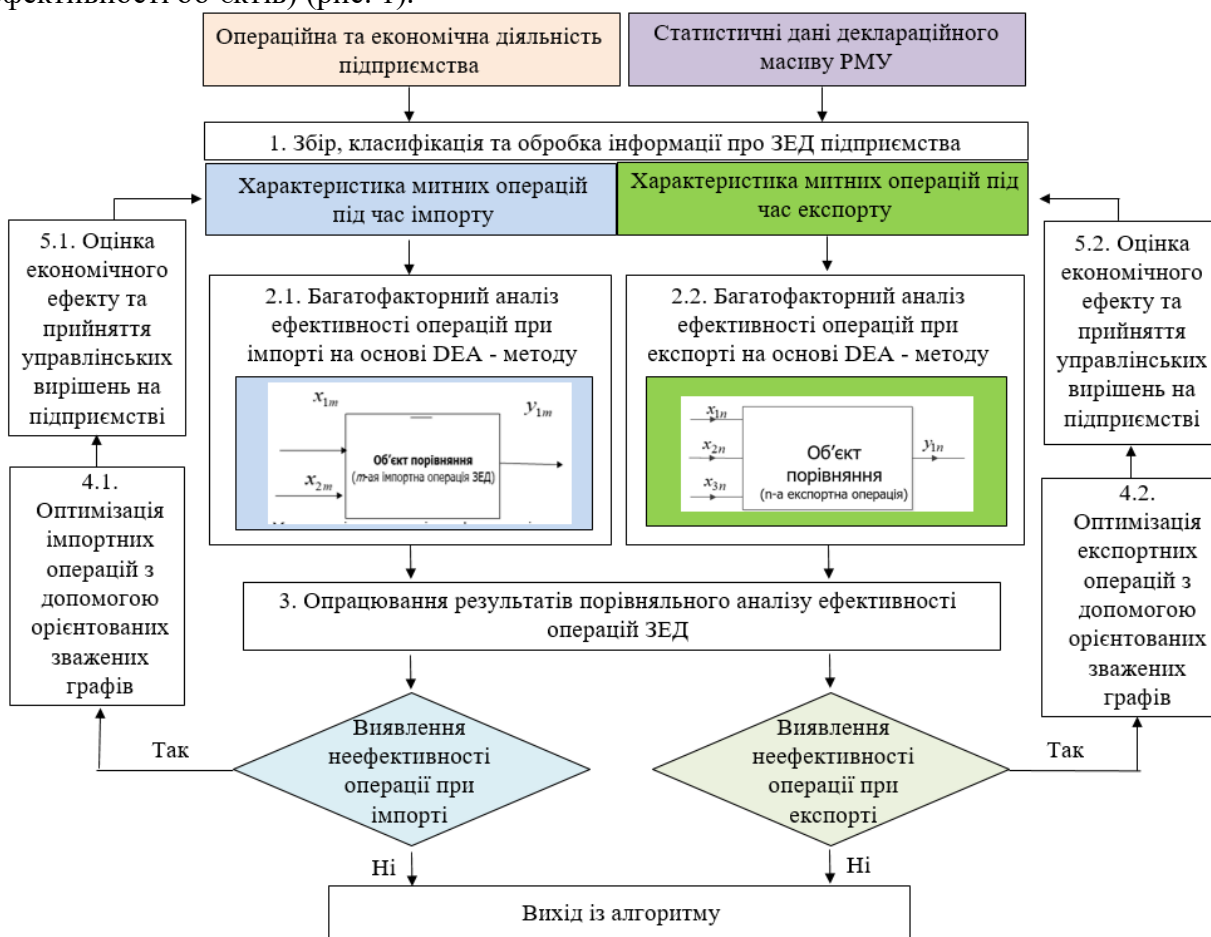


Рисунок 1 - Алгоритм багатофакторного аналізу та оптимізації операцій зовнішньоекономічної діяльності підприємств

При розробці та апробації алгоритму як ключових ланок, що визначають підвищення ефективності ЗЕД підприємства, розглядалися митні операції, системний аналіз і класифікація яких були проведено на основі розробленої методики.

Розроблений у магістерській роботі алгоритм включає наступні основні етапи.

1. Збір, класифікація і обробка інформації про ЗЕД підприємства.

На даному етапі здійснюється збір, класифікація та обробка інформації про митні операції підприємства, отриманої на основі вивчення операційної і економічної його діяльності, аналізу статистичних даних декларційного масиву митних органів та системного аналізу, розробленою методикою.

На цьому етапі проводиться класифікація митних операцій та обґрунтовується вибір основних кількісних характеристик взаємопов'язаних технологічних та митних операцій, що визначають ефективність ЗЕД підприємства.

Великі промислові підприємства – учасники ЗЕД імпортують виробниче обладнання та сировину (комплектуючі) для виробництва продукції, а експортують готову продукцію в залежності від виду діяльності та галузевої власності. Для проведення порівняльної оцінки митні операції класифікуються також за складом та кількістю вчинених дій та стадій, що становлять ці операції.

Як основні характеристики взаємопов'язаних технологічних і митних операцій пропонується розглядати кількість товарних партій, масу і вартість продукції, що декларується, терміни здійснення митних операцій, трудовитрати співробітників і загальні витрати промислового підприємства, величину фінансових витрат підприємства на реалізацію ЗЕД, прибуток підприємства від реалізації продукції, час, що враховує тривалість технологічних операцій.

2. Багатофакторний аналіз ефективності операцій по реалізації ЗЕД на основі DEA методу.

На другому етапі оцінюється порівняльна ефективність митних операцій з реалізації ЗЕД підприємства. Для цього проводиться їх багатофакторний аналіз на основі DEA (Data envelopment Analysis) – методу. Відповідно до методології DEA – методу, формулюються завдання математичного програмування (ЗМП) з допомогою ССР – моделі, результатом рішення яких є відносні оцінки ефективності здійснення імпортних та/або експортних митних операцій.

3. На етапі обробки результатів порівняльного аналізу ефективності митних операцій виявляються неефективні чи найменш ефективні операції, які необхідно оптимізувати для підвищення загальної ефективності ЗЕД підприємства. При цьому обраний метод DEA – метод, який дає можливість отримання порівняльних інтегральних відносних багатофакторних оцінок та їх візуалізації у наочній та легкій для розуміння формі.

4. Для оптимізації виявлених неефективних чи найменш ефективних митних операцій застосовуються процедури оптимізації взаємопов'язаних ланцюжків технологічних та митних операцій, у яких митні операції розглядаються як ключові ланки, що визначають підвищення ефективності функціонування підприємства, що реалізує ЗЕД.

На заключному, п'ятому етапі, розробленого алгоритму багатофакторного аналізу, проводиться оцінка економічного ефекту від впровадження пропозицій по оптимізації, за наслідками якої на підприємстві приймаються управлінські рішення. Послідовна реалізація етапів алгоритму за необхідності повторюється.

Список використаних джерел

1. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
2. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
3. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. Ступінь забезпечення надійності та якості пасажирських і вантажних автомобільних перевезень в Україні національними та міжнародними стандартами. Вісник інж. академії України. – 2016. – №3. – С.156-162.

UDC 004.8:656.07

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN A MULTI-AGENT APPROACH IN THE TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM

V.V. Aulin, *Prof., Dr. tech. sci,*
D.O. Kulova, *Senior Lecturer, PhD in Transport Technology.,*
A.I. Nadtochii, *student of the group LAT-25M.,*
V.V. Fomenko, *student of the group TT -22,*
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

The transport and logistics system (TLS) is a complex and dynamically changing system with numerous parameters and large volumes of information. Tracking and processing this data, as well as evaluating possible courses of action, require significant resources. To automate algorithmic and system-level tasks within the TLS, artificial intelligence (AI) can be used.

Artificial intelligence is a set of technological solutions capable of emulating human cognitive functions, including aspects such as self-learning, autonomous decision-making, and the generation of insights. At the same time, it enables achieving results comparable to human intellectual activity in the context of performing specific data processing tasks of practical significance. Twelve classes of AI systems are distinguished, among which particular attention, in addressing the problem posed in this study, should be given to the class “By completeness and complexity of systems.” In this classification, multi-agent systems (multi-agent systems) occupy a leading position.

Multi-agent systems are characterized as systems consisting of multiple interacting intelligent agents. It is also noted that they are capable of solving problems that are difficult or impossible for a single agent or a centralized system. Given that the transport and logistics system (TLS) is a complex system with a large number of participants, multi-agent systems can effectively address the challenges that arise.

These systems make it possible to consider a broader range of solutions aimed at efficient real-time resource planning, data analysis for decision-making, and the training of computational agents. These tasks are essential in the design of transport and logistics systems.

Transport and logistics systems (TLS) are characterized by a high degree of uncertainty and rapidly changing dynamics, due to numerous interconnections and interdependencies determined by a wide range of individual factors. TLS involve large datasets that are complex to process, which increases the likelihood of errors. In logistics practice, it is proposed to apply methods of analysis and decision-making in TLS by tracing dependencies using multi-agent systems or agent-oriented programming.

Before considering a multi-agent system within a transport and logistics system (TLS), it is necessary to define the concept of the transport and logistics system itself. Based on the analysis of scientific sources, it has been found that authors generally provide only descriptions of the structure of TLS and its internal interconnections, while a unified definition of this concept is lacking.

As a result of the literature review, a definition was identified that considers TLS primarily from the perspective of its transport component. However, TLS is currently a rapidly evolving system, and certain elements of this definition have become outdated and do not fully reflect the features of its functioning in the modern world.

At present, significant attention in the organization of TLS is given to digital support. In this regard, it is appropriate to consider TLS from the perspective of frame theory, which is активно used in artificial intelligence.

A frame is a type of structured representation within a semantic network. This concept was proposed by the American scientist in the field of artificial intelligence, Marvin Minsky. By studying human cognitive processes for application in artificial intelligence, he developed frame theory, which organizes all knowledge about a specific class of objects or events into a unified data structure.

Similarly, a modern TLS should contain information about each object or event in order to respond promptly to emerging challenges. Based on the above, the following definition can be proposed: a transport and logistics system is a set of classes of objects, including transport, transport infrastructure, and its stakeholders, which together form a unified knowledge structure aimed at ensuring interconnected transport processes and influencing material and related flows to meet consumer demand.

Multi-agent technologies make it possible to achieve a high level of personalization in decision-making: each user can be described through a set of relevant concepts and relationships. This enables the establishment of specific goals, preferences, and constraints for each user, taking into account individual characteristics, and supports targeted decision-making.

In recent years, multi-agent technologies have been rapidly developing and are implemented at the intersection of artificial intelligence methods, object-oriented programming, parallel computing, and telecommunications. Multi-agent systems are more flexible and capable of responding promptly to changes within the system, which is particularly important for transport and logistics systems.

Currently, decision support systems in TLS are mostly based on classical approaches that do not allow for rapid adaptation to the frequent changes occurring in the modern world. Within the framework of this master's thesis, algorithms for the functioning of a multi-agent system are being developed, enabling prompt responses to changes across the entire transport and logistics system.

Multi-agent systems (MAS) combine three key technologies: distributed artificial intelligence (distributed AI), distributed problem solving, and parallel computing. This enables prompt responses to influencing factors. Without the use of multi-agent systems, tasks within the functioning of a transport and logistics system (TLS) have to be addressed sequentially; however, under conditions of high system dynamics, solutions obtained at earlier stages may quickly become outdated and irrelevant.

Multi-agent technology is fundamentally based on agents. Agents are entities capable of collecting data about the environment and making decisions independently. A group of interacting agents that share a common goal is referred to as a multi-agent system (MAS). Within such a system, large networks of small agents can be organized to perform parallel operations and negotiate with each other to distribute tasks and make decisions according to predefined algorithms.

Since agents form the basis of a multi-agent system, it is important to define that an agent is a computer system situated within a particular environment, capable of autonomous actions in that environment in order to achieve its assigned goals. An agent possesses the following characteristics:

- a defined set of final states that the agent adopts as its current behavioral strategy (goals);
- the presence of stable knowledge about itself, the environment, and other agents that does not change during its operation (knowledge);
- the presence of variable knowledge about itself, the environment, and other agents (knowledge that may change over time, although the agent may not be aware of these changes and may continue to rely on it in its reasoning) (beliefs);
- the presence of states or situations that are desirable for the agent to achieve for various reasons, although they may be conflicting, and therefore the agent does not expect all of them to be achieved (desires);
- tasks that the agent undertakes at the request (assignment) of other agents within the

framework of cooperative goals or individual agent goals through collaboration (commitments to other agents);

– an awareness of what it must do due to its commitments to other agents (i.e., tasks assigned to and accepted by it), as well as actions arising from its own desires.

It should be noted that the needs and capabilities network model (NC network) is used as a methodological basis for developing open multi-agent systems. This model is based on a holistic approach, where an object is represented as a set of autonomous “physical entities,” each having its own set of needs and capabilities. The multi-agent approach enables the creation of software agents that seek to optimize their target parameters.

An undeniable advantage of multi-agent systems is their ability to self-organize. They are capable of independently managing internal processes without external intervention. Such systems are cybernetic or dynamic adaptive systems and can evolve by increasing their complexity and forming structures for future development based on accumulated experience (information retention).

When considering the modeling of transport and logistics systems (TLS), it is important to take into account that the models, methods, and algorithms applied rely on a distributed approach to problem solving (Distributed Problem Solving). This approach assumes that a complex task is decomposed into a set of smaller subtasks, and conflicts between the obtained solutions are resolved through self-organization.

It is also important to emphasize that the system does not produce a single global decision; instead, through numerous parallel and asynchronous interactions, it identifies an optimal solution despite the presence of multiple, often conflicting criteria, which is particularly important when developing solutions for TLS.

Having examined the capabilities and functioning of multi-agent systems, it can be concluded that multi-agent technologies are capable of solving multi-criteria planning problems in transport and logistics systems, taking into account all necessary data and the decision-making criteria of each agent within the system.

References

1. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. - Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. - 393 с.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
3. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький: Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
4. Аулін В.В., Великодний Д.О., Дьяченко В.О. Оптимізація і управління ресурсами в транспортно-логістичній системі АПК. *Наукові нотатки*. Луцьк: Луцький НТУ, 2018. №62. С.8-11.
5. Аулін В.В., Головатий А.О. Логістичний підхід в підвищенні ефективності функціонування транспортної системи, на прикладі АТП. Збірник тез доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Підвищення надійності машин і обладнання». Кіровоград: КНТУ, 2016. С.42-45.

УДК: 629

УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДВІСКИ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ШЛЯХОМ ДОСЛІДЖЕННЯ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

В.В. Клім, *ст. гр. ТАм-21*,

Р.І. Розум, *доцент., канд. техн. наук*

Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

Підвіска вантажного автомобіля це важлива складова ходової частини вантажного автомобіля, яка забезпечує безпечну та стабільну йогшо взаємодію із дорожнім покриттям. Її роль полягає у максимальному зниженні впливу дорожніх нерівностей на водія, вантаж та елементи транспортного засобу, що значно зменшує динамічні навантаження, підвищує плавність ходу та убезпечує збереження вантажу. В зв'язку з цим проведення аналізу експлуатаційних характеристик підвіски та розробка шляхів її удосконалення набуває актуального завдання.

Одним із основних показників роботи підвіски є її здатність виконувати максимальне демпфування нерівностей дорожнього полотна та стабільність транспортного засобу в умовах змінних навантажень та дорожніх умов. Необхідність в удосконаленні підвіски виникає у зв'язку з постійним зростанням мас вантажів, підвищення швидкості руху та вимог до комфорту та безпеки руху. Динамічні навантаження, які виникають в процесі руху, впливають на всі елементи транспортного засобу.

Підвіски вантажних автомобілів поділяються по конструктивній складності та технічних характеристиках. Так, традиційні ресорні підвіски володіють високою міцністю та довговічністю, однак вони поступаються сучасним пневматичним системам за рівнем комфортності та можливістю автоматизованого регулювання дорожнього просвіту. Пневматичні та гідропневматичні системи забезпечують більш плавну амортизацію й адаптивність.

Окрему увагу необхідно приділити сучасним інтелектуальним системам підвіски, які використовують комплекс електронних датчиків для вимірювання прискорень, кренів, навантаження на осі, стану дорожнього полотна та швидкості руху. На базі цих даних електронним блоком відбувається регулювання жорсткості підвіски. Такого роду системи забезпечують зменшення вертикальних коливань, покращення стійкості при проходженні поворотів, зменшення навантаження на елементи транспортного засобу, а також підвищення рівня безпеки водія.

Дослідження експлуатаційних характеристик підвіски транспортних засобів передбачає виконання вимірювань частоти та амплітуди коливань під дією різних типів навантаження, визначення ефективності поглинання енергії ударів, аналіз стану пружних елементів та амортизаторів, а також оцінку поведінки автомобіля в умовах агресивного процесу експлуатації: на бездоріжжі, при повній завантаженості, під час різких маневрів. На базі таких досліджень встановлюються конструктивні недоліки підвіски, прогнозується термін служби тощо.

Одним із шляхів удосконалення підвіски є використання у підвісці нових матеріалів – для прикладу, композитних ресор, що володіють нижчою масою, високою міцністю та корозійною стійкістю. Зменшення маси підвіски забезпечує підвищення економічності автомобіля та покращення його динамічних характеристик.

Підводячи підсумки, можна стверджувати, що удосконалення підвіски вантажного автомобіля на базі дослідження її експлуатаційних характеристик забезпечує суттєве покращення роботи транспортного засобу – підвищення рівня безпеки, керованості, надійності та комфорту руху. Впровадження сучасних адаптивних систем, новітніх матеріалів і прогресивних конструктивних рішень дозволяє підвищити ресурсу елементів ходової частини та зменшення експлуатаційних затрат, що є важливими чинниками для автомобільного транспорту.

Список використаних джерел

1. Буряк М.В. Вплив агресивних середовищ на експлуатаційні характеристики матеріалів несучих конструкцій колісних транспортних засобів / М.В. Буряк, Р.І. Розум, О.П. Захарчук, П.В. Попович, П.Б. Прогній // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2023. - Вип.7(38), ч. II. - С. 143-150.
2. Буряк, М.В., Розум, Р.І., Захарчук, О.П., Прогній, П.Б., Попович, П.В., Шевчук, О.С. і Галушак, Д.О. 2022. Оцінка довговічності металокопункцій автотранспортних засобів. Вісник машинобудування та транспорту. 15, 1 (Чер 2022), 11–16.
3. Буряк, М.В., Розум, Р.І., Фалович, Н.М., Прогній, П.Б., Попович, П.В., Шевчук, О.С. і Антонюк, О.П. 2022. Оцінка міцності та надійності автотранспортних засобів. Вісник машинобудування та транспорту. 15, 1 (Лип 2022), 17–22.
4. Розум Р.І. Експлуатаційна надійність і роботоздатність вантажного автомобільного рухомого складу [Електронний ресурс] / Р.І. Розум, М.В. Буряк, П.Б. Прогній, Н. М. Фалович, О. С. Шевчук, П. В. Попович, О. П. Захарчук // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2022. - Вип. 5(2). - С. 201-205.
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
6. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
7. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.

УДК 631.436.038

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ СПРАЦЮВАННЯ ТА РЕСУРСУ БРОНЗОВИХ ВТУЛОК ДВИГУНА ВІДНОВЛЕНИХ ЕЛЕКТРОІСКРОВОЮ НАПЛАВКОЮ

А.С. Антюк, здобувач гр. АТ-24Мз,

С.І. Маркович, доц., канд. техн. наук,

С.О. Магопець, доц., канд. техн. наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Постановка проблеми. Відновлення деталей тракторів і автомобілів з малими зносами, які становлять понад 90%, до нашого часу представляє великі труднощі. [1,2] Аналіз використовуваних на ремонтних підприємствах методів відновлення бронзових деталей показує, що тільки електроіскрова наплавка (ЕІН) дозволяє відновлювати деталі бронзових втулок електродами з мідних сплавів, що є необхідною та достатньою умовою для збереження працездатності відновлюваних поверхонь тертя ковзання [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Типові деталі з них – товстостінні та тонкостінні втулки опор розподільних валів та верхніх головок шатунів вітчизняних двигунів (ЯМЗ, ЗМЗ, МТЗ, СМД, КАМАЗ). Матеріалом цих втулок є сплав олов'яно-цинко-свинцевої бронзи марки БрОЦС 5-5-5. У двигунах ЯМЗ бронзові сплави застосовуються також у втулках масляного насоса та його приводу, картері зчеплення, коромисел і штовхачів клапанів, муфти регулятора швидкості паливного насоса. При встановленому режимі тертя ковзання ці втулки працюють в умовах гідродинамічного мащення, тобто між поверхнями, що труться, утворюється стійкий масляний клин, який запобігає тертю металевих поверхонь один про одного. Однак на практиці, домогтися режиму постійного рідинного тертя неможливо. При запуску холодного двигуна, при розгонах і гальмуванні, а також при роботі на знижених холостих оборотах має місце граничний режим мастила, коли гідравлічний шар мастила вичавлюється із зони сполучення. Зношування елементів пари тертя при цьому має втомний характер [3,4].

Перспективним способом відновлення деталей з малими зносами є спосіб електроіскрового наплавлення (ЕІН), при котрому виникають складнощі з забезпеченням необхідної товщини покриття [4,5].

Мета й завдання дослідження. Метою даної роботи є розробка наукових та технічних основ ефективного відновлення підшипників ковзання з бронз способом електроіскрового наплавлення, що забезпечує підвищення їх ресурсу в порівнянні з існуючим.

Об'єкт дослідження: процес відновлення підшипників ковзання з бронз з застосуванням ЕІН.

Предмет дослідження: залежності властивостей наплавлених шарів ЕІН з зносостійкістю деталей з мідних сплавів.

Задачі дослідження:

1. Розробити узагальнення результатів експериментальних досліджень щодо вивчення закономірностей ерозії електродів та формування нанесеного шару при зміцненні, легуванні та наплавці мідних сплавів.

2. Розробити методіку формування багатошарових покриттів на мідних сплавах з урахуванням припуску на обробку.

3. Виконати порівняльні триботехнічні випробування для прогнозу інтенсивності зношування, несучої здатності та задиристості пар тертя, утворених ЕІН.

Виклад основного матеріалу. Результати дослідження лінійних експлуатаційних зносів втулок розподільних валів та напрацювань двигунів ЯМЗ – 236/238 та ЯМЗ – 240 в умовах рядової експлуатації. Аналіз ремонтного фонду показав, що з відновлення втулок по зовнішній поверхні їх потрібно наростити по діаметру трохи більше, ніж 120 мкм, що дозволило б запровадити в полі допуску. Аналіз даних мікрометражних вимірювань зношених бронзових втулок показав, що для відновлення їх по зовнішній поверхні необхідно наростити їх діаметром не більше, ніж на 120 мкм, а по внутрішній поверхні - до 160 мкм. З урахуванням припуску на обробку необхідна товщина покриття становить до 400-500 мкм по діаметру.

При ЕІН між анодом і катодом має місце рухливий контакт, досить складної природи, без чого неможливий фізичний процес, що розглядається.

Процес ЕІН металевих поверхонь заснований на використанні дії імпульсного електричного розряду, що проходить між електродами в газовому середовищі. Сутність його полягає в тому, що при іскровий розряд у газовому середовищі відбувається переважно руйнування матеріалу електрода (анода) та перенесення продуктів ерозії на деталь (катод). ЕІН буде відбуватися тим успішніше, чим більша кількість матеріалу анода зруйнується і закріпиться на поверхні катода в одиницю часу. Одиничний акт короткого замикання анода і катода може бути представлений як замикання шорсткостей за їх вершинами та бічними поверхнями. Після торкання вершинами шорсткості електрода вершин шорсткості деталі, через час $t_0 + \Delta t$, де Δt - час затримки початку розряду, відбувається імпульсний розряд батареї накопичувальних конденсаторів і виділення енергії на електроди та в контактну зону. Процес короткого замикання супроводжується плавленням містків зв'язку електричними розрядами в прилеглих зонах і перенесенням матеріалу електрода на поверхню деталі.

Досліджено вплив струму короткого замикання $J_{кз}$ на ерозію електродів. Дотримувалися такі умови експерименту: матеріали електродів IV - VI та VIII груп: W - Mo - Cu - Ag - Cr - Ta - Fe - Nb - V - Ti - Zr - Ni - Zn; $J_{кз}$: 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 А; U_{xx} - 16; C - 300 мкФ; $t_{об}$ - 3 хв. Встановлено, що зі зростанням струму короткого замикання ерозія анода монотонно змінюється, проходячи у своїй 5 етапів - від лінійного, потім прискореного наростання, потім уповільнення, гальмування і, нарешті, падіння її. Найбільш чітко описані етапи виявляються на ерозії Zn і Ni. З зростанням узагальненого критерію ерозійної спроможності матеріалів всі аналізовані метали (електроди) розташовуються у порядку: W - Mo - Cu - Ag - Cr - Ta - Fe - Nb - V - Ti - Zr - Ni - Zn. Показано, що ерозійна здатність електродів із Cu та Ag, в порівнянні з іншими розглянутими елементами - найнижча. Це є головною перешкодою для відновлення деталей із мідних сплавів. Аналіз виявлених закономірностей дозволив знайти шляхи підвищення ерозії електродів з Cu та мідних сплавів.

Експериментами встановлено, що жоден електрод з міді та бронз не дозволяє отримати покриття завтовшки більше 200 мкм. Для збільшення товщини шару, що наноситься необхідно відмовитися від одношарових покриттів і формувати багатошарові покриття: до 4-х шарів як по зовнішній поверхні втулок, так по внутрішній. При ЕІН втрати на розбризування, зокрема, значно менше при обробці внутрішніх поверхонь (замкнуті простори), ніж при ЕІН зовнішніх поверхонь). Максимальна товщина багатошарового покриття в обох випадках становить 400 – 500 мкм по діаметру.

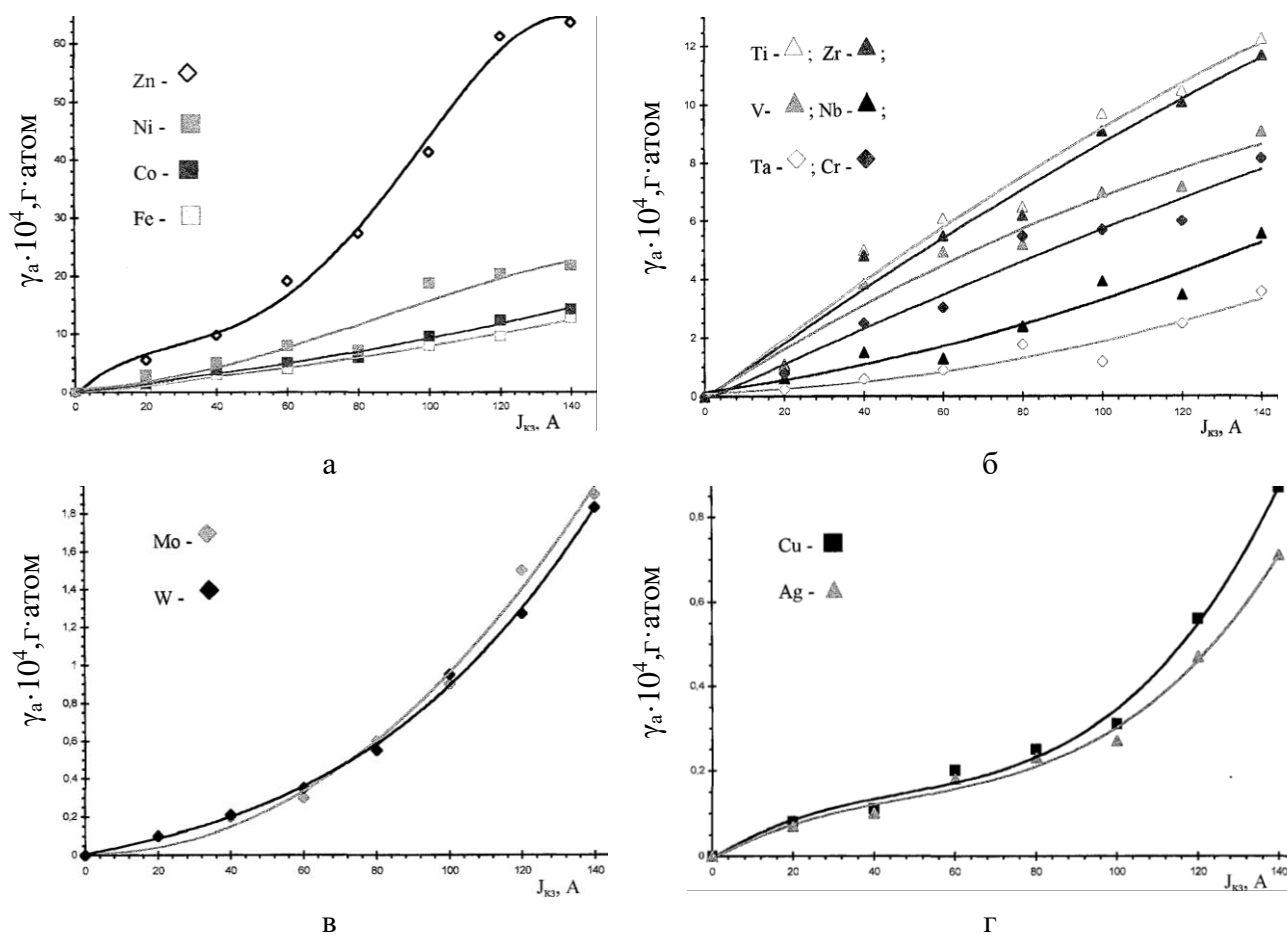


Рисунок 1 – Залежність ерозії анода γ_a від сили струму короткого замикання $J_{кз}$

Як електроди для формування покриттів підібрані: мідь, нікель, бронза (БрАЖ 9-4 і БрОФЮ-1).

При нарощуванні зовнішніх поверхонь було виявлено, що електроди з міді дозволяють одержати одношарові покриття до 200 мкм діаметр. Подальше збільшення товщини покриття забезпечується використанням електродів з нікелю як підшар. Нікель розчиняється в матеріалі основи і таким чином незначно впливає на товщину покриття, але забезпечує ефективне нанесення наступних шарів з міді та бронз (табл. 1). При нарощуванні внутрішньої поверхні втулок найбільш ефективними виявилися електроди з бронз типу БРАЖ, які при одношаровому покритті забезпечують товщину покриття до 100 мкм. У двошаровому покритті нікель як підшар для електрода БрАЖ9-4 забезпечує товщину покриття до 200 мкм. А для подальшого збільшення товщини покриття знову як підшар ефективним виявляється нікель.

Триботехнічні випробування та спостереження за базовими втулками в умовах експлуатації, показали, що середні ресурси відновлених втулок вищі за базові в 1,23 - 1,27 рази. При цьому виявлено, що при попаданні на капітальний ремонт двигуна, потреба у відновленні або заміні у базових втулок у 5 разів більша, ніж у експериментальних.

Таблиця 1. Формування шарів покриття в залежності від товщини

Вид поверхні	Товщина покриття, що формується	Матеріал покриття та номер шару
Зовнішня	до 200 мкм	Мідь
	понад 200 мкм до 300 мкм	1.Нікель+2.Мідь
	понад 300 мкм до 400 мкм	1.Нікель + 2.БРАЖ9-4 + 3.Нікель +4.Мідь
	понад 400 мкм до 500 мкм	1.Нікель + 2.Мідь + 3.Нікель + 4.БРАЖ9-4
Внутрішня	до 100 мкм	БрОФЮ-1 або БРАЖ9-4
	до 200 мкм	1. Нікель + 2. БРАЖ9-4
	до 300 мкм	1.Нікель + 2.БРАЖ9-3. + 3.Нікель +4.БРАЖ9-4
	понад 300 мкм до 350 мкм	1.Нікель + 2.БРАЖ9-4 + 3.Нікель +4.БРАЖ9-4
	понад 350 мкм до 400 мкм	1.Нікель + 2. БРАЖ9-4 + 3.Нікель +4. БРАЖ9-4

Прогноз ресурсу відновлених втулок лише по даним експлуатаційних спостережень показав, що нижня довірча межа ресурсу відновлених втулок в умовах рядової експлуатації перебуває у згоді з результатами прогнозу за даними експериментальних спостережень та триботехнічних випробувань.

Висновки

1. Для відновлення бронзових втулок по зовнішній поверхні необхідно наростити їх діаметром не більше, ніж на 120 мкм, а по внутрішній поверхні - до 160 мкм. З урахуванням припуску на обробку необхідна товщина покриття становить до 400-500 мкм по діаметру. Результати дефектації показали, що при попаданні на капітальний ремонт двигуна, відновленні та заміні на нові підлягають не менше 35% втулок.

2. Встановлено, 5-ти ступінчастий характер ерозії електродів зі зростанням струму короткого замикання ерозія анода від лінійного, потім прискороного наростання, потім уповільнення, гальмування і, нарешті, падіння її.

3. Ерозійна спроможність електродів: W -Mo - Cu - Ag - Cr - Ta - Fe - Nb - V - Ti - Zr - Ni - Zn. Показано, що ерозійна здатність електродів із Cu та Ag, в порівнянні з іншими розглянутими елементами – найнижча, що є перешкодою для відновлення деталей із мідних сплавів.

4. Експериментально встановлено, що для підвищення товщини шару, що наноситься на зношені деталі раціонально використовувати багатошарові покриття (до 4-х шарів) з міді, нікелю і бронзи. Виявлено, що при нарощуванні поверхонь в 2 - 4 шари в якості підшару раціонально вибирати метали або сплави електродів, які мають високу ерозійну здатність, не окислюються, не розбризкуються в процесі ЕІН і не дуже дефіцитні. Показано, що цими якостями володіє нікель. Використання нікелю в якості підшару дозволило створити, в сукупності з електродами з міді і бронз, екологічно чистий технологічний процес, забезпечивши при цьому товщину покриття до 500 мкм на діаметр.

5. Виявлено, що електроіскровим наплавленням можна отримувати суцільні покриття, що володіють малою пористістю. При одношарових покриттях вона становить 15 - 35%, а у багатошарових - різко знижується до 5 - 8%. З аналізу розподілів мікротвердості випливає, що зона термічного впливу перевищує товщину наплавленого шару не менше ніж у 3 рази.

6. Лабораторні дослідження показали, що всі відновлені (експериментальні) пари тертя мають більш високу триботехнічну працездатність, ніж базові.

7. Виявлено, що має місце зона оптимальної шорсткості поверхні елементів пари тертя $0,1 < R_{ar} < 0,3$ мкм, де R_{ar} - параметр шорсткості твердішого елемента пари), в якій базові та

експериментальні пари мають мінімальну інтенсивність зношування. При виході з цієї зони інтенсивність зношування базових зразків різко збільшується порівняно з експериментальними.

8. Середні ресурси відновлених втулок вищі за базові в 1,23 - 1,27 рази. При цьому виявлено, що при попаданні на капітальний ремонт двигуна, потреба у відновленні або заміні у базових втулок у 5 разів більша, ніж у експериментальних.

Список літератури

1. Beer, S. Verbesserung der Anlaufperformance durch den Einsatz von Frontloading-Maßnahmen / S. Beer // Anlaufmanagement in der Automobilindustrie erfolgreich umsetzen : Ein Leitfaden für die Praxis / G. Schuh, W. Stolze, F. - [S. 1]: Kolbenschmidt Aluminium-Technologie AG; Springer, 2008. - Part of the VDI-Buch book series. - P. 43-52.
2. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. Друге видання, перероблене і доповнене / М.І.Черновол, В.Ю.Черкун, В.В.Аулін та ін. / За ред. М.І.Черновола – Кіровоград: КОД, 2010. - 320 с.
3. Маркович С. І. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згорання : навч. посіб. / С. І. Маркович, О. В. Бевз ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 334 с.
4. Черновол М.И. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственных машин. Киев УМК ВО 1989. - 256 с.
5. Молодик М.В., Лангерт Б.А., Бредун А.К. Відновлення деталей машин. - К.: Урожай, 1985. - 156 с.

УДК 656.13:656.073:614.8

СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЬНОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ В УКРАЇНІ

А.В. Гриньків, ст. дослідник, канд. техн. наук,
О.М. Лівіцький, канд. техн. наук,
О.Є. Рубан, ст. гр. ТТ-24М,
С.Г. Чаплигін, ст. гр. ЛАТ-25М,
С.М. Жуковський, ст. гр. ЛАТ-25Мб,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

В Україні до складу системи забезпечення безпеки (СЗБ) автомобільного транспортування небезпечних вантажів (АТНВ) (рис. 1) входять органи виконавчої влади (ОВВ), наділені функціями нагляду в галузі транспорту та безпеки.



Рисунок 1 - Структура управління безпекою автомобільної транспортування небезпечних вантажів в Україні

Організація забезпечення безпеки перевезення небезпечних вантажів регламентується відповідними нормативно-правовими актами. При організації перевезення небезпечних вантажів учасниками транспортної логістики повинні дотримуватися відповідні вимоги безпеки. У таблиці 1 подано перелік вимог щодо безпеки перевезення небезпечних вантажів.

Основними завданнями СНС України є: моніторинг, прогнозування та моделювання небезпечних ситуацій (НС); організація оперативного реагування сил системи попередження ліквідації надзвичайних ситуацій (СПЛНС) своєчасне інформування і оповіщення населення; координація роботи органів виконавчої влади; організація міжвідомчої та міжнародної взаємодії. Відповідно до Концепції, затвердженої розпорядженням Уряду України, при довгостроковому соціально-економічному розвитку України на період до 2030 року необхідно забезпечити:

- вдосконалення системи моніторингу та прогнозування надзвичайних ситуацій;
- створення комплексної системи інформування та оповіщення населення у місцях масового перебування людей;
- створення центрів управління у кризових ситуаціях у регіонах та суб'єктах;

– розвиток інфраструктури інформаційного забезпечення та ситуаційного аналізу ризиків НС.

Таблиця 1 – Суб'єкт-вимоги по безпеці перевезень небезпечних вантажів в Україні

Суб'єкт вимоги	Висувні вимоги	Нормативний документ
Транспортне підприємство	Виконання вимог європейської угоди про міжнародні дорожні перевезення небезпечних вантажів	Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» від 01.01.2024, № 1644-III
Транспортне підприємство	Наявність консультантів з безпеки	МДПНВ
Транспортне підприємство	Спеціальний дозвіл на перевезення вантажів підвищеної безпеки	МДПНВ
Транспортне підприємство	Наявність дорожнього листа на перевезення вантажу	Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» від 01.01.2024, № 1644-III
Транспортне підприємство	Передача геоданих місцезнаходження вантажних автомобілів з небезпечним вантажем у систему «ERA-UKRAINE»	Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» від 01.01.2024, № 1644-III
Транспортний засіб	Свідоцтво про допуск до перевезення автомобільного транспорту	МДПНВ
Транспортний засіб	Обладнання пристроєм «ERA-UKRAINE» нових вантажних автомобілів	Технічний регламент Євросоюзу
Транспортний засіб	Оснащення апаратурою супутникової (АСН) навігації GPS	Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» від 01.01.2024, № 1644-III
Транспортний засіб	Оснащення апаратурою супутникової (АСН) навігації GPS	Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» від 01.01.2024, № 1644-III
Водій	Посвідчення водія	Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» від 01.01.2024, № 1644-III
Водій	Свідоцтво про відповідну підготовку водія	МДПНВ

У межах створення автоматизованих систем передбачається реалізація наступних функцій: формування опорного (базового) плану ліквідації наслідків НС; формування оперативного плану з урахуванням базового; коригування планів; контроль за виконанням оперативних планів; ведення бази даних опорних, оперативних та робочих планів; ведення нормативних баз даних та довідників.

Інформування як один з елементів інформаційного забезпечення підтримки прийняття управлінських рішень у надзвичайних ситуаціях може знизити кількість жертв і скоротити величину збитків при проведенні аварійно-рятувальних робіт. Інформування має здійснюватися як населення, і державної системи попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій (ДСПЛНС) для оперативного реагування.

Застосування інформаційних та супутникових технологій як частини загальної системи забезпечення безпеки активно впроваджується державою.

Одними з пріоритетних напрямів удосконалення управління цивільного захисту є застосування систем дистанційного моніторингу надзвичайних ситуацій і розвиток систем раннього виявлення техногенних, природних явищ і процесів, що швидко розвиваються. Системи дистанційного моніторингу НС забезпечують постійне спостереження за об'єктами підвищеною безпеки і аналіз можливих ризиків розвитку небезпечних ситуацій. Такі системи забезпечують підтримку управлінському персоналу з оперативного реагування на аварії та швидке прийняття управлінських рішень на ліквідацію наслідків аварій. У сфері

перевезення небезпечних вантажів автомобільним транспортом можна назвати дві такі системи:

1. Навігаційно-інформаційна система (НІС) моніторингу та управління транспортом.
2. Інформаційно-навігаційна система моніторингу рухомих об'єктів («ERA-UKRAINE»).

Найперспективнішою системою моніторингу у сфері автомобільного перевезення небезпечних вантажів є «ERA-UKRAINE» – система екстреного реагування.

Визначено типову форму взаємодії між системою «ERA-UKRAINE» та «Системою-112» СНС України (рис. 2).

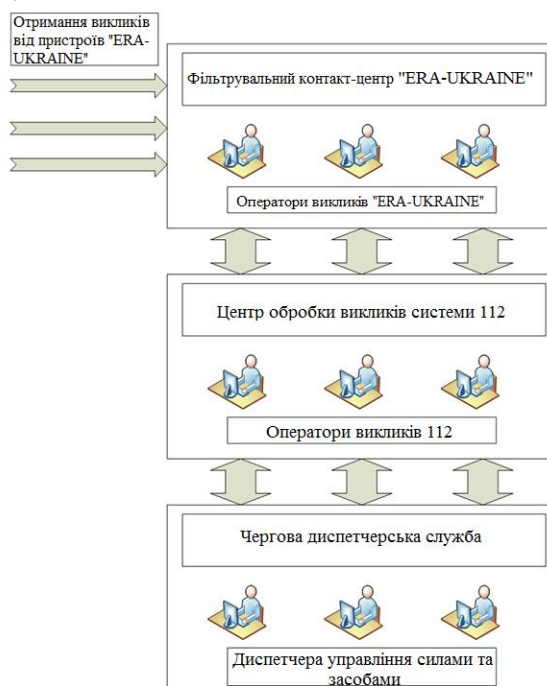


Рисунок 2 - Схема передачі повідомлення про аварії екстреним службам при застосуванні пристроїв системи «ERA-UKRAINE»

Загальний алгоритм інформування про аварію на вантажному автомобілі з небезпечним вантажем полягає в наступному: при аварії водій, якщо він не перебуває в стані шоку і не отримав серйозних травм, повинен встановити зв'язок з «ERA-UKRAINE» за допомогою кнопки «Екстрений виклик». Після установки зв'язку диспетчер фільтруючого контакт-центру

«ERA-UKRAINE», перевірявши справжність екстреного виклику, формує картку виклику на основі інформації, отриманої з екстреного виклику, та передає її до «Системи-112». Диспетчер «Системи-112», отримавши картку виклику, формує рішення щодо залучення чергово-диспетчерських служб, сил та засобів, необхідних для реагування на виклик.

Аналіз стану поточної взаємодії між системою «ERA-UKRAINE» і «Системою-112» виявив проблему інформування про аварії на автотранспорті з небезпечним вантажем у разі, якщо водій не в змозі сповістити про аварію. Ця проблема істотно знижує оперативність реагування екстрених служб.

Список використаних джерел

1. Fesovets O., Strelko O., Berdnychenko Yu., Isaienko S., Pylypchuk O. Container Transportation by Rail Transport Within the Context of Ukraine's European Integration. Proceedings of 23rd International Scientific Conference «Transport Means 2019». 2019. P. 381–386.

2. Kulova D., Boyko M., Kosyakevych D. Assessment of Risk Factors and Improvement of Transportation Technology for Temperature-Sensitive Cargo in Refrigerated Containers. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2026. Issue 13(44), Part I. P. 1-10.
3. Lavrukhin O., Kovalov A., Schevchenko V., Kyman A., Kulova D. Construction of an integrated criterion for estimating the consequences of emergencies involving dangerous goods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 2, Issue 3 (98). P. 25-31. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163442>
4. Lavrukhin O., Kovalov A., Kulova D. Technological and economic estimation of efficiency of a route choice for transportation of dangerous goods. *SHS Web of Conferences*. 2019. Vol. 67. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196702005>
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
6. Кульова Д.О., Магопець С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
7. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
8. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271).
9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
10. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
11. Wei L., Zheng X., Li Y., Li X., Liu L. Research on the impact effect of multimodal transport on domestic and international dual circulation: Evidence from China's railway and water transport. *PLoS ONE*. 2025. Vol. 20, Issue 4. Article e0319982. P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319982>
12. Zhang Z., Jin J., Li S., Han Z., Wu Z., Xu X., Li Y., Peng T. Research review and development trend analysis of grain multimodal transport with a special emphasis upon China. *Agriculture*. 2026. Vol. 16. Article 592. P. 1-35. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture16050592>
13. Uddin M. M., Huynh N. Routing model for multicommodity freight in an intermodal network under disruptions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2016. No. 2548. P. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.3141/2548-09>
14. Jayant, Arvind, Mohammed Azhar, and Priya Singh. "Interpretive structural modeling (ISM) approach: a state of the art literature review." *Int. J. Res. Mech. Eng. Technol* 5.1 (2015): 15-21. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1240/1/012010>
15. United Nations Conference on a Convention on International Multimodal Transport : Final Act and Convention on International Multimodal Transport of Goods. – New York : United Nations, 1981. Vol. 1. 16 p.
16. Про мультимодальні перевезення : Закон України від 17.11.2021 р. № 1887-IX станом на 19 груд. 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text> (дата звернення: 10.03.2026).
17. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Terminology on Combined Transport. New York and Geneva: United Nations, 2000. 13 p.

УДК 004.89:656.07:658.7

ФОРМУВАННЯ МЕТОДИКИ ВПРОВАДЖЕННЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ В ОРГАНІЗАЦІЮ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ

Д.О. Кульова, д-р. філос.,
С.В. Лисенко, доц., канд. техн. наук,
П.І. Кращенко, ст. гр. ЛАТ-25М,
А.О. Плаксий, ст. гр. ТТ-22,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Розробка та впровадження мультиагентних систем в організацію роботи транспортно-технологічної системи, що обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі системи, вимагає проходження кількох великих етапів, представлених на рис. 1.

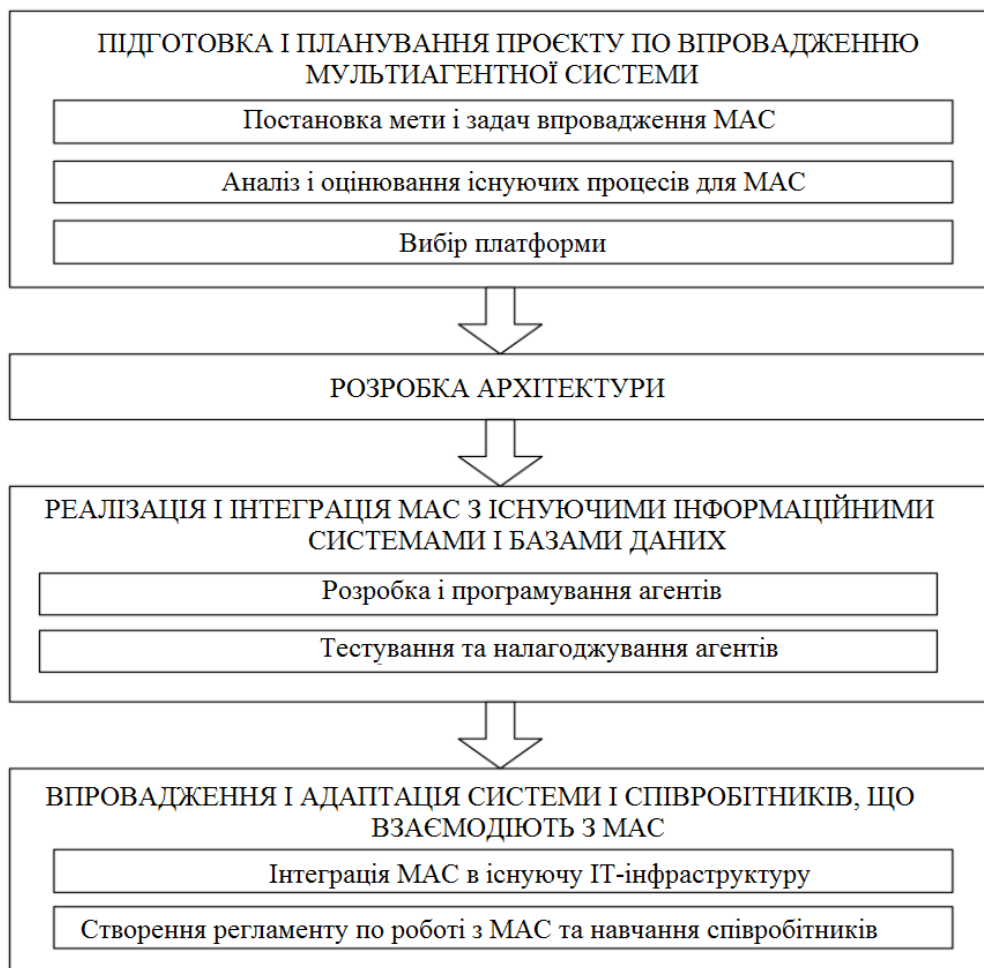


Рисунок 1 – Етапи розробки та впровадження мультиагентної системи

Підготовка та планування проекту з впровадження починається з визначення цілей та завдань, які вирішує мультиагентна система (МАС). Метою буде вдосконалення взаємодії учасників транспортно-технологічної системи, що обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі за допомогою оптимізаційних алгоритмів, що лежать в основі поведінки

агентів системи. Завданнями можуть бути: керування транспортними засобами (ТЗ) та оптимізація маршрутів на основі інтелектуальних алгоритмів, що враховують різні фактори; планування та оптимізація операцій у рамках транспортно-технологічної системи, що обслуговує логістичні процеси торговельної мережі та її учасників; контроль завдань, включаючи моніторинг та трекінг; інтеграція різноманітних інформаційних систем.

На першому етапі також проходить аналіз існуючих процесів та послуг для впровадження МАС. Що ж до процесів і послуг кожного конкретного учасника системи, всі вони будуть індивідуальні і може бути регламентовані у єдиному форматі.

При аналізі технологічних процесів варто дотримуватись схеми, представленої на рис. 2.

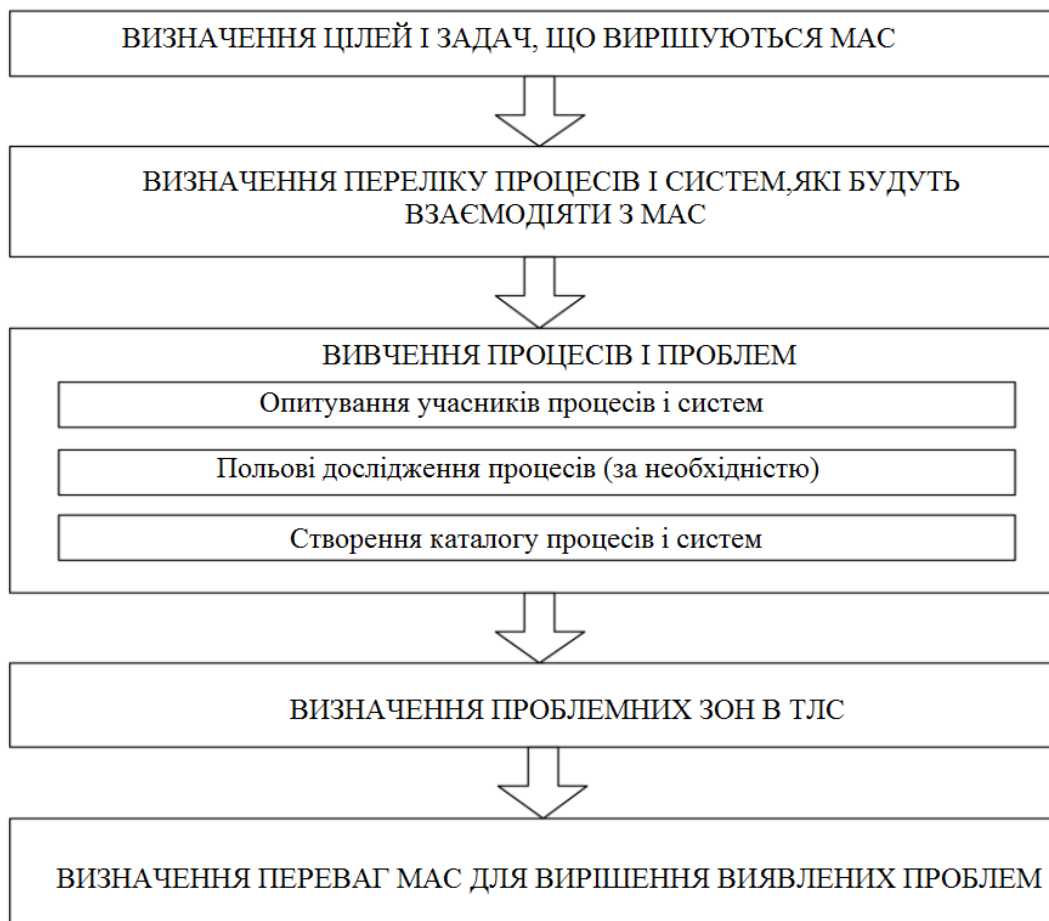


Рисунок 2 - Схема аналізу технологічних процесів

Варто враховувати, що проведення аналізу та оцінки існуючих технологічних процесів та систем на підприємстві потребує їх глибокого розуміння та можливостей мультиагентних систем. Часто для вирішення цього завдання необхідні фахівці з відповідними знаннями та досвідом у галузі мультиагентних систем та аналізу технологічних процесів.

На першому етапі здійснюється вибір платформи для впровадження МАС . Вирішення цього завдання залежить від безлічі факторів, до яких можна віднести вимоги до продуктивності, масштабованість, сумісність з існуючими системами та вартість. В даний час найпопулярнішими платформами для розробки МАС є:

- JADE (Java Agent Development Framework) - платформа, яка підтримує розробку та виконання агентів на Java ;

- NetLogo - платформа для створення та симуляції агентних систем на мові

програмування Logo ;

- MASON - платформа з відкритим вихідним кодом, яка надає інструменти для створення, виконання та аналізу MAC ;

- Swarm - платформа, що дозволяє створювати та симулювати великі MAC .

Вибір платформи також супроводжується перевіркою можливості забезпечення сумісності з існуючими системами, які використовують стандартні протоколи та інтерфейси. Не слід забувати, що крім сумісності систем може знадобитися налаштування комп'ютерних агентів для взаємодії з іншими компонентами.

Висновком першого етапу буде визначення бюджету, термінів та ресурсів для впровадження MAC .

Другий етап полягає у розробці архітектури MAC з урахуванням особливостей транспортно-технологічної системи, яка обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі. В рамках цього етапу визначено параметри агентів (Споживач, Логістичний термінал, Транспорт, Виробництво, Транспортна мережа) та їх характеристика поведінки.

На третьому етапі відбувається реалізація та інтеграція MAC з існуючими інформаційними системами та базами даних. Основними виконавцями даного етапу є ІТ-фахівці, які здійснюють розробку, програмування та тестування агентів системи, налагодження комп'ютерних агентів з транспортно-технологічною системою, що обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі, здійснюють інтеграцію з існуючими інформаційними системами та базами даних, а також перевірку та сумісність MAC із процесами локальних компаній.

Під час реалізації цього етапу фахівці проводять підготовку даних для майбутнього навчання комп'ютерних агентів. Підготовка даних є складним та важливим етапом, адже від нього залежать результати дій агентів. Для отримання даних фахівці використовують інформаційні системи та бази даних учасників транспортно-технологічної системи, яка обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі.

Інформація для обробки комп'ютерним агентом при прийнятті рішення та джерело, з якого вона походить наведені в табл. 1

Таблиця 1 - Дані для функціонування мультиагентної системи

Інформація для обробки агентом	Інформаційна система (ІС) / база даних (БД)
Замовлення (товарні позиції та їх кількість)	ІС класу SRM ; ІС класу ERP ; ІС класу CRM
Термін виконання замовлення	ІС класу SRM ; ІС класу ERP ; ІС класу CRM
ВДХ товарних позицій	ІС класу MES ; ІС класу WMS
Термін можливого відправлення на термінал	ІС класу MES ; ІС класу WMS ; ІС класу ERP
Наявність вільних ТЗ	БД Біржі вантажоперевезень; ІС класу TMS
Характеристика ТЗ	БД Біржі вантажоперевезень; ІС класу TMS
Рейтинг водіїв (під час роботи з біржею)	БД Біржі вантажоперевезень; ІС класу TMS
Вартість фрахту ТЗ/ місця в ТЗ	БД Біржі вантажоперевезень; ІС класу TMS
Наявність вільних потужностей на терміналі	ІС класу WMS
Ретроспективні дані про завантаження потужностей у попередні періоди	ІС класу WMS
Наявність ТЗ під завантаження конкретному ретейлеру	НР класу \УМЕ
ГІС-карта районів доставки вантажу	Сервери ГІС-карт

Інформація про клас систем дозволить ІТ-фахівцям якісніше підібрати методи та підходи до формування MAC для транспортно-технологічної системи, що обслуговує логістичні процеси торгівельної мережі. На основі цих даних ІТ-фахівці розпочинають навчання комп'ютерних агентів: вибирають алгоритми навчання, оптимізують параметри та проводять тестування моделей для досягнення найкращих результатів. Після отримання ІТ-фахівцями (тестувальниками) задовільних результатів навчання MAC готова до

впровадження та переходу на заключний етап.

На заключному четвертому етапі відбувається впровадження та адаптація системи та співробітників, що взаємодіють з МАС. ІТ-фахівці повинні інтегрувати моделі в існуючу ІТ-інфраструктуру організації та провести тестування в реальних умовах: дослідне та промислове впровадження.

Під час проведення першої частини впровадження варто розпочати навчання працівників роботі з МАС. Контур регламентів і правил відрізняться залежно від архітектури та інтерфейсу програми, тому рекомендації щодо навчання можуть бути сформульовані лише за підсумками розробки конкретної системи.

Варто зазначити, що навіть після впровадження МАС у роботу з учасниками транспортно-логістичної системи (ТЛС) будуть потрібні постійна підтримка, збір даних та оптимізаційних моделей для покращення та безперервного вдосконалення роботи МАС.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. - Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. - 393 с.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
3. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Підвищення надійності функціонування транспортно-виробничих систем управлінням логістичними потоками. Зб. тез доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 23-24 лют. 2023 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2023. – С. 542-545.
5. Плекан У.М., Ляшук О.Л., Аулін В.В., Цьонь О.П., Матвіїшин А.Й. Логістична стратегія автотранспортного підприємства. Організаційні аспекти формування. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2022. Вип. 6(37) ч.ІІ. С.75-82.
6. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В., Замуренко А.С., Рябцев Н.О., Ганчар О.О. Моделювання ефективності та надійності транспортних операцій. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. *Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems*", 13-15 квітня 2022 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – С. 177-180.
7. Гриньків А.В., Головатий А.О., Лисенко С.В., Аулін В.В., Голуб Д.В. Ефективність використання цифрових та інтелектуальних технологій в транспортно-виробничих системах. Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 25-27 жовтня 2021 року: збірник наукових праць. Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.]. Вінниця: ВНТУ, 2021. С.75-78.
8. Аулін В.В., Голуб Д.В., Замуренко А.С. Формальний підхід дослідження ефективності операцій в транспортних системах. Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 25-27 жовтня 2021 року: збірник наукових праць / Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.]. Вінниця: ВНТУ, 2021. С.17-19.
9. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. Використання методу нечітких множин для оцінки показників ергономічності транспортних засобів. Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 25-27 жовтня 2021 року: збірник наукових праць. Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.]. Вінниця: ВНТУ, 2021. С.15-17.
10. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Голуб Д.В., Лівіцький О. М., Дьяченко В.О. Ефективність, якість та надійність реалізацій операцій в транспортно-виробничих системах. Зб. тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 25-26 лют. 2021 р., м. Київ. НУБіП. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2021. С. 10-14.

УДК: 629

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОТОРНИХ ОЛИВ НА НАДІЙНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

М.М. Сорочинський, *ст. гр. ТАЗм-21,*

Р.І. Розум, *доцент., канд. техн. наук*

Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

Надійність двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) транспортних засобів, особливо вантажних автомобілів, що працюють в умовах високого термічного та механічного навантаження, є одним із основних факторів, які залежать, перш за все, від якості та експлуатаційних характеристик моторних оливо. Моторні оливи виступають як багатофункціональні робочі тіла, які забезпечують мастильні, охолоджуючі, миючі, антикорозійні та герметизуючі властивості. Неналежний підбір або використання деградованої оливи зумовлює порушення трибологічного балансу в системах тертя, що є першочерговою причиною передчасного зносу, надійності роботи та зменшення довговічності ДВЗ.

Вплив оливи на надійність ДВЗ характеризується її здатністю формувати гідродинамічну та граничну плівку. Високоякісні оливи призначені для важких умов (HDEO) містять у своєму складі спеціалізовані протизношувальні присадки, що утворюють на триботехнічних поверхнях (поршневі кільця, кулачки, підшипники) захисні трибоплівки, тим самим запобігаючи безпосередньому контакту металевих поверхонь між собою та мінімізуючи адгезійне й абразивне зношування. Кінематична в'язкість моторної оливи є фундаментальною характеристикою, яка визначає оптимальну товщину плівки. Невідповідність класу в'язкості до експлуатаційних умов може зумовити утворення критичного зменшення товщини плівки під час високих температур, зумовлюючи тим самим граничне тертя, чи, навпаки, до підвищення гідравлічних втрат і утрудненого прокачування під час низьких температур, що призводить до «оливного голодування» і значного стартового зносу.

Ще однією вирішальною характеристикою оливи, яка впливає на надійність ДВЗ, є термічна й окислювальна її стабільність. Експлуатація ДВЗ вантажних автомобілів супроводжується виникненням інтенсивного термоокислення. Процес окислення, що каталізується високими температурними режимами та елементами зносу, зумовлює підвищення в'язкості оливи та виникнення високотемпературних відкладень (лаку, нагару). Дані продукти деструкції погіршують теплообмінні процеси, можуть викликати заклинювання поршневих кілець та порушують циркуляцію моторної оливи, що в свою чергу, знижує надійність всієї системи. Наявність в оливі антиокислювальних присадок пролонгує її термін служби, за рахунок підтримки її фізико-хімічних характеристик у допустимих межах.

Також, необхідно відмітити, що критичну важливість для надійної роботи дизельних ДВЗ мають диспергуючі та миючі характеристики оливи. Це пояснюється тим, що сажа, як продукт неповного згорання дизельного палива, потрапляючи до оливи, стає потужним

абразивом і зумовлює структурування оливи (згущення). Наявність спеціалізованих детергентних присадок (визначаються лужним числом, TBN) забезпечує нейтралізацію кислих продуктів згорання та утримання сажі та забруднень у зваженому стані. Зниження величини TBN нижче критичного значення зумовлює підвищення ризику виникнення корозійного зносу, інтенсивності утворення шламу й закупорювання оливних каналів, наслідком чого є зниження надійності ДВЗ і його передчасний вихід з ладу. Отже, як бачимо, якість і свіжість моторної оливи це головна передумова для забезпечення нормативного експлуатаційного ресурсу ДВЗ вантажного автомобіля.

Підводячи підсумки, можна стверджувати, що моторна олива це не просто допоміжний матеріал, а функціональний компонент, параметри якого (в'язкість, TBN, вміст присадок, термічна стабільність) мають прямий зв'язок із надійністю та довговічністю ДВЗ вантажних автомобілів. Дотримання галузевих специфікацій (API, ACEA) і вимог OEM-виробників, особливо в контексті впровадження сучасних систем контролю викидів відпрацьованих газів, є необхідною умовою для забезпечення нормативного ресурсу та безвідмовності експлуатації двигунів транспортних засобів. Недотримання якості чи періодичності заміни моторної оливи зумовлює інтенсифікацію усіх видів зношення, що є, в свою чергу, причиною зниження надійності та довговічності елементів ДВЗ.

Список використаних джерел

1. Буряк М.В. Вплив агресивних середовищ на експлуатаційні характеристики матеріалів несучих конструкцій колісних транспортних засобів / М.В. Буряк, Р.І. Розум, О.П. Захарчук, П.В. Попович, П.Б. Прогній // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2023. - Вип.7(38), ч. II. - С. 143-150.
2. Буряк, М.В., Розум, Р.І., Фалович, Н.М., Прогній, П.Б., Попович, П.В., Шевчук, О.С. і Антонюк, О.П. 2022. Оцінка міцності та надійності автотранспортних засобів. Вісник машинобудування та транспорту. 15, 1 (Лип 2022), 17–22.
3. Верес Марія, Розум Руслан. Методологічні особливості ремонту та технічного обслуговування двигунів вантажних автомобілів. Інноваційний розвиток освіти, науки, бізнесу, суспільства та довкілля в умовах воєнного стану: матеріали VII Національної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених [Тернопіль, 20 травня 2022 р.]. Тернопіль: Вектор, 2022. С.57-58.
4. Розум Р.І. Експлуатаційна надійність і роботоздатність вантажного автомобільного рухомого складу [Електронний ресурс] / Р.І. Розум, М.В. Буряк, П.Б. Прогній, Н. М. Фалович, О. С. Шевчук, П. В. Попович, О. П. Захарчук // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2022. - Вип. 5(2). - С. 201-205.
5. Розум Р.І. Методологія діагностування автомобільних дизельних двигунів / Розум Р.І., Буряк М. В., Попович П. В., Прогній П. Б., Захарчук О. П. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті 36. наук. ст. - Луцьк, 2022. – С. 138-142.
6. Фалович Н.М., Верес М.В. та інші. Огляд обладнання для діагностики та ремонту двигунів внутрішнього згорання. Наукові записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. Серія: Технічні науки: 2022. 33 (72). № 5 Видавнича група «Гельветика». – С.325-329.
7. Фалович Н.М., Шевчук О.С., Попович Д.П. та інші. Експлуатаційна надійність видів громадського транспорту міста Тернополя // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Том 1 № 18 (2022) Луцьк с.186-191.
8. Rozum R.I., Buriak M. V., Zakharchuk O. P. Innovative engines in the history of automobile building. Modern engineering and innovative technologies. Issue 18 / Part 2. Sergeieva&Co Karlsruhe, Germany 2021. P. 64 – 67.
9. Rozum R.I., Shevchuk O. S., Prohni P. B. Optimization of working processes of internal combustion engines with the purpose of improving their environmentality. Modern engineering and innovative technologies. Sergeieva&Co Karlsruhe (Germany) 2022. – Issue 19. Part 1. – P. 147-150.

УДК 656:658.7:519.87

КЛАСТЕРНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ РЕГІОНАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ З УЧАСТЮ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
О.Л. Ляшук, проф., д-р. техн. наук,
О.П. Цьонь, доц., канд. техн. наук,
В.З. Гудь, проф., д-р. техн. наук,
І.Б. Гевко, проф., д-р. техн. наук,
Ю.Я. Вовк, доц., канд. техн. наук,
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль

Згідно з концепцією кластерної політики України, характерні ознаки кластерів РТЛС можна визначити наступним чином:

1. Сильні конкурентні позиції на міжнародних чи загальноукраїнському ринках. Ця ознака виявляється через високий рівень мультифакторної продуктивності, значний обсяг експорту продукції та послуг, або великий рівень постачання на міжнародні ринки.

2. Наявність конкурентних переваг для розвитку кластера. Важливими факторами є вигідне географічне положення, доступ до сировини, наявність спеціалізованих кадрових ресурсів, постачальників комплектуючих, спеціалізованих навчальних закладів та необхідної інфраструктури.

3. Географічна концентрація та близькість розташування підприємств, фірм, компаній і організацій кластера. Це забезпечує можливості для активної взаємодії та сприяє ефективному обміну ресурсами.

4. Широкий набір учасників. Кластер повинен включати різноманітні підприємства, фірми, компанії та організації, які сприяють створенню позитивних ефектів взаємодії.

5. Ефективна взаємодія між учасниками. Вона виявляється через механізми субконтрактації, партнерства з освітніми та науково-дослідницькими організаціями, а також координації діяльності з колективного просування товарів та послуг на ринках.

В умовах формування транспортно-логістичних кластерів всі характерні риси кластерів притаманні РТЛС. У Концепції кластерної політики України, враховуючи галузеву специфіку, виділено кілька типів кластерів, включаючи транспортно-логістичний. Такий кластер охоплює інфраструктурні об'єкти та компанії, що спеціалізуються на зберіганні, супроводі та доставці вантажів (товарів) і пасажирів. До складу кластера можуть входити організації, що обслуговують портові об'єкти, а також компанії, що займаються морськими, річковими, наземними і повітряними перевезеннями, логістичні комплекси та інші суб'єкти. Розвиток транспортно-логістичних кластерів спостерігається у регіонах з великим транзитним потенціалом.

Транспортно-логістичний кластер (ТЛК) – це добровільне об'єднання різних підприємств, фірм, компаній, інфраструктурних об'єктів та організацій, які займаються перевезенням вантажів, їх зберіганням і обробкою, логістичними послугами тощо. Він спрямований на підвищення конкурентоспроможності на ринках транспортно-логістичних послуг, співпрацюючи з науковими, освітніми установами та органами влади на різних рівнях.

При побудові кластерної моделі виділяють такі структурні елементи:

1. Ядро – це об'єкти, навколо яких формується кластер, які здійснюють основний вид діяльності та визначають позиціонування кластера, виробляють кінцеву продукцію або надають послуги, враховуючи регіональну спеціалізацію та географічні переваги регіону.

2. Доповнюючі об'єкти – це об'єкти, діяльність яких безпосередньо забезпечує функціонування об'єктів ядра.

3. Обслуговуючі об'єкти – це об'єкти, які є необхідними для кластера, але їхня діяльність не прямо пов'язана з функціонуванням об'єктів ядра. Сюди включаються підприємства, фірми, компанії, що надають сервісні функції, такі як інформаційні, збутові та ремонтні послуги. До обслуговуючих об'єктів також відносяться фінансові структури, які здійснюють фінансове обслуговування підприємств, фірм, компаній кластера.

4. Допоміжні об'єкти – це об'єкти кластера, які бажано мати, але не є обов'язковими для функціонування інших об'єктів кластера. Це можуть бути різноманітні сервісно-консультаційні підприємства, а також інституції фінансового капіталу. Їх роль полягає у пошуку внутрішніх резервів для забезпечення безперервності відтворювальних процесів кластера та досягнення стратегічних вигод, пов'язаних з підвищенням мобільності розвитку та реалізації технологічного потенціалу кластера.

Ядром регіонального транспортно-логістичного кластера (РТЛК) можуть бути такі структури-лідери, як МТЛЦ, 4PL-провайдери та 3PL-провайдери. При цьому до складу ядра РТЛК можуть входити великі транспортно-експедиційні компанії оператори мультимодальних та інтермодальних перевезень, інформаційні та консалтингово-аналітичні компанії, великі автотранспортні та залізничні компанії (філії АТ "УЗ"), а також авіакомпанії, морські та річкові порти, великі вантажовласники та ін.

До категорії обслуговуючих об'єктів, наявність яких у кластері обов'язкова, але їхня діяльність безпосередньо не пов'язана з функціонуванням безпосередньо об'єктів ядра РТЛК доцільно віднести наступних учасників кластера:

– основна транспортна мережа зі зв'язками до під'їзних шляхів, підприємства, які організують транспортні послуги та діють у вузлі; комплекси з переробки вантажів та інші об'єкти транспортної інфраструктури;

– регіональні управління транспортом;

– експедиторські та перевізницькі компанії;

– власники терміналів, складських приміщень для вантажів (товарів) та митних складів;

– митні брокери;

– вантажні термінальні комплекси;

– мультимодальні транспортно-логістичні центри;

– інформаційно-аналітичні центри;

– великі інвестиційні компанії, фінансово-промислові групи, банки та інші фінансові інститути;

– обчислювальні центри (ОЦ), інформаційні центри (ІЦ) та автоматизовані системи управління (АСУ) усіх видів транспорту.

Допоміжними об'єктами кластерної моделі РТЛК є:

– гуртові торгові посередники, агенти, дилери, брокери, дистриб'ютори;

– охоронні, страхові компанії, інформаційні та консалтингові компанії;

– органи ліцензування та сертифікації;

– розподільні центри великих промислових та сільськогосподарських підприємств;

– гуртові бази та центри гуртової торгівлі, центри дистрибуції;

– рекламні та маркетингові агенції;

– ОЦ та ІЦ (центрів гуртової торгівлі, ІЦ термінальних комплексів);

– екологічний центр відповідальності за охорону навколишнього середовища.

Доповнюючі об'єкти в моделі РТЛК представлені новими елементами, що наголошують на її інноваційному характері:

- науково-дослідні інститути та лабораторії;
- освітні заклади;
- технопарки, бізнес-інкубатори, наукоміста;
- індустріально-логістичні парки;
- центри компетенцій та інновацій.

Модель регіонального транспортно-логістичного кластера (РТЛК) є типовою та відображає загальну структуру РТЛК. Блок-схема моделі РТЛК наведена на рис. 1.

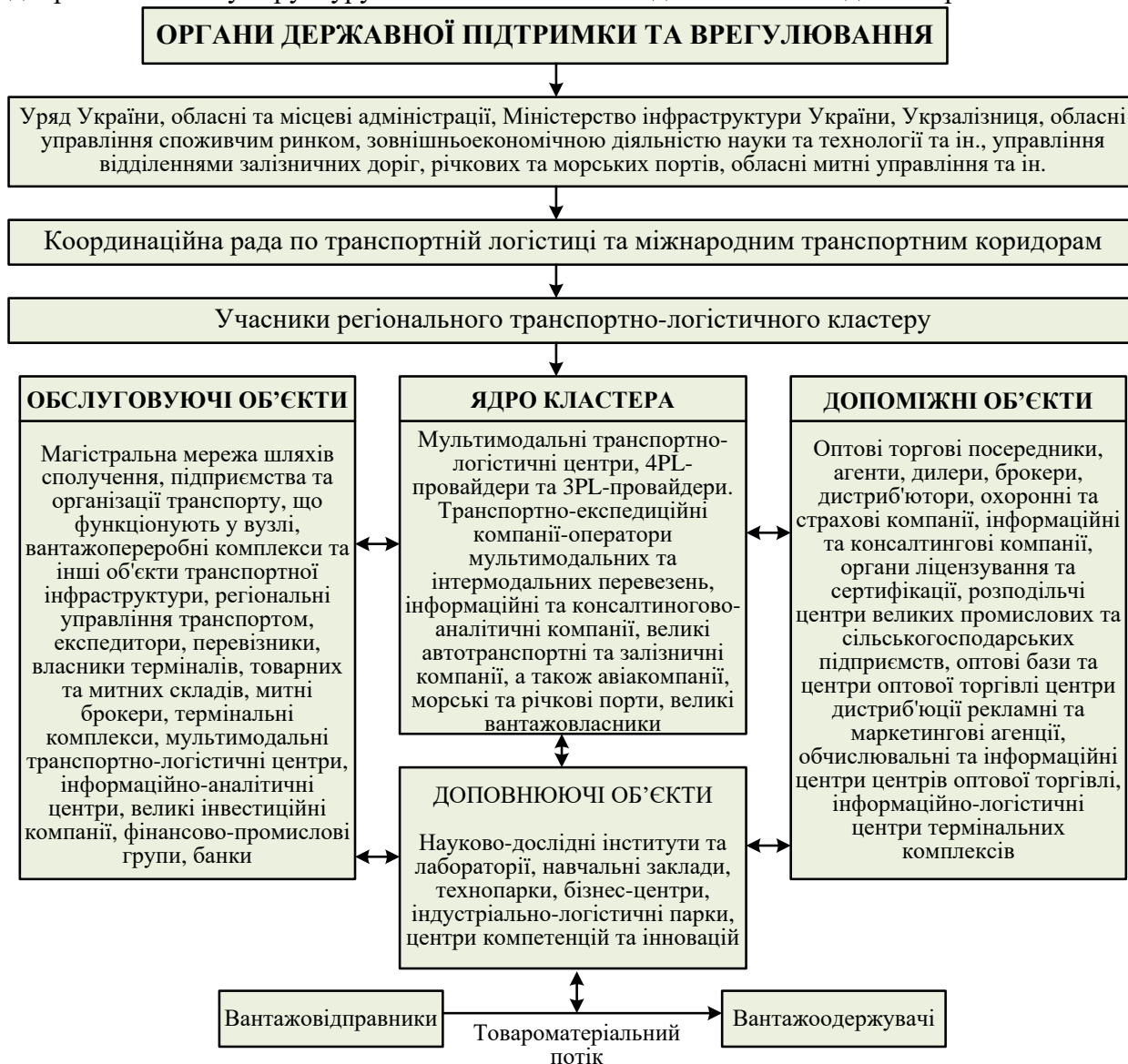


Рисунок 1 – Структура кластерної моделі регіональної транспортно-логістичної системи

При цьому слід зазначити, що в кожному конкретному регіоні модель матиме свою специфіку, що відобразить специфіку та спеціалізацію регіону, рівень його соціально-економічного розвитку, характер розміщення продуктивних сил, схеми транспортної мережі, розміщення об'єктів транспортно-логістичної інфраструктури, величину і структуру вантажопотоків, що проходять і формуються, та ін.

З урахуванням меж просторового поширення транспортно-логістичного кластера (ТЛК), його геополітичних, соціально-економічних стратегічних і тактичних вирішувальних цілей, його формуванням можна виділити такі основні типи ТЛК:

1. Регіональні транспортно-логістичні кластери (РТЛК), формуються, як правило, у

межах обласних суб'єктів. Такі кластери мають багато спільного щодо організаційно-функціональної структури з РТЛС і, по суті, є їх прототипом.

2. Міжрегіональні транспортно-логістичні кластери (МРЛК), які охоплюють кілька суб'єктів. При цьому один із суб'єктів із вищою розвинутою економікою стає регіональним лідером менш розвинутих у соціально-економічному плані сусідніх суб'єктів, ядром міжрегіонального ТЛК. Такі кластери доцільно формувати у вигляді міжрегіональних макрологістичних платформ (ММЛП), що об'єднують кілька РТЛК (або РТЛС), інтегрованих інноваційним підходом до управління товаро-матеріальними та супутніми потоками та спільною метою ведення бізнесу, узгодженої із загально-регіональними та національними цілями соціально-економічного розвитку.

3. Глобальні транспортно-логістичні кластери (ГТЛК) створюються, як правило, у регіонах, розташованих у зоні тяжіння до міжнародних транспортних коридорів, з метою забезпечення прискорення просування наскрізних товароматеріальних та супутніх потоків, надання високої якості їхнього логістичного сервісного обслуговування. При цьому ядром ГТЛК є МТЛЦ, що формуються у великих мультимодальних вузлах транспортної мережі і забезпечують залучення додаткових вантажопотоків, координацію та ефективну взаємодію учасників ланцюга постачання, розширення зовнішньо-економічних зв'язків та реалізацію експортно-імпортного та транзитного потенціалу України у глобальній системі МТК.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. - Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. - 393 с.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
3. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
4. Плекан У.М., Ляшук О.Л., Аулін В.В., Цьонь О.П., Матвійшин А.Й. Логістична стратегія автотранспортного підприємства. Організаційні аспекти формування. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6(37) ч.ІІ. С.75-82.
5. Аулін В.В., Великодний Д. О., Дьяченко В. О. Теоретико-методологічні основи побудови транспортно-логістичних систем. Матеріали VI-ої міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 12-13 квітня 2018 року. Вінниця: ВНТУ, 2018. С.9-10.
6. Аулін В.В., Великодний Д.О., Голуб Д.В., Дьяченко В.О. Підвищення ефективності управління логістичним ланцюгом постачання в транспортній системі. Зб. тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 21-22 лют. 2019 р., м. Київ / НУБіП. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2019. С. 195-198.
7. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Підвищення надійності функціонування транспортно-виробничих систем управлінням логістичними потоками. Зб. тез доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 23-24 лют. 2023 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2023. С. 542-545.
8. Аулін В.В., Ляшук О.Л., Гриньків А.В., Цьонь О.П., Гудь В.З., Головатий А.О., Тищенко С.Ю., Сергійчук А.А. Формування логістичної інформаційної системи ефективного управління транспортними і виробничими підприємствами. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 9(40), ч.ІІ. С. 204-218.
9. Аулін В. В., Голуб Д. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Цьонь О. П. Формування логістичних проектно-орієнтованих кластерів у регіональних ланцюгах постачання продукції. Зб. тез доповідей XII Міжнар. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, НУБіП. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. С.155-156.
10. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В., Замуренко А.С., Рябцев Н.О., Ганчар О.О. Моделювання ефективності та надійності транспортних операцій. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 13-15 квітня 2022 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. С. 177-180.

УДК: 629

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТИСКУ НАДДУВУ НА РОБОЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА

В.А. Міщук, *ст. гр. ТАм-21,*

Р.І. Розум, *доцент., канд. техн. наук*

Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

Наддув це один із найбільш ефективних способів підвищення потужності та крутного моменту бензинового двигуна, так як він забезпечує примусову подачу повітря у циліндри під тиском, який перевищує атмосферний. Це дозволяє підвищити масу повітря, яка надходить у камеру згоряння, результатом чого є – забезпечення більш повного та інтенсивного згоряння паливно-повітряної суміші. В результаті двигун отримує значний приріст енергії без збільшення робочого об'єму, що робить наддув базовим елементом сучасного даунсайзингу (downsizing) та дозволяє підвищити паливну економічність при часткових навантаженнях, разом з тим знижуючи питомі викиди шкідливих речовин у відпрацьованих газах за рахунок ефективнішого процесу згоряння.

Використання наддуву забезпечує зростання об'ємної ефективності, підвищення коефіцієнта наповнення та покращення питомої потужності ДВЗ. Навіть при незначному підвищенні тиску наддуву (на 0,1 – 0,2 бар) можна забезпечити приріст потужності до 20 %. Це забезпечує конструкторам можливість створення компактних та економічних двигунів із високими динамічними характеристиками.

В процесі дослідження впливу тиску наддуву проводиться аналіз зміни наступних показників: ефективної потужності та крутного моменту, питомої витрати палива, коефіцієнта наповнення, температурних навантажень і детонаційної стійкості. Важливою частиною таких досліджень є виявлення границі наддуву, перевищення якої щодо підвищення тиску наддуву не зумовлює пропорційне збільшення потужності в зв'язку із обмежувальними чинниками.

Підвищення тиску наддуву зумовлює підвищення температури у циліндрах, що, в свою чергу, збільшує можливість виникнення детонаційного горіння – неконтрольованого згоряння повітряно-паливної суміші. З метою запобігання цьому використовуються наступні технічні рішення: підвищення октанового числа палива, охолодження наддувного повітря, зміна геометрії камери згоряння, зменшення ступеня стискання чи корекція фаз газорозподілу. Сучасні двигуни оснащуються електронними системами регулювання (ECU), які проводять динамічний контроль і коригування кута випередження запалювання та тиск наддуву на основі даних від датчика детонації, забезпечуючи тим самим оптимальну потужність у реальному часі без ризику пошкодження ДВЗ.

В процесі дослідження значну увагу приділялося також механічним навантаженням. Під час зростання тиску наддуву відбувається збільшення тиску в циліндрі, що потребує використання міцніших матеріалів та покращеної конструкції поршнів, шатунів, підшипників ковзання тощо. У процесі досліджень проводиться оцінка межі міцності цих

елементів, а також температура вихлопних газів, яка суттєво зростає при використанні наддуву та впливає на ресурс турбокомпресора.

Одержані експериментальні результати говорять про те, що оптимальне значення тиску наддуву повинно бути компромісом між потужністю, економічністю та надійністю. У більшості бензинових двигунів без серйозних конструктивних змін безпечним вважається наддув в межах 0,5 – 0,8 бар. У випадку подальшого збільшення виникає необхідність проведення модернізації системи охолодження, впуску, випуску та внутрішніх елементів двигуна.

Отже, дослідження впливу тиску наддуву забезпечує розробку інженерних рішень, спрямованих на підвищення ефективності роботи бензинових двигунів, забезпечення їх теплової та механічної стабільності, а також оптимізацію паливної економічності. Результати проведення такого роду досліджень мають важливе значення для автомобільної промисловості.

Список використаних джерел

1. Верес Марія, Розум Руслан. Методологічні особливості ремонту та технічного обслуговування двигунів вантажних автомобілів. Інноваційний розвиток освіти, науки, бізнесу, суспільства та довкілля в умовах воєнного стану: матеріали VII Національної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених [Тернопіль, 20 травня 2022 р.]. Тернопіль: Вектор, 2022. С.57-58.
2. Розум Р.І. Експлуатаційна надійність і роботоздатність вантажного автомобільного рухомого складу [Електронний ресурс] / Р.І. Розум, М.В. Буряк, П.Б. Прогній, Н. М. Фалович, О. С. Шевчук, П. В. Попович, О. П. Захарчук // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2022. - Вип. 5(2). - С. 201-205.
3. Розум Р.І. Методологія діагностування автомобільних дизельних двигунів / Розум Р.І., Буряк М. В., Попович П. В., Прогній П. Б., Захарчук О. П. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті 36. наук. ст. - Луцьк, 2022. – С. 138-142.
4. Фалович Н.М., Верес М.В. та інші. Огляд обладнання для діагностики та ремонту двигунів внутрішнього згорання. Наукові записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. Серія: Технічні науки: 2022. 33 (72). № 5 Видавнича група «Гельветика». – С.325-329.
5. Rozum R.I., Buriak M. V., Zakharchuk O. P. Innovative engines in the history of automobile building. Modern engineering and innovative technologies. Issue 18 / Part 2. Sergeieva&Co Karlsruhe, Germany 2021. P. 64 – 67.
6. Rozum R.I., Shevchuk O. S., Prohniy P. B. Optimization of working processes of internal combustion engines with the purpose of improving their environmentality. Modern engineering and innovative technologies. Sergeieva&Co Karlsruhe (Germany) 2022. – Issue 19. Part 1. – P. 147-150.
7. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
8. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
9. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
10. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271).

УДК 332.1:656:658.7

КЛАСТЕРИ В РЕГІОНАЛЬНІЙ ЕКОНОМІЦІ І ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНІЙ СИСТЕМІ

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
О.Л. Ляшук, проф., д-р. техн. наук,
І.Б. Гевко, проф., д-р. техн. наук,
О.П. Цьонь, доц., канд. техн. наук,
М.В. Бабій, доц., канд. техн. наук,
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль

Відповідно до теорії створення кластерів в регіональній економіці, кластери в РТЛС мають такі унікальні особливості характеристики. Для РТЛС і її організаційно-функціональної структури вони полягають в наступному:

1. Наявність географічної локалізації: РТЛС формується на території регіону, представленої суб'єктом або групою суб'єктів.

2. Спільність виробленої продукції чи послуг: для РТЛС це управління та обслуговування товароматеріальних, фінансових та сервісних та супутніх інформаційних потоків, що функціонують у регіоні.

3. Тісні взаємозв'язки між підприємствами, фірмами, компаніями та організаціями кластера у формі кооперації, що надає синергетичного ефекту: у РТЛС тісні взаємозв'язки між усіма елементами-ланками ланцюга просування товароматеріальних та супутніх потоків.

4. Поєднання кооперації та конкуренції, що забезпечує в сукупності конкурентні переваги, як окремим учасникам, так і кластеру в цілому: в РТЛС як у великій, складній, ієрархічній структурі, поєднання кооперації та конкуренції є необхідною умовою її ефективного функціонування.

5. Наявність фірм-лідерів або груп компаній і фірм є ядром кластера: в РТЛС в якості фірм-лідерів можуть розглядатися 4PL або 3PL-провайдери (вітчизняні або іноземні), а також великі логістичні центри, що розміщуються в мультимодальних вузлах, тобто МТЛЦ, що виконують координуючі та інтегруючі функції.

6. Наявність малого та середнього бізнесу: в РТЛС великі транспортно-експедиційні та інші компанії-провайдери логістичних послуг тісно взаємодіють із підприємствами, фірмами малого та середнього бізнесу, представленими численними перевізниками, експедиторами, страховими та охоронними компаніями, митними брокерами, складськими операторами та ін.

7. Наявність загального інформаційного простору, що забезпечує обмін інформацією, зокрема інноваційного характеру: між учасниками кластеру формування та функціонування РТЛС вимагає створення єдиного інтегрованого інформаційного простору.

8. Інноваційна спрямованість кластерної стратегії: організаційно-функціональна структура РТЛС включає підсистему науково-технічного та кадрового забезпечення, що має на увазі тісний зв'язок з науковими та вищими навчальними закладами (Центральноукраїнським національним технічним університетом, Тернопільським національним технічним університетом ім. Івана Пулюя). Типова структура МТЛЦ як системотворчих елементів РТЛС включає інноваційні центри, технопарки, індустріально-логістичні парки, центри компетенцій, консалтингово-аналітичні компанії, функціонування яких спрямоване на обмін досвідом та впровадження інновацій.

9. Інтернаціоналізація бізнесу: діяльність РТЛС спрямовано на обслуговування

товароматеріальних і супутніх потоків, як регіональних і міжрегіональних, і глобальних (експортних, імпорتنих і транзитних), що проходять територією регіону. Вітчизняний та зарубіжний досвід свідчить про те, що РТЛС формуються насамперед у зоні тяжіння до трас міжнародних транспортних коридорів, де проходять великі експортно-імпорتنі та транзитні вантажопотоки.

10. Облік та узгодження економічних інтересів учасників та їх партнерів: у РТЛС узгодження економічних інтересів може здійснюватися на основі інструментарію логістичних концепцій. Передусім це Управління взаємовідносинами зі споживачами (Customer relationship Management), Управління взаємовідносинами з постачальниками (Supplier relationship Management). Крім цього використовуються міжфункціональні і міжорганізаційні координації в ланцюзі постачання вирішенням та усуненням конфліктних ситуацій, що виникають.

11. Залучення інвестицій для реалізації проєктів розвитку інфраструктури та кластера в цілому (рис. 1): включення до організаційно-функціональної структури РТЛС підсистеми фінансового забезпечення визначає участь у ній банків, фінансово-промислових груп, інвестиційних фондів, фінансових корпорацій, приватних інвесторів, включаючи іноземних та інших фінансових інституцій з метою залучення на взаємно вигідних умовах інвестицій на розвиток інфраструктури.

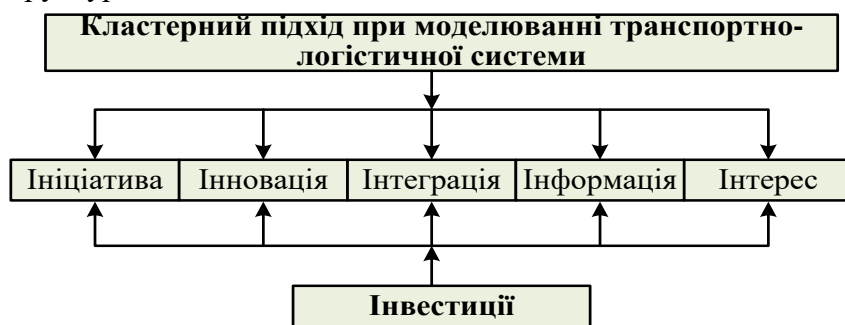


Рисунок 1 – Умови формування кластерного підходу та інвестування проєктів розвитку інфраструктури регіональної транспортно-логістичної системи

12. Інтеграція інтересів органів влади (регіональної, місцевої) та бізнесу в рамках кластеру: РТЛС є великою, складною, стохастичною, багатофункціональною системою, що впливає фактично на вагу господарство регіону та рівень життя його населення. Органи всіх гілок влади зацікавлені у створенні РТЛС та її розвитку. Крім того, функціонування РТЛС забезпечує додаткові податкові надходження до бюджету, створює нові робочі місця та має значний мультиплікативний ефект, який проявляється в інших галузях господарства та сприяє зростанню ВВП країни. Інтеграція інтересів бізнесу та влади найчіткіше виявляється в організації фінансування інвестиційних проєктів розвитку транспортно-логістичної інфраструктури на засадах державно-приватного партнерства (ДПП), високу ефективність якого довела світова практика.

В кластерній теорії, зазначається, що до створення кластера необхідне створення таких умов, як правило "п'яти І": Ініціатива; Інновація; Інтеграція; Інформація; Інтерес. Це правило одночасно є і фактором залучення в кластер інвестицій. Раніше функціонувало правило "чотирьох І": Інновація; Інтеграція; Інформація; Інтерес закладені в самій структурі РТЛС. Справа залишається лише за "Ініціативою". Ініціатором створення РТЛС можуть виступити органи регіональної влади, враховуючи масштаби створюваної системи.

Список використаних джерел

1. Fesovets O., Strelko O., Berdnychenko Yu., Isaienko S., Pylypchuk O. Container Transportation by Rail Transport Within the Context of Ukraine's European Integration. Proceedings of 23rd International Scientific Conference «Transport Means 2019». 2019. P. 381–386.

2. Kulova D., Boyko M., Kosyakevych D. Assessment of Risk Factors and Improvement of Transportation Technology for Temperature-Sensitive Cargo in Refrigerated Containers. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2026. Issue 13(44), Part I. P. 1-10.
3. Lavrukhin O., Kovalov A., Schevchenko V., Kyman A., Kulova D. Construction of an integrated criterion for estimating the consequences of emergencies involving dangerous goods. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. Vol. 2, Issue 3 (98). P. 25-31. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163442>
4. Lavrukhin O., Kovalov A., Kulova D. Technological and economic estimation of efficiency of a route choice for transportation of dangerous goods. *SHS Web of Conferences*. 2019. Vol. 67. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196702005>
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
6. Кульова Д.О., Магопець С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
7. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
8. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271).
9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
10. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
11. Wei L., Zheng X., Li Y., Li X., Liu L. Research on the impact effect of multimodal transport on domestic and international dual circulation: Evidence from China's railway and water transport. *PLoS ONE*. 2025. Vol. 20, Issue 4. Article e0319982. P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319982>
12. Zhang Z., Jin J., Li S., Han Z., Wu Z., Xu X., Li Y., Peng T. Research review and development trend analysis of grain multimodal transport with a special emphasis upon China. *Agriculture*. 2026. Vol. 16. Article 592. P. 1-35. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture16050592>
13. Uddin M. M., Huynh N. Routing model for multicommodity freight in an intermodal network under disruptions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2016. No. 2548. P. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.3141/2548-09>
14. Jayant, Arvind, Mohammed Azhar, and Priya Singh. "Interpretive structural modeling (ISM) approach: a state of the art literature review." *Int. J. Res. Mech. Eng. Technol* 5.1 (2015): 15-21. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1240/1/012010>
15. United Nations Conference on a Convention on International Multimodal Transport : Final Act and Convention on International Multimodal Transport of Goods. – New York : United Nations, 1981. Vol. 1. 16 p.
16. Про мультимодальні перевезення : Закон України від 17.11.2021 р. № 1887-IX станом на 19 груд. 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text> (дата звернення: 10.03.2026).
17. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Terminology on Combined Transport. New York and Geneva: United Nations, 2000. 13 p.

УДК: 629

УДОСКОНАЛЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ПЕРЕКИДАННЯ КАБІНИ СІДЕЛЬНОГО ТЯГАЧА

В.М. Пухир, *ст. гр. ТАм-21,*

Р.І. Розум, *доцент., канд. техн. наук*

Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

Гідравлічний механізм перекидання кабіни сідельного це вузол, який забезпечує необхідний доступ до моторного відсіку й інших агрегатів шасі для виконання технічного обслуговування та ремонтних робіт. Його ефективність, безпека та надійність напряду впливають на час простою транспортного засобу, отже й загальну економічну доцільність його експлуатації. Сучасні тенденції в автомобілебудуванні, в тому числі і збільшення ваги та габаритів кабін транспортних засобів, а також підвищення вимог щодо комфорту та швидкості технічного обслуговування, зумовлюють постійний пошук напрямків удосконалення механізмів перекидання кабіни, основним напрямком якого є впровадження електрогідравлічних систем. Перехід від чисто ручних насосів до систем із електричними насосами чи повністю автоматизованих електрогідравлічних модулів забезпечує значне підвищення зручності та швидкості виконання операції перекидання, за рахунок забезпечення більш високої продуктивності насоса, необхідної для виконання швидкого підйому важких кабін, а також сприяючи зменшенню рівня шуму та вібрації в процесі роботи системи.

Одним із основних аспектів модернізації є підвищення рівня безпеки та надійності системи перекидання кабіни. Удосконалення передбачає впровадження вбудованих запобіжних механізмів, до яких відносяться системи інтегрованого блокування (hydraulic latches) та запобіжні клапани із використанням інтелектуального контролю тиску, безпосередньо у гідроциліндри та насоси, тим самим гарантуючи безпечність утримання кабіни у необхідному положенні та запобігає неконтрольованому її опусканню. Використання високоякісних матеріалів ущільнень та поверхонь, які стійкі до корозії та високого тиску, це обов'язкова умова для забезпечення надійності та довговічності системи в умовах експлуатації, що є особливо актуальним у контексті збільшення інтервалів між технічним обслуговуванням.

Одним із основних напрямків є запровадження інтелектуальних систем діагностики і моніторингу (DMS), які дозволяють проводити контроль робочого стану гідравлічного обладнання у режимі реального часу, за рахунок встановлення високоточних датчиків тиску, температури та положення. Збір та оцінка цих даних забезпечує реалізацію принципу прогнозованого обслуговування (Predictive Maintenance), здійснюючи виявлення аномалій (для прикладу, перевищення нормативної величини в'язкості чи наявності повітря) та проводячи прогноз можливих відмов (для прикладу, зношення ущільнюючих манжетів) ще до їх критичного прояву. Дані системи дозволяють значно знизити можливість виникнення раптових поломок та оптимізують графіки проведення технічного обслуговування, тим самим мінімізуючи час простою транспортного засобу.

Перехід на цифрове управління гідравлічними механізмами є логічним етапом в інтеграції його у загальну електронну архітектуру транспортного засобу, як правило через CAN-інтерфейс. Внутрішній електронний блок управління (ECU) забезпечуючи гідросистему обміном даними із іншими системами автомобіля, забезпечуючи можливість здійснення блокування активації механізму перекидання кабіни при працюючому двигуні чи невімкненому стоянковому гальмі, тим самим значно підвищуючи захист від помилкових дій оператора. Використання запобіжних клапанів у поєднанні із ECU теж дозволяє забезпечити програмно регульоване, плавне прискорення та гальмування руху кабіни сідельного тягача, мінімізуючи динамічні навантаження на елементи транспортного засобу.

З конструкторської точки зору, актуальною є підвищення компактності та зниження маси компонентів механізму перекидання кабіни. Розробка та впровадження інтегрованих модулів, які забезпечують поєднання насоса, резервуара, електродвигуна та гідроциліндра в один блок, дозволяє зменшити кількість гідравлічних інтерфейсів (трубопроводів), спростити монтажні роботи та підвищити загальну надійність. Окрім цього, використання високоміцних алюмінієвих сплавів чи полімерних композитів на заміну традиційним сталевим елементам дозволяє зменшити вагу модуля до 30 %, що відповідає загальногалузевій тенденції у сфері зниження маси транспортних засобів. Ефективність і довговічність механізму також підвищується за рахунок використання синтетичних гідравлічних рідин із підвищеним показником в'язкості й інтеграції систем тонкої фільтрації з метою захисту чутливих до забруднень електрогідравлічних елементів.

Отже, як висновок можна сказати, що гідравлічний механізм перекидання кабіни сідельного тягача це критично важливий елемент для забезпечення проведення ефективного технічного обслуговування і мінімізації простою. Сучасна модернізація направлена на створенні швидких, безпечних та інтелектуально керованих електрогідравлічних систем, які відповідають вимогам щодо обслуговування важких кабін. Це включає впровадження електрогідравлічних систем для підвищення швидкості операцій; використання інтегрованих запобіжних механізмів та новітніх корозійностійких матеріалів для забезпечення надійності та безпеки; впровадження систем діагностики та моніторингу (DMS), що є інтегрованими через CAN-інтерфейс, для здійснення прогнозованого обслуговування та захисту від можливих помилок оператора. Конструкторська оптимізація направлена на зменшення маси (до 30% за рахунок використання алюмінієвих сплавів та композитних матеріалів), а також підвищення компактності через інтеграцію компонентів, що в цілому підвищує ефективність, безпеку та економічну вигідність експлуатації транспортного засобу.

Список використаних джерел

1. Буряк, М.В., Розум, Р.І., Захарчук, О.П., Прогній, П.Б., Попович, П.В., Шевчук, О.С. і Галушак, Д.О. 2022. Оцінка довговічності металоконструкцій автотранспортних засобів. Вісник машинобудування та транспорту. 15, 1 (Чер 2022), 11–16.
2. Буряк, М.В., Розум, Р.І., Фалович, Н.М., Прогній, П.Б., Попович, П.В., Шевчук, О.С. і Антонюк, О.П. 2022. Оцінка міцності та надійності автотранспортних засобів. Вісник машинобудування та транспорту. 15, 1 (Лип 2022), 17–22.
3. Розум Р.І. Експлуатаційна надійність і роботоздатність вантажного автомобільного рухомого складу [Електронний ресурс] / Р.І. Розум, М.В. Буряк, П.Б. Прогній, Н. М. Фалович, О. С. Шевчук, П. В. Попович, О. П. Захарчук // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2022. - Вип. 5(2). - С. 201-205.

УДК:669.056.91

ТРИБОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНОДОВАНИХ ШАРІВ СФОРМОВАНИХ ЗА ІМПУЛЬСНОГО РЕЖИМУ НАКЛАДЕНОЇ НАПРУГИ

Д.О. Яремчук, аспірант,

Національний лісотехнічний університет України

В.М. Гвоздецький, канд. техн. наук, ст. досл, зав. лаб.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

О.Б. Гасій, д.т.н, доц.,

Національний лісотехнічний університет України

С.І. Маркович, канд. техн. наук, доц.

Центральноукраїнський національний технічний університет,

Х.Р. Задорожна, стар. наук. співроб.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

Постановка проблеми. Алюмінієві сплави широко застосовуються в автомобільній промисловості завдяки малій питомій вазі та високій корозійній стійкості у нейтральних водних середовищах. Однак їм властива низька абразивна зносостійкість, що звужує їх сферу використання. Для підвищення зносостійкості алюмінієвих сплавів в багатьох випадках застосовують метод анодування [1-3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для покращення твердості й абразивної зносостійкості застосовують методи гальванічного хромування, термічного напилення, плазмово-електролітичного оксидування (ПЕО) [1-3] і твердого анодування (НА) [4]. Використання канцерогенних та екологічно шкідливих електролітів під час впровадження методу хромування робить його екологічно небезпечним [5]. Отримання алюмінієвих сплавів дозволяє зберегти поверхневі шари з високою твердістю (до 2000 HV), низьким коефіцієнтом тертя, високою адгезією до металевої основи та низькою екологічною небезпекою. Метод синтезу НАL досить дешевий і технологічно простий. Тому він широко використовується в промисловості. Однак через суттєві недоліки (низька твердість ≤ 500 HV і зносостійкість) його широке застосування для поверхневого зміцнення різних елементів обмежене [6, 7]. Тверде анодування, реалізоване в режимі імпульсних струмів, має суттєві переваги порівняно з твердим анодуванням за постійного струму. Суть методу імпульсного анодування полягає в періодичній зміні густини струму. Впродовж періоду з низькою густиною струму тепло, що утворюється на поверхні анодованого зразка, ефективно розсіюється, тоді як під час періоду високої густини струму інтенсифікується процес утворення оксиду. Тому підвищення міцності та стійкості до стирання анодованих шарів на алюмінієвих сплавах є актуальною проблемою [8, 9]. Формування анодного шару проводиться у розчинах кислот, а найбільш вживаним електролітом вважається 20% водний розчин сульфатної кислоти (20% H_2SO_4) у імпульсному режимі накладеної на зразок напруги рис.1. В процесі формування анодованого шару сульфатна кислота розчиняє зовнішній шар оксидного покриття, що підвищує його поруватість та зменшує мікротвердість.

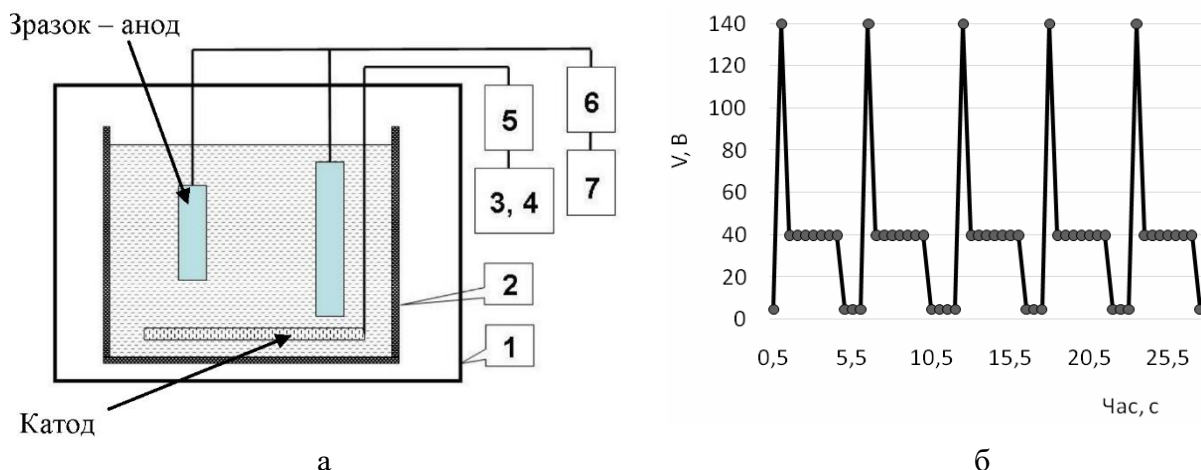


Рисунок 1 - Принципова схема установки для імпульсного твердого анодування – а), режим імпульсного анодування - б)

Постановка завдання. Розробити методику та технологію підвищення трибологічних характеристик деталей із алюмінієвих сплавів для підвищення мікротвердості анодованого шару та зменшення кількості сульфатної кислоти

Виклад основного матеріалу. Для зменшення негативного впливу електроліту на зовнішню сторону анодованого покриття авторами запропоновано метод каскадного імпульсного анодування (КІТА) алюмінієвих сплавів. На першому етапі імпульсне анодування проводять у сульфатному водному електроліті 20% H_2SO_4 , на другому етапі деталі переносять у ванну із електролітом меншої концентрації. Така операція зменшує концентрацію сульфатної кислоти у порах анодного шару. Це зменшує розтравлювання зовнішнього шару покриття та підвищує його мікротвердість від 400 до 500 HV_{01} рис.2.

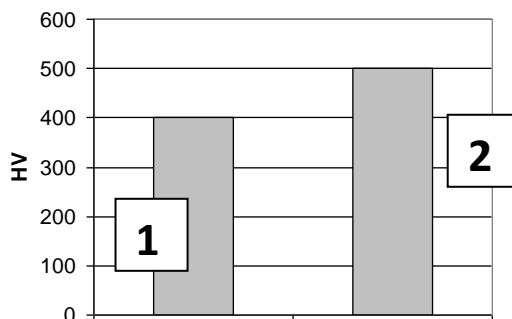


Рис. 2. Мікротвердість анодованих шарів сформованих на технічному алюмінієві АД0, за наступних режимів анодування: температура анодування 0°C: 1 – режим ІТА, тривалість анодування - 60 хвилин – електроліт 20% H_2SO_4 ; 2 - режим КІТА, тривалість 30 хв. електроліт (20% H_2SO_4) + 30 хв. Електроліт (5% H_2SO_4)

Рентгенфазовим аналізом встановлено, що у режимі ІТА анодований шар синтезується у вигляді гідроксиду алюмінію із трьома молекулами води (гібсит $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$) внаслідок інтенсивної взаємодії покриття із електролітом підвищеної концентрації рис. 3а., а у режимі КІТА у вигляді гідроксиду алюмінію з однією молекулою води (гібсит $Al_2O_3 \cdot H_2O$) рис.3б.

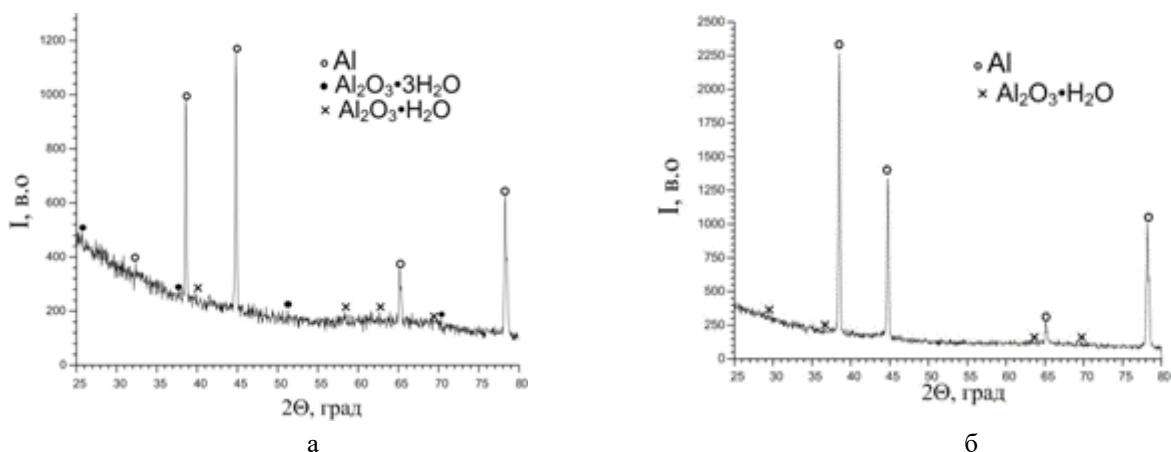


Рис. 3. Фазовий склад анодованих шарів сформованих за режимами: ІТА - а), КІТА – б)

Трибологічними випробуваннями встановлено, що анодованим шарам сформованим за режимом КІТА властиві кращі трибологічні характеристики. Так за фрикційних випробувань в умовах зворотньо - поступального руху сталюї та керамічної кульок за навантаження на кульки 10 МПа на шляху 180м коефіцієнт тертя є менший до 10% як для сталюї так і для керамічної кульок рис 4, рис.5. Об'ємний знос анодованих шарів сформованих за режимом КІТА також є менший до 15% ніж за режимом ІТА рис.5, рис.6.

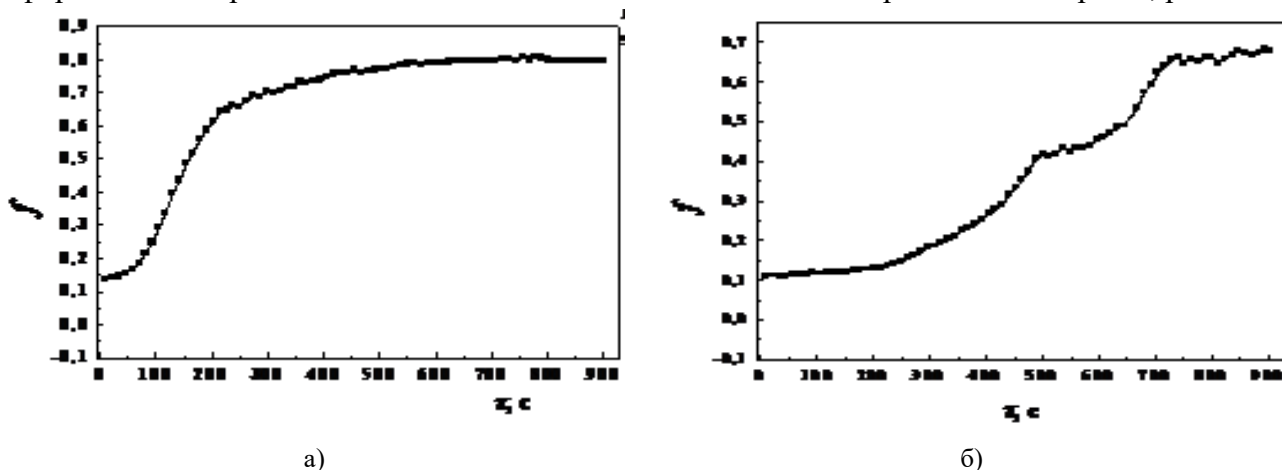


Рисунок 4 - Коефіцієнт тертя фрикційної пари сталюї кулька – анодований шар сформований за режимом ІТА – а), КІТА – б)

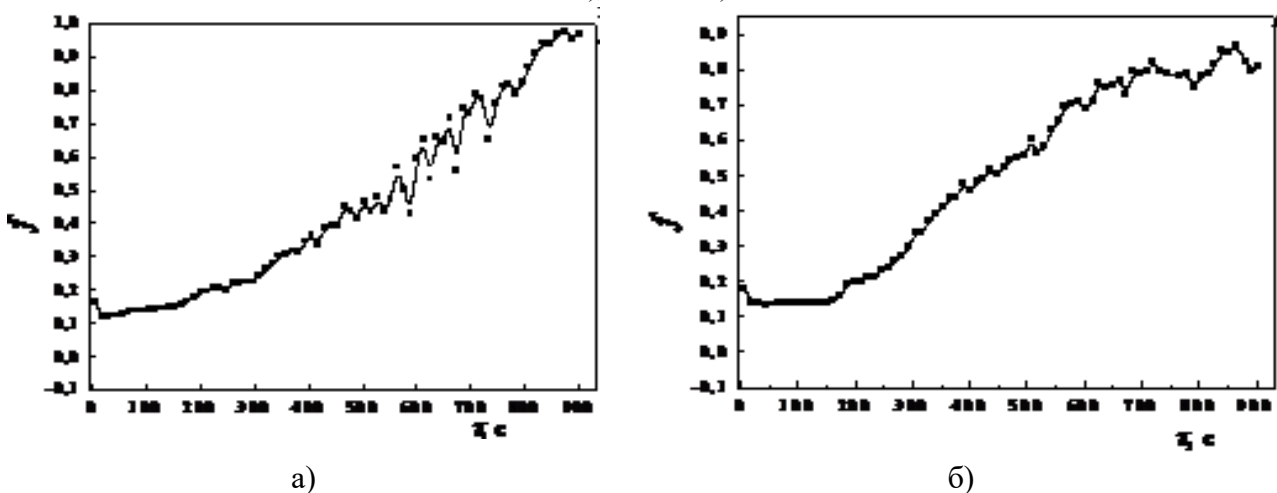


Рисунок 5 - Коефіцієнт тертя фрикційної пари керамічна кулька – анодований шар сформований за режимом ІТА – а), КІТА – б)

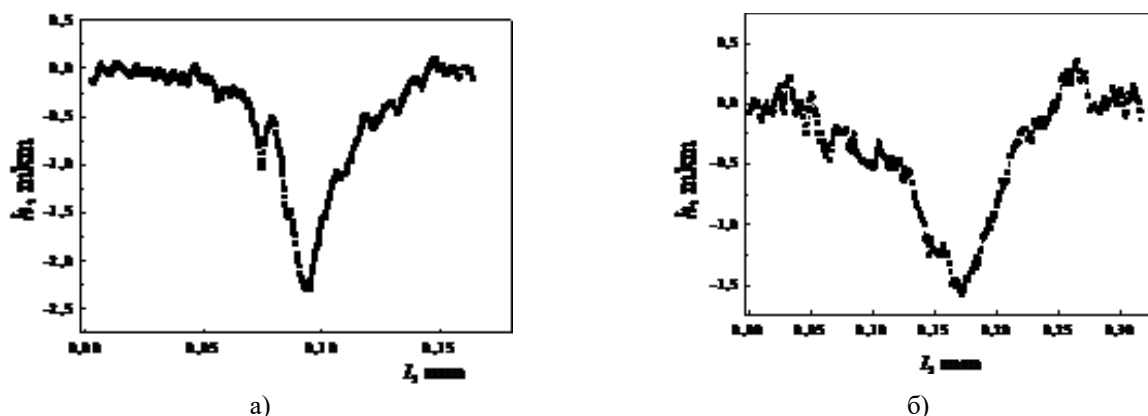


Рисунок 6 – Об’ємний знос фрикційної пари сталевий кулька – анодований шар сформований за режимом ІТА – а), КІТА – б)

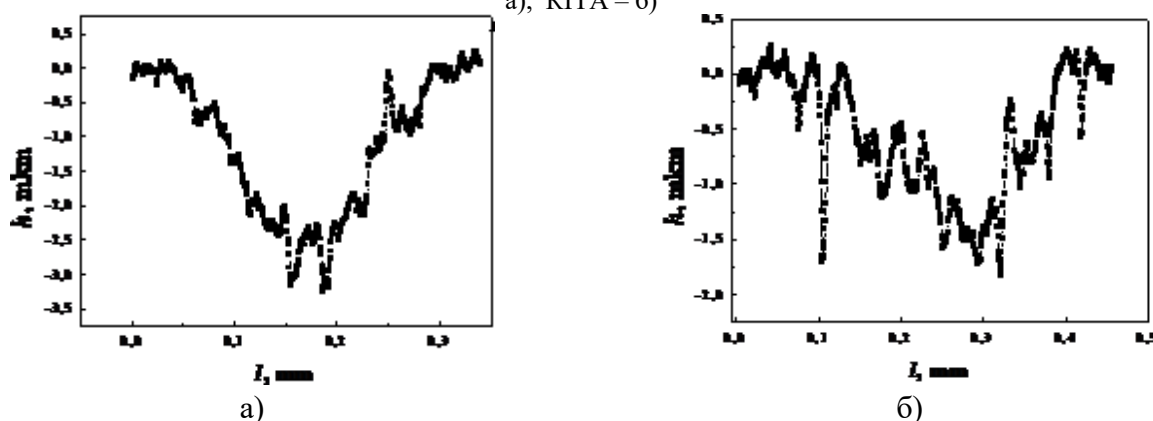


Рисунок 7- Об’ємний знос фрикційної пари керамічна кулька – анодований шар сформований за режимом ІТА – а), КІТА – б)

Висновки:

1. Каскадне імпульсне анодування (КІТА) алюмінієвих сплавів при якому на першому етапі КІТА проводять у сульфатному водному електроліті 20% H_2SO_4 , а на другому етапі деталі переносять у ванну із електролітом меншої концентрації зменшує розтравлювання зовнішнього шару покриття та підвищує його мікротвердість від 400 до 500 HV₀₁
2. Анодованим шарам сформованим за режимом КІТА властиві кращі трибологічні характеристики. Так за фрикційних випробовувань в умовах зворотньо - поступального руху сталевий та керамічний кульок за навантаження на кульки 10 МПа на шляху 180м коефіцієнт тертя є менший до 10% як для сталевий так і для керамічний кульок. Об’ємний знос анодованих шарів сформованих за режимом КІТА також є менший до 15% ніж за режимом ІТА рис.5, рис.6.

Список літератури

1. Mínguez-Bacho, I., Rodríguez-López, S., Asenjo A., Vázquez, M., HernándezVélez, M. Self-correlation Function for Determination of Geometrical Parameters in Nanoporous Anodic Alumina Films. Appl. Phys. 2012. P. 105-112.
2. Student M., Pohrelyuk I., Padgurskas J., Hvozdet's'kyi V., Zadorozna Kh., Chumalo H., Student O., Kovalchuk I. The effect of heat treatment on the structural-phase state and abrasive wear resistance of a hard-anodized layer on aluminum alloy 1011. Coatings. 2023. Vol. 13, Is. 2. P. 391.
3. Student M.M., Pohrelyuk I.M., Hvozdet's'kyi V.M., Veselivska H.H., Zadorozhna Kh.R., Mardarevych R.S., Dzioba Y.V. Influence of the composition of electrolyte for hard anodizing of aluminum on the characteristics of oxide layer. Materials Science. 2021. Vol. 57, № 2. P. 240–247.
4. Cr₂O₃ Sealing of Anodized Aluminium Alloy by Heat Treatment / Junghoon Lee, Yonghwan Kim, Heuiun Jang, Uoochang Jung and Wonsub Chung. Procedia Engineering. 2011. 10. P. 2803–2808
5. Оцінка розподілу включень і дефектів плазмоелектролітичних і лазерно модифікованих покриттів на алюмінієвих сплавах / І.Б. Івасенко, Х.Р.Задорожна, В.М. Посувайло та ін. Міжвузівський збірник “Наукові нотатки” Луцьк, 2019. Випуск №66. С. 135–140.
6. Shih H., Tzou S. Study of anodic oxidation of aluminum in mixed acid using a pulsed current. Surface and Coatings Technology. 2000. 124. P. 278–285.
7. Хімічна корозія та захист металів : навчальний посібник / [П. І. Стоєв, С. В. Литовченко, І. О. Гірка, В. Т. Грищина]. – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2019. – 216 с

UDC 332.1:656:658.7

FACTORS OF THE INTERNAL ENVIRONMENT CONTRIBUTING TO THE FORMATION OF A REGIONAL TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM AS A PROTOTYPE OF AN INNOVATIVE TRANSPORT AND LOGISTICS CLUSTER

O.L. Liashuk, *Assoc. Prof., PhD tech. sci,*
Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil
V.V. Aulin, *Prof., Dr. tech. sci,*
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
V.V. Hud, *Prof., Dr. tech. sci,*
Yu.Ya. Vovk, *Assoc. Prof., PhD tech. sci,*
M.V. Babii, *Assoc. Prof., PhD tech. sci,*
V.O. Dziura, *Prof., Dr. tech. sci.,*
Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil

The conducted analysis of the creation and functioning of a regional transport and logistics system (RTLS) as a prototype of an innovative transport and logistics cluster made it possible to identify the following clusters:

- a favorable geopolitical position of the regional center;
- a high environmental potential of the region as an object of natural and ecological heritage;
- the establishment of a special economic zone of a tourism and recreational type and the development of the tourism industry;
- the transition from a sector-based management system to a predominantly cluster-oriented management policy;
- a favorable ethnosocial climate, availability of labor resources, and a high level of education;
- the presence of industrial enterprises with elements of high-tech production;
- reserves of mineral, forest, and land resources of national and international significance;
- transit opportunities of national and international scale;
- ensuring the geopolitical and economic security of the country;
- organization of information and logistics support for cargo delivery, including the implementation of electronic document management.

A graphical model has been developed that, in a generalized form, characterizes the organizational and functional structure of the RTLS proposed for formation in a specific region of Ukraine. The model includes a set of functional and supporting subsystems integrated by material flow.

The functional subsystems of RTLS in regional centers include the following:

- logistics and production infrastructure of the transport hub located within the region, ensuring entry and exit points of the RTLS, as well as mainline and local cargo (goods) transportation and delivery to the final consumer;
- companies and logistics intermediaries, i.e., organizers of cargo and goods movement within the region and beyond;

– regional distribution centers, where coordination and interaction between different modes of transport are carried out, cargo flows are consolidated, cargo handling is performed, services for material flows are provided, and further distribution by transportation routes and customer groups is ensured.

The set of functional elements of the transport hub, along with production and logistics infrastructure facilities, also includes regional administrations (branches) of main transport modes operating within the hub. At the same time, terminal complexes (TC) and multimodal transport and logistics centers (MTLC) are key components of the regional transport and logistics system (RTLS). They ensure interaction among all participants of the system and the integration of various flows: transport, material, service, information, and financial.

The supporting subsystems of RTLS, which perform auxiliary and integrative functions, include:

– an integrated regional information subsystem that provides information and logistics support for activities within the region and beyond;

– a financial support subsystem for the functioning and development of RTLS, consisting of domestic and foreign banking institutions, leasing companies, financial pools, and other financial organizations;

– a scientific, technical, and human resources support subsystem aimed at developing scientific, technical, and personnel potential in the field of logistics of regional transport and logistics systems;

– regulatory and legal support, together with a subsystem of state support and regulation.

References

1. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. - Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. - 393 с.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
3. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
4. Аулін В. В., Голуб Д. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Цьонь О. П. Формування логістичних проєктно-орієнтованих кластерів у регіональних ланцюгах постачань продукції. Зб. тез доповідей XII Міжнар. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, НУБіП. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. С.155-156.
5. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Інтелектуальні транспортні системи як результат впровадження інноваційних ефективних технологій. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability”, 15-17 квітня 2020 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С.207.
6. Аулін В. В., Голуб Д. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Цьонь О. П. Формування логістичних проєктно-орієнтованих кластерів у регіональних ланцюгах постачань продукції. Зб. тез доповідей XII Міжнар. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, НУБіП. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. С.155-156.
7. Аулін В. В., Кульова Д. О., Варваров В. В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральнотрапнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. Кропивницький : ЦНТУ, 2025. Вип. 11(42). Ч. 1. С. 263-271.

УДК 658.512.2:519.87

МАТЕМАТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ОЦІНКИ РІВНЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВИРОБНИЧИХ ЛІНІЙ**С.Г. Ковальов**, канд. пед. наук,**В.В. Аулін**, проф., д-р. техн. наук,**А.В. Гриньків**, ст. дослідник, канд. техн. наук,**Ю.Г. Ковальов**, доц., канд. техн. наук,*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький*

Оцінка ефективності використання та надійності функціонування виробничих систем і автоматизованих виробничих ліній потребує впровадження точних і обґрунтованих методів моделювання. У процесі аналізу важливо враховувати складність досліджувальних систем, багатофакторний характер взаємодії між їхніми елементами та непередбачуваність впливу зовнішніх умов.

Математичний інструментарій для моделювання та оцінки ефективності й надійності виробничих систем і виробничих ліній охоплюють широкий спектр підходів, кожен із яких використовується залежно від специфіки завдання й особливостей.

Ланцюги Маркова є потужним інструментом для моделювання стохастичних процесів. Вони є особливо корисними для оцінки надійності, через те, що їх застосування дозволяє досліджувати поведінку системи в умовах ймовірнісних переходів між станами, таких як робочий, аварійний або стан технічного обслуговування. Завдяки своїй математичній суворості та здатності враховувати випадкові фактори, ланцюги Маркова стають універсальним методом для оцінки надійності виробничих систем та автоматизованих виробничих ліній та прогнозування їхньої продуктивності.

Механізм використання матриці стану та вектора стану є ключовим у моделюванні надійності та ефективності, зокрема у стохастичних процесах, якими є ланцюги Маркова. Розглянемо більш детально це питання.

Матриця стану (або матриця ймовірностей переходу) є квадратною матрицею, яка описує ймовірності переходу виробничої системи між усіма можливими станами за один крок. Кожний елемент цієї матриці, позначений як $P\{ij\}$, визначає ймовірність переходу із i -стану в j -стан. Важливо, що сума всіх елементів у кожному рядку матриці дорівнює одиниці:

$$\sum_{i=1}^n p_{ij} = 1. \quad (1)$$

Вектор стану описує розподіл ймовірностей перебування системи в кожному з її можливих станів у певний момент часу. Це рядок (або стовпчик), у якому кожен елемент p_i (p_j) позначає ймовірність перебування системи в стані i (j). Наприклад, для системи з трьома станами вектор може бути записаний як:

$$S_i = (S_1, S_2, S_3) \text{ або } S_j = \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Механізм взаємодії матриці стану та вектора стану передбачає, що при кожному кроці часу новий стан системи визначається множенням поточного вектора стану S_i на матрицю стану $P = \{p_{ij}\}$:

$$S_{i+1} = S_i \cdot P, \quad (3)$$

де S_{i+1} – вектор стану на наступний момент часу.

Цей механізм дозволяє моделювати, як розподіл ймовірностей змінюється з часом.

Теорема про взаємозв'язок матриці стану та вектора стану, стверджує, що якщо

систему достатньо довго моделювати через множення вектора стану на матрицю стану, то розподіл ймовірностей досягне стаціонарного стану. Зазначене виконується за умови, що матриця відповідає певним властивостям, наприклад, є примітивною. Стаціонарний стан, позначений як S_i , задовольняє рівнянню:

$$S_i = S_0 \cdot P^i, \quad (4)$$

Це означає, що стаціонарний вектор стану є власним вектором матриці P , відповідним власному значенню, яке дорівнює одиниці. Стаціонарний стан описує стабільний розподіл ймовірностей, у якому система перебуватиме незалежно від початкового стану.

Метод Монте-Карло є потужним інструментом для моделювання складних систем і процесів у різних умовах. Він дозволяє проводити численні симуляції, що базуються на випадкових змінних, для оцінки імовірностей, надійності та ефективності виробничих процесів.

Можна пропонувати наступні етапи застосування цього методу:

1. Визначення параметрів системи.
2. Генерація випадкових значень.
3. Обчислення вихідних значень.
4. Прогнозування та оптимізація на основі обчислених вихідних даних.

Приклад застосування: уявімо, що досліджується виробнича лінія, що залежить від кількох факторів, таких як час простою обладнання T_d і швидкість обробки $R_{ш}$. При цьому вихідна продуктивність $P_{пр}$ може бути змодельована функцією:

$$P_{пр} = \frac{R_{ш}}{t} (1 - T_d). \quad (5)$$

Застосування методу Монте-Карло дозволяє варіювати факторами T_d і $R_{ш}$ у різних сценаріях, щоб оцінити середнє значення продуктивності $\overline{P_{пр}}$ і ймовірність збоїв.

Теорію масового обслуговування (ТМО) рекомендують для моделювання потоків продукції, черги та навантаження на окремі елементи виробничої системи. Методи ТМО допомагають оцінити продуктивність і знаходити «вузькі місця» у виробничих процесах, що можуть призводити до простоїв або перевантаження.

ТМО аналізує процеси, в яких потоки заявок проходять через систему обслуговування. Основою методу ТМО є моделювання інтенсивності надходження заявок λ і швидкості їх обслуговування $\mu_{об}$.

Модель «М/М/1», як одна з найпоширеніших, описує систему з одним каналом обслуговування, де потік заявок і час обслуговування підпорядковуються експоненціальному розподілу. Основні формули моделі «М/М/1» дозволяють визначити, скільки заявок, що одночасно перебуває у системі, середній час очікування в черзі, а також загальну продуктивність виробничої системи.

Коефіцієнт завантаження виробничої системи:

$$r = \frac{\lambda}{\mu_{об}}, \quad (6)$$

де $r < 1$, для стабільної виробничої системи.

Середня кількість заявок у виробничій системі дорівнює:

$$\overline{L} = \frac{r}{1-r}. \quad (7)$$

Середній час перебування заявки у виробничій системі:

$$\overline{W} = \frac{1}{\mu_{об} - \lambda}. \quad (8)$$

Ймовірність того, що система вільна визначається за формулою:

$$P_0 = 1 - r. \quad (9)$$

Ймовірність перебування n заявок у системі:

$$P_n = (1 - r) \cdot r^n. \quad (10)$$

Застосування методу ТМО в реальних умовах дає можливість оптимізувати роботу виробничих ліній, оцінюючи черги та знаходячи «вузькі місця». Це корисно для вирішення задач, таких як покращення продуктивності, зменшення часу простою та адаптація до змін у потоці заявок. Результати аналізу слугують основою для прийняття стратегічних рішень і впровадження нових підходів до управління виробничими процесами.

Регресійний аналіз передбачає використання статистичних методів, таких як регресія. Застосовується регресійний аналіз для виявлення залежностей між параметрами виробництва, наприклад, витратами ресурсів та обсягами продукції. Це дає змогу розуміти ключові фактори, що впливають на надійність та ефективність. У контексті дослідження виробництва цей метод дозволяє виявити зміни у витратах ресурсів (незалежна змінна) та їх вплив на обсяги випуску продукції (залежна змінна). Головною метою даного методу є встановлення математичної моделі, яка описує цю залежність. Наприклад, у випадку лінійного регресійного рівняння, де залежна змінна це обсяги випуску продукції, незалежна змінна – це витрати ресурсів, а константа та коефіцієнт регресії, показують силу впливу незалежного параметра на залежний.

Під час проведення регресійного аналізу важливим етапом є оцінка значущості результатів. Для цього використовуються статистичні критерії, які дозволяють оцінити, наскільки вплив незалежної змінної на залежну є суттєвим. Також метод допомагає оцінювати точність прогнозів, будуючи інтервальні значення для очікуваних результатів.

Завдяки регресійному аналізу можна визначити ключові фактори, що найбільше впливають на ефективність виробничих процесів. Це дозволяє оптимізувати використання ресурсів, знаходити критичні точки для покращення виробництва, а також приймати обґрунтовані управлінські рішення. Зазначений математичний інструмент часто використовується для тестування нових стратегій, аналізу даних і прогнозування результатів.

Балансові моделі. Використовуються для оптимізації розподілу ресурсів (капіталу, праці, енергії) між різними елементами виробничої системи для досягнення максимального результату.

Моделі оптимізації – це прередусім моделі математичного програмування. Математичне програмування, включаючи лінійне, нелінійне та динамічне програмування, допомагає знаходити найкращі рішення для оптимізації витрат, продуктивності або енергоспоживання виробничих систем та ліній на підприємстві.

Моделі життєвого циклу – це моделі, які оцінюють ефективність і надійність виробничої системи протягом усього її життєвого циклу, враховуючи проектування, встановлення, експлуатацію та обслуговування.

Системна динаміка є методом, який дозволяє моделювати взаємодію різних елементів системи з урахуванням часової динаміки, що особливо корисно для аналізу довгострокових тенденцій у виробництві.

Існуючі математичний інструментарій для оцінки ефективності та надійності виробничих автоматизованих ліній охоплюють широкий спектр підходів – від класичних статистичних методів до сучасних симуляційних моделей. Методи прикладної математики, такі як регресійний аналіз і теорія масового обслуговування, дозволяють глибоко аналізувати ключові параметри виробничої системи, виявляти залежності між змінними, прогнозувати поведінку системи і оптимізувати виробничі процеси. Симуляційні моделі, як метод Монте-Карло, забезпечують можливість тестування альтернативних стратегій та сценаріїв без втручання у реальний виробничий процес. Однак, класичні математичні методи мають обмеження щодо складності й адаптивності до сучасних умов виробництва, які характеризуються великим обсягом даних і швидкими змінами в зовнішньому середовищі.

Ці виклики відкривають перспективи застосування методів штучного інтелекту (ШІ), який здатний обробляти великі масиви даних, моделювати складні взаємодії та автоматизувати процеси аналізу. ШІ пропонує гнучкі підходи до вирішення завдань оптимізації, прогнозування і оцінки надійності та ефективності, значно перевершуючи традиційні методи за адаптивністю та точністю.

Список використаних джерел

1. Fesovets O., Strelko O., Berdnychenko Yu., Isaienko S., Pylypchuk O. Container Transportation by Rail Transport Within the Context of Ukraine's European Integration. Proceedings of 23rd International Scientific Conference «Transport Means 2019». 2019. P. 381–386.
2. Kulova D., Boyko M., Kosyakevych D. Assessment of Risk Factors and Improvement of Transportation Technology for Temperature-Sensitive Cargo in Refrigerated Containers. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2026. Issue 13(44), Part I. P. 1-10.
3. Lavrukhin O., Kovalov A., Schevchenko V., Kyman A., Kulova D. Construction of an integrated criterion for estimating the consequences of emergencies involving dangerous goods. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 2, Issue 3 (98). P. 25-31. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163442>
4. Lavrukhin O., Kovalov A., Kulova D. Technological and economic estimation of efficiency of a route choice for transportation of dangerous goods. SHS Web of Conferences. 2019. Vol. 67. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196702005>
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
6. Кульова Д.О., Магопець С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
7. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
8. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271)
9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавель Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
10. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
11. Wei L., Zheng X., Li Y., Li X., Liu L. Research on the impact effect of multimodal transport on domestic and international dual circulation: Evidence from China's railway and water transport. PLoS ONE. 2025. Vol. 20, Issue 4. Article e0319982. P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319982>
12. Zhang Z., Jin J., Li S., Han Z., Wu Z., Xu X., Li Y., Peng T. Research review and development trend analysis of grain multimodal transport with a special emphasis upon China. Agriculture. 2026. Vol. 16. Article 592. P. 1-35. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture16050592>
13. Uddin M. M., Huynh N. Routing model for multicommodity freight in an intermodal network under disruptions. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2016. No. 2548. P. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.3141/2548-09>
14. Jayant, Arvind, Mohammed Azhar, and Priya Singh. "Interpretive structural modeling (ISM) approach: a state of the art literature review." Int. J. Res. Mech. Eng. Technol 5.1 (2015): 15-21. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1240/1/012010>
15. United Nations Conference on a Convention on International Multimodal Transport : Final Act and Convention on International Multimodal Transport of Goods. – New York : United Nations, 1981. Vol. 1. 16 p.
16. Про мультимодальні перевезення : Закон України від 17.11.2021 р. № 1887-IX станом на 19 груд. 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text> (дата звернення: 10.03.2026).
17. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Terminology on Combined Transport. New York and Geneva: United Nations, 2000. 13 p.

УДК: 629

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ПІСЛЯ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ

К.В. Жутов, *ст. гр. ТАм-21*,

Р.І. Розум, *доцент., канд. техн. наук*

Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль

Двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) працюють у складних умовах, що включають високі робочі температури, значні механічні навантаження, агресивну дію продуктів згоряння.

У сучасній практиці ремонту використовують широкий спектр технологій відновлення елементів ДВЗ: газотермічне та електродугове напилення, лазерне та плазмове наплавлення, електролітичні покриття, холодне напилення, металізацію, механічне наплавлення та інші методи поверхневого зміцнення. Вибір тої чи іншої технології залежить від різних факторів:

- матеріал деталі, яка підлягає відновленню;
- типу зношування (корозійне, абразивне, фретинг-втомне, адгезійне);
- температурні режими, тощо.

Однією із головних задач є правильний вибір технології відновлення. Вибір методу визначається типом деталі, характером зношування та вимогами до експлуатаційних характеристик. Так, для прикладу, деталі, які працюють у режимі граничного тертя (поршневі кільця, гільзи циліндрів), вимагають високої твердості та жаростійкості, в той час як елементи кривошипно-шатунного механізму повинні забезпечувати точність геометрії та опір втомі.

Після процесу відновлення важливим є проведення оцінки якості одержаної поверхні та її здатності чинити опір подальшому зношенню. Під час дослідження використовуються вагові, трибологічні та мікроструктурні методи дослідження. Проводиться оцінка параметрів шорсткості, твердості поверхні, характер наявних мікротріщин, присутності пористості та показник адгезії покриття до основи. Значну увагу приділяють проведенню триботехнічних випробувань, які моделюють реальні умови роботи ДВЗ.

Одним із основних завдань є проведення порівняння одержаних характеристик відновленої деталі із параметрами нової. У низці випадків використання сучасних зміцнювальних технологій забезпечує значне підвищення експлуатаційних властивостей деталей у порівнянні із заводськими характеристиками. Так для прикладу, проведення лазерного легування поверхонь дозволяє сформувати високодисперсну структуру зі значним підвищенням мікротвердості, а плазмове напилення забезпечує створення композиційних покриттів із оптимально підібраними фрикційними характеристиками. Однак недотримання технологічних режимів процесу напилення чи недостатня підготовка поверхонь можуть зумовити відшарування покриття, прискорений абразивний знос чи утворення поверхневих мікротріщин тощо.

Дослідження також забезпечують виявлення характерних механізмів зношування: абразивне, адгезійне, корозійно-механічне та втомне руйнування. Кожен механізм потребує використання відповідних захисних технологій. Для прикладу, адгезійне зношування ефективно зменшується при використанні покриттів із високою мікротвердістю, а корозійне зношування – використанням покриття із високою хімічною стійкістю та інертністю до робочого середовища (наприклад, керамічного, полімерного чи металевого покриття, яке утворює пасивні плівки).

Підсумовуючи, дослідження зносостійкості відновлених елементів ДВЗ є важливим напрямом, який забезпечує підвищення ефективності технологій ремонту, зниження експлуатаційних витрат та забезпечення надійної роботи транспортних засобів. Одержані результати дозволяють отримати удосконалення методів відновлення, правильний вибір матеріалів для покриття та підвищити довговічність ДВЗ у реальних умовах їх експлуатації. У перспективі використання інноваційних технологій поверхневого зміцнення дозволить значно продовжити термін служби основних елементів ДВЗ та знизити необхідність у використанні дорогих ремонтів.

Список використаних джерел

1. Верес Марія, Розум Руслан. Методологічні особливості ремонту та технічного обслуговування двигунів вантажних автомобілів. Інноваційний розвиток освіти, науки, бізнесу, суспільства та довкілля в умовах воєнного стану: матеріали VII Національної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених [Тернопіль, 20 травня 2022 р.]. Тернопіль: Вектор, 2022. С.57-58.
2. Карпович В.В., Мартинюк Р.М. та інші. Дослідження впливу використання біопалива на екологічні та технічні характеристики дизельних двигунів. Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту: Міжнар. наук.-практ. конф., 22-24 листоп. 2023 р., м. Кропивницький: зб. матер. / М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та рем. машин. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – С.216-217.
3. Розум Р.І. Експлуатаційна надійність і роботоздатність вантажного автомобільного рухомого складу [Електронний ресурс] / Р.І. Розум, М.В. Буряк, П.Б. Прогній, Н. М. Фалович, О. С. Шевчук, П. В. Попович, О. П. Захарчук // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. - 2022. - Вип. 5(2). - С. 201-205.
4. Розум Р.І. Методологія діагностування автомобільних дизельних двигунів / Розум Р.І., Буряк М. В., Попович П. В., Прогній П. Б., Захарчук О. П. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті Зб. наук. ст. - Луцьк, 2022. – С. 138-142.
5. Татарин Альбіна, Розум Руслан. Методи відновлення блоків циліндрів двигуна автомобіля. Інноваційний розвиток освіти, науки, бізнесу, суспільства та довкілля в умовах воєнного стану: матеріали VII Національної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених [Тернопіль, 20 травня 2022 р.]. Тернопіль: Вектор, 2022. С.62-63.
6. Фалович Н.М., Верес М.В. та інші. Огляд обладнання для діагностики та ремонту двигунів внутрішнього згорання. Наукові записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. Серія: Технічні науки: 2022. 33 (72). № 5 Видавнича група «Гельветика». – С.325-329.
7. Rozum R.I., Buriak M. V., Zakharchuk O. P. Innovative engines in the history of automobile building. Modern engineering and innovative technologies. Issue 18 / Part 2. Sergeieva&Co Karlsruhe, Germany 2021. P. 64 – 67.
8. Rozum R.I., Shevchuk O. S., Prohniy P. B. Optimization of working processes of internal combustion engines with the purpose of improving their environmentality. Modern engineering and innovative technologies. Sergeieva&Co Karlsruhe (Germany) 2022. – Issue 19. Part 1. – P. 147-150.

УДК:621.793.7

АНАЛІЗ ЕКЗОТЕРМІЧНИХ РЕАКЦІЙ В ПРОЦЕСІ НАПИЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ ІЗ ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ

Н.М. Остапчук, аспірант,

Національний лісотехнічний університет України,

В.М. Гвоздецький, канд. техн. наук, ст. досл. зав. лаб.

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

І.М. Гончар, канд. техн. наук, доцент

Національний лісотехнічний університет України

С.І. Маркович, канд. техн. наук, доц.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Постановка проблеми. Метод електродугового напилення (ЕДН) покриттів знайшов широке застосування в різних областях промисловості. Значне використання цього можливостей методу досягається застосуванням спеціальних порошкових електродних дротів (ПД) для напилення, які дозволяють підвищити адгезійну міцність, твердість, зносостійкість, триботехнічні і антикорозійні властивості покриттів до рівня плазмових покриттів, але при набагато менших затратах [1-3]. Однак недостатня вивченість процесів формування покриттів із порошкових дротів та їх впливу на структурно-фазовий склад і механічні характеристики стримує їх використання, звужуючи можливості метода електродугового напилення [3, 4]. В даній роботі досліджено впливу складу шихти на властивості покриттів із ПД.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Метод електродугового напилення (ЕДН рис.1) є найбільш технологічним й у 3-5 разів дешевшим відносно інших методів та не потребує дороговартісного обладнання [5-7].

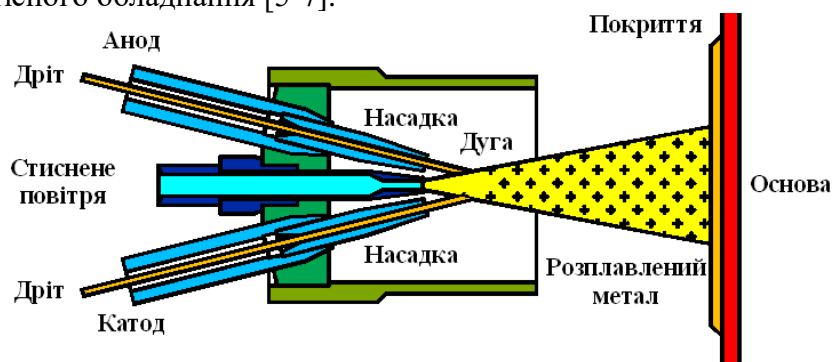
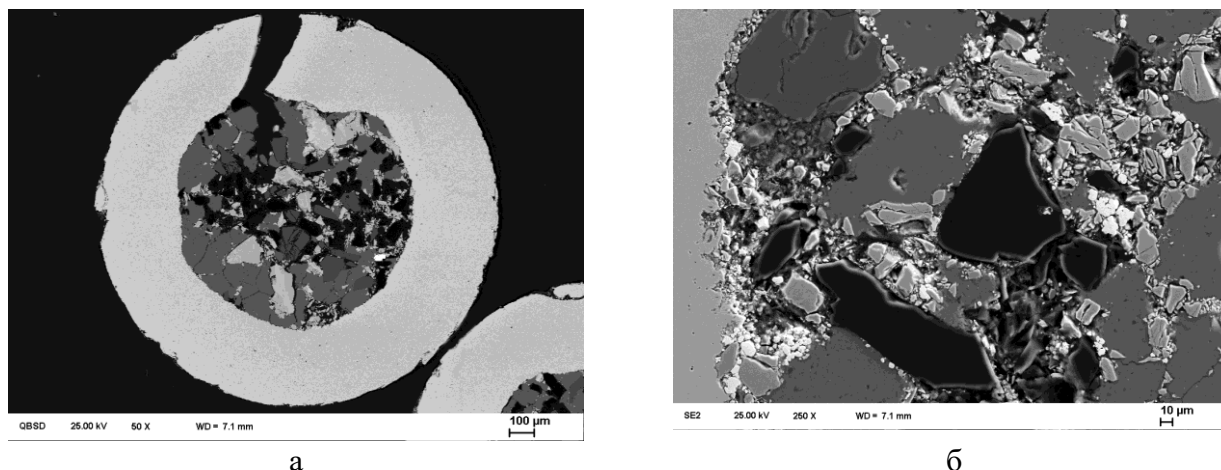


Рисунок 1 - Типова схема формування електродугових покриттів

Спеціальні порошкові дроти (ПД рис. 2) для ЕДН із екзотермічною шихтою забезпечили отримання зносостійких покриттів із твердістю до 12 ГПа, міцністю зчеплення із сталлюю та алюмінієвою основою до 50 МПа, абразивною зносостійкістю на рівні сталі із твердістю 9 ГПа та товщиною до 5 мм [8, 9].

Використання надзвукового повітряного струменю підвищило ці характеристики ще на 20-30 % [7-10]. Застосування ПД із екзотермічною шихтою зумовлює підвищення температури розпиленних краплин на дистанції напилення покриттів та формування боридів і карбідів, які необхідні у їх структурі для забезпечення високої зносостійкості.



а

б

Рисунок 2 - Структура порошкових дротів із шихтою Cr+V₄C+Al за різного збільшення (поперечне січення ПД). Чорні зерна – карбід бору

Постановка завдання. Метою дослідження є вибір оптимального складу порошкових дротів шляхом аналіз екзотермічних реакцій в процесі напилення.

Об'єкт дослідження: процес формування термодинамічних умов при спрацювання та послідуочого зміцнення поверхонь лемішів відвальних плугів.

Предмет дослідження: залежності характеристик ЕДП від термодинамічних процесів і реакцій при ЕДН ПД.

Виклад основного матеріалу. В даній роботі проведено термодинамічний аналіз екзотермічних реакцій, які відбуваються в процесі ЕДН покриттів за використання ПД із шихтою Cr+V₄C+Al, Ti+V₄C+Al та V+V₄C+Al.

В процесі напилення покриттів відбуваються реакції окиснення компонентів шихти із виділення великої кількості теплової енергії табл. 1. Як свідчить спектральний аналіз ЕДН покриттів кількість кисню у них коливається від 12% мас. (без алюмінію у складі ПД) до 2% мас. (при наявності алюмінію у ПД). Реакції окиснення краплин на дистанції напилення покриттів є небажані, так як це формує між ламелярні оксидні прошарки і внаслідок цього зменшується когезія покриттів. Найбільше теплової енергії при ЕДН виділяється при окисненні алюмінію, трохи менше – титану та ванадію і значно менше заліза. Як свідчать експериментальні дані в процесі напилення покриттів із ПД краплини алюмінію та хрому або краплини сплавів легованих алюмінієм та хромом швидко покриваються щільною оксидною плівкою із оксиду алюмінію та оксиду хрому. Тому значно зменшується кількість оксидної фази. В той же час титан та ванадій інтенсивно реагують із киснем повітря з утворенням рихлих оксидів. Це може привести до відшарування оксидної плівки або швидкого випаровування рідких оксидів, що зумовлює значні втрати титану або ванадію в процесі напилення покриттів. Тому при формуванні ПД із шихтою на основі титану або ванадію необхідно до неї додавати порошок алюмінію. Це зменшить втрати ванадію, внаслідок утворення легованих оксидів Al₂O₃ на поверхні розплавлених краплин в процесі напилення покриттів із ПД.

Таблиця 1 - Ентальпія реакцій окиснення

Реакція окислення	Ентальпія ΔH_{298}° , кДж/г шихти ПД
$2Al + 2/3 O_2 = Al_2O_3$	16,6
$Ti + O_2 = TiO_2$	11,6
$2V + 2/5 O_2 = V_2O_5$	10,5
$2Fe + 2/3 O_2 = Fe_2O_3$	5,1

В процесі ЕДН покриттів із ПД, що містять шихту Cr+V₄C, Ti+V₄C, та V+V₄C у розпилених краплинах на дистанції напилення відбуваються екзотермічні реакції із утворенням карбідів та боридів табл. 2. В процесі взаємодії титану та ванадію із карбідом бору виділяється втричі більше теплоти ніж при взаємодії хрому із карбідом бору:

Таблиця 2 - Ентальпія реакцій окиснення

Реакції утворення карбідів та боридів	Ентальпія ΔH_{298}° , кДж/г шихти ПД
$7Cr + 2V_4C = 4CrB_2 + Cr_3C_2$	1,1
$3Ti + V_4C = 2TiB_2 + TiC$	3,4
$3V + V_4C = 2VB_2 + VC$	3,1

Термодинамічний аналіз показує, що в процесі ЕДН покриттів найбільш імовірними реакціями будуть окиснення алюмінію, титану та ванадію. Імовірність реакцій взаємодії титану із карбідом бору є суттєво вищою ніж та ванадію, хрому та заліза із карбідом бору табл.3 [3].

Таблиця 3 - Енергія Гіббса реакцій взаємодії заліза, ванадію, хрому та титану із карбідом бору в процесі ЕДН на дистанції напилення покриттів

Рівняння реакції	ΔG_{800}° , кДж/моль Ме	ΔG_{1200}° , кДж/моль Ме
$Fe + 1/7 V_4C = 4/7 FeB + 1/7 Fe_3C$	-54,2	-42,4
$Cr + 2/7 V_4C = 4/7 CrB_2 + 1/7 Cr_3C_2$	-75,4	-67,8
$5V + V_4C = 4VB_2 + VC$	-68,3	-57,4,2
$Ti + 1/3 V_4C = 2/3 TiB_2 + 1/3 TiC$	-223,1	-218,1
$Cr + 3/4 O_2 = 1/2 Cr_2O_3$	-463,3	-414,1
$Al + 3/4 O_2 = 1/2 Al_2O_3$	-706,9	-637,9
$Ti + O_2 = TiO_2$	-425,1	-387,8

В процесі ЕДН екзотермічні реакції, які відбуваються між компонентами шихти дроту суттєво підвищують температуру краплин. Так при ЕДН покриттів із суцільного дроту Св08А температура краплин заміряна калометричним способом становила 1650⁰С на дистанції напилення 120 мм. Температура краплин розпилених з ПД із шихтою Cr + V₄C + Al становила 2000⁰С. Суттєво вища температура краплин 2200⁰С зафіксована для краплин з ПД із шихтою Ti + V₄C + Al та V + V₄C + Al.

Висновки.

1. В процесі ЕДН покриттів із ПД, що містять шихту Cr+V₄C, Ti+V₄C, та V+V₄C у розпилених краплинах на дистанції напилення відбуваються екзотермічні реакції із утворенням карбідів та боридів.

2. В процесі ЕДН покриттів найбільш імовірними реакціями будуть окиснення алюмінію, титану та ванадію. Імовірність реакцій взаємодії титану із карбідом бору є суттєво вищою ніж та ванадію, хрому та заліза із карбідом бору

3. В процесі ЕДН екзотермічні реакції, які відбуваються між компонентами шихти дроту суттєво підвищують температуру краплин. Температура краплин розпилених з ПД із шихтою Cr + V₄C + Al становила 2000⁰С. Вища температура краплин 2200⁰С зафіксована для краплин з ПД із шихтою Ti + V₄C + Al та V + V₄C + Al, при цьому при ЕДН суцільного дроту Св08А температура краплин становила 1650⁰С.

Список літератури

- Газотермічні покриття, Г.В. Похмурська, М.М. Студент, В.І. Похмурський, навчальний посібник, Львів 2017, ТзОВ «Простір-М», 179 с.

2. Hvozdetzkyi V.M., Student O.Z., Student M.M., Pokhreluyuk I.M., Zadorozna Kh.R., Lukyanenko A.G. Physicomechanical properties of arc sprayed coating formed in supersonic mode. *Materials Science*. 2024. Vol. 60, Is. 2. P. 189–197. Sichen, D. Standard gibbs energies of formation of the carbides of vanadium by emf measurements. *Metall Trans B* 21, 313–320 (1990).
3. Abrasive Wear Resistance and Tribological Characteristics of Electrometallized Composite Coatings / Student, M.M., Markovych, S.I., Hvozdetzkyi, V.M., Kalakhan, O.S., Yuskiv, V.M. // *Materials Science*, 2022, 58(1), pp. 96–104.
4. Вплив діаметра електродних порошкових дротів на механічні характеристики електродугових покриттів / Студент М.М. та ін. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2020. Вип. 3(34). С. 32-44.
5. Абразивна зносостійкість та трибологічні характеристики електрометалізаційних композиційних покриттів / М.М. Студент та ін. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2022. № 1. С. 90-97.
6. Гвоздецький В. М., Студент М. М., Задорожна Х. Р., Веселівська Г. Г., Маркович С. І., Мозола Н. З. Механічні характеристики електродугових покриттів, напилених на підкладки зі сталі Ст3 та алюмінієвого сплаву Д16. *Фізико-хімічна механіка матеріалів*. 2025. Т. 61, № 2. С. 14-22.
7. The effect of increasing the air flow pressure on the properties of coatings during the arc spraying of cored wires./ Student Mykhailo, Gvozdetsky Volodymyr, Student Oleksandra, Prentkovskis Olegas, Maruschak Pavlo, Olenyuk Olena, Titova Liudmyla. *Strojnícky časopis - Journal of Mechanical Engineering* 69(4):133-146 December 2019
8. Маркович С.І. Дослідження зв'язку зносостійкості з фізико-механічними властивостями покриттів, нанесених електродуговим напиленням різнорідних дротів // *Проблеми тертя та зношування*. – Київ, 2007. - №46. С. 16-18.
9. Багатофункціональні електродугові покриття : монографія / М. М. Студент, Г. В. Похмурська, В. М. Гвоздецький [та ін.]. - Львів : Простір-М, 2018. - 335 с
10. Arc-sprayed iron-based coatings for erosion-corrosion protection of boiler tubes at elevated temperatures / Pokhmurskyi V. I. et al. *Journal of Thermal Spray Technology*. 2013. Vol. 22. P. 34-41

УДК 629.33:519.87

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБИ У ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАДАНОГО РІВНЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ

С.Ю. Тищенко, асп.,

А.В. Гриньків, ст. дослідник, канд. техн. наук,

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,

І.В. Жилова, асп.,

Д.В. Папуша, ст. гр. ТТ-24М,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Прогнозування динаміки просування легкових автомобілів, на основі обраної для проведення цих досліджень марки Renault на території України дозволяє провести повну оцінку потенційного потоку усунення відмов та несправностей, а також відновлення працездатності транспортних засобів (ТЗ). При прогнозуванні враховуються параметри експлуатаційної інтенсивності для ТЗ, а також показники, що характеризують їхню працездатність, що дозволяє визначити потребу СТО у вузлах, агрегатах та деталях, для нових або вже існуючих підприємств. Слід зазначити, що необхідно прийняти до уваги і фактори зовнішнього середовища, пов'язані з економічною обстановкою, перспективністю її зміни та потенціалу системи постачання запасних частин (ЗЧ) у реаліях ринку автосервісних послуг. Окрема увага має приділятися структурним особливостям споживчих послуг, спрямованих на відновлення та підтримку транспортних засобів у технічно справному (працездатному) з урахуванням конкурентної обстановки, що склалася, і у відповідність до законодавчих баз. Одночасно під час вирішення завдань прогнозування потреби у ЗЧ, ділову активність дилерських СТО і дистриб'юторських систем постачання ЗЧ у мережу СТО. Необхідно також враховувати оптимальну потребу у ЗЧ лише на рівні одиничного автомобіля, експлуатованого у конкретних умовах з варіативною інтенсивністю експлуатації.

З цією метою *на першому етапі* необхідне відпрацювання моделей та методик оптимізації потреби в елементах легкових автомобілів для забезпечення заданого рівня їх працездатності з подальшим переходом на вирішення завдань *другого етапу*, що передбачає розробку методики прогнозування потреби в частинах для легкових автомобілів з урахуванням їх просування в районах ділової активності підприємства.

Відомо, що механізми теорії надійності, що є різними законами розподілу (функції класу Пойя другого порядку (F_2), нормальні, експоненційні закони розподілу, а також Вейбулла і гамма-розподілу та ін.) дозволяють описати несправності вузлів і агрегатів ТЗ, та їх напрацювання на відмову з метою вирішення наукових та практичних завдань у галузі технічної експлуатації автомобілів, у тому числі й завдань, орієнтованих на оптимізацію потреби в елементах легкових автомобілів для забезпечення заданого рівня їхньої працездатності.

Варто також зазначити, що ряд несправностей описуються за допомогою моделей розподілу напрацювань на відмову слабкої ланки. Такі несправності викликають порушення працездатного стану всієї системи загалом. У таких моделях розглядається час досягнення граничного стану системи (автомобіля) як розподілення відповідних мінімальних значень напрацювань окремих елементів (агрегатів, вузлів тощо). При цьому закономірності розподілу напрацювань на відмову аналізованих елементів досить добре описується

розподілом Вейбулла-Гнеденко.

Разом з тим необхідно мати на увазі, що при відповідних значеннях параметрів розподілу Вейбулла-Гнеденко аналітично, шляхом відповідних перетворень, можна виразити через інші закономірності розподілу випадкових величин, а саме через експоненційний, нормальний, логарифмічно-нормальний, Гамма-розподіл і т.д. Враховуючи, що Гамма-розподіл займає важливе місце в теорії надійності і широко застосовується при описі одновершинних несиметричних розподілів напрацювань до появи подій, за умови, що вони незалежні, то для вирішення завдань оптимізації потреби в елементах легкових автомобілів. З метою забезпечення заданого рівня їх працездатності, можна успішно скористатися даним розподілом, який добре описує розподіл напрацювань елементів на відмови, потоки вимог на обслуговування та ремонт, а також забезпечує отримання оцінок попиту на ЗЧ у процесі експлуатації легкових автомобілей.

Застосування Гамма-розподілів для опису закономірностей зміни ймовірнісних характеристик, надійності елементів легкових автомобілів (диференціальних та інтегральних функцій безвідмовності та виникнення відмов) може широко використовуватися в завданнях матеріально-технічного забезпечення дистриб'юторськими системами дилерських автосервісних підприємств при виробництві ТО.

Виконання перетворення параметрів розподілу Вейбулла через параметри Гамма-розподілу, використовуються в подальшому для вирішення зазначеної задачі оптимізації потреби в елементах легкових автомобілів в процесі їх експлуатації.

При вирішуванні практичних завдань виявлення потоку витрат ЗЧ (елементів легкових автомобілів) і оптимізації їх запасів в системах матеріально-технічного забезпечення (МТЗ) можливий перехід через взаємозв'язок параметрів від опису напрацювань на відмови елементів у вигляді переходу від розподілу Вейбула до Гамма-розподілу. В той же час необхідно мати на увазі, що Гамма-розподіл є частковим випадком розподіла Ерланга k -го порядку з диференційною функцією розподілу.

При виявленні та прогнозуванні потоків відмов розглядається простий процес відновлення - вимога рівності закономірності розподілів ймовірностей на першу та наступні відмови.

Тоді, згідно для провідної функції потоку відмов елементів легкових автомобілів на інтервалі пробігу L можна записати:

$$\Omega_n(L) = \sum_{n=1}^{\infty} [1 - \sum_{k=0}^n \frac{(\lambda L)^k}{k!} \cdot \exp(-\lambda L)] , \quad (1)$$

де $\eta = n$ (приймає цілі значення).

У функції необхідно врахувати верхню межу підсумовування інтегральної функції розподілу $F(L)$ напрацювань відмови. Маючи середній термін служби елемента T у роках (та значення середніх річних пробігів ТЗ \bar{L}_r , можна попередньо визначити верхню межу підсумовування за умови:

$$N = \frac{\bar{L}_r \cdot T}{L} , \quad (2)$$

де \bar{L}_r - математичне очікування річного пробігу легкових автомобілів, яке для подальшої оцінки діапазону нижніх та верхніх довірчих межнабуває значення:

$$\bar{L}_r^* = \begin{cases} \bar{L}_{r(y)}^H \\ \bar{L}_r \\ \bar{L}_{r(y)}^B \end{cases}, \quad (3)$$

де $\bar{L}_{r(y)}^H$ - нижня довірча межа середнього річного пробігу для заданої довірчої ймовірності y ;

\bar{L}_r - оцінка (математичне очікування) середньорічного пробігу;

$\bar{L}_{r(y)}^B$ - верхня довірча межа середнього річного пробігу для заданої довірчої ймовірності y

Значення провідної функції потоку відмов (тобто середня кількість відмов на пробігу L з урахуванням заданих ймовірностей a відсутності простоїв через брак запасних частин дозволяє оцінити необхідні норми запасу запасних частин B_a , яке визначається за умови:

$$\alpha = \text{вер} (m \leq B_a) \quad (4)$$

де m - число елементів, що відмовили даного типу, що визначається за аналізований період (або пробіг), m приймає значення $\Omega_\eta(L)$.

Для норми витрати запасних частин випадкове напрацювання елемента до повної витрати визначається за умови:

$$L_\Sigma = \sum_{i=1}^{B_{a+1}} L_i \quad (5)$$

При цьому математичне очікування L_Σ та середнє квадратичне відхилення σ_Σ напрацювання визначається з виразів виду:

$$\begin{cases} \bar{L}_\Sigma = (B_{a+1}) * \bar{L} \\ \sigma_\Sigma = (B_{a+1}) * \sigma^2(L) \end{cases} \quad (6)$$

Ймовірність q простою легкових автомобілів може бути визначена на основі використання нормованої функції розподілу F_0 , тобто.

$$q = F_0 * \left(\frac{L_\Sigma^* - \bar{L}_\Sigma}{\sigma_\Sigma} \right) = F_0(u_q) \quad (7)$$

де L_Σ^* - довільна величина напрацювання до повного витрати елемента (приймає значення $L_\Sigma = \sum_{i=1}^{B_{a+1}} L_i$);

u_q - квантиль нормального розподілу;

F_0 - нормована функція розподілу;

a - ймовірність відсутності простою легкових автомобілів через брак ЗЧ на першу вимогу.

$Q = 1 - a$ - ймовірність простою легкових автомобілів через відсутність ЗЧ при зверненні легкових автомобілів на відновлення його працездатності.

Після перетворень для B_a виступаючого в якості середнього запасу елемента легкових автомобілів, що розглядається, остаточно для B_a (норми витрати запасних частин) можна записати:

$$B_a = B_a(L) = \Omega_\eta(L) - 1 + 0,5u_\alpha^2 * V^2(L) + \sqrt{\Omega_\eta(L) * u_\alpha^2 * V^2(L) + 0,25u_\alpha^4 * V^4(L)} \quad (8)$$

Графічна ілюстрація зміни $B_a(L)$ в залежності від зміни накопиченого пробігу L для різних значень ймовірності відсутності простою, що задається, a представлена на рис. 1.

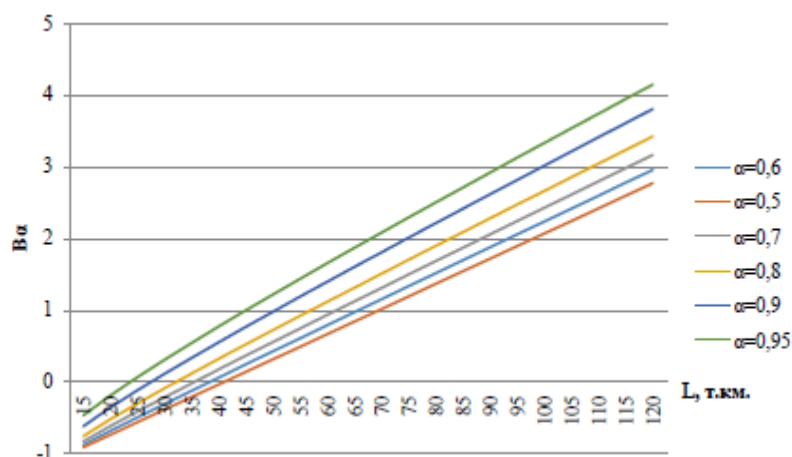


Рисунок 1 - Зміна $B_\alpha(L)$ залежно від зміни накопиченого пробігу L для різних значень ймовірності відсутності простою a

На рисунку 2 в графічному вигляді представлено зміну загальної витрати запасних частин $W_\alpha(L_i)$ в залежності від зміни накопиченого пробігу L для різних значень ймовірності відсутності простою a легкових автомобілів.

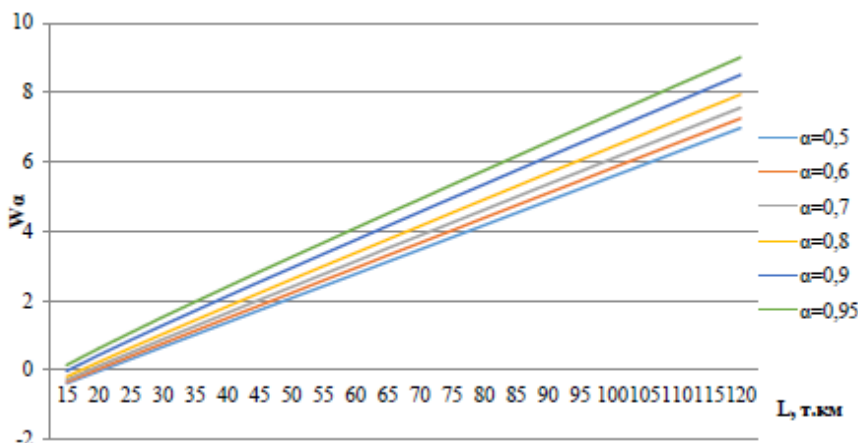


Рисунок 2 - Зміна загальної витрати запасних частин $W_\alpha(L_i)$ в залежності від зміни накопиченого пробігу L для різних значень ймовірності відсутності простою a легкових автомобілів

Норма витрати ЗЧ і витрати на них для розглянутих інтервалів пробігу $\Delta L = L_{i+1} - L_i$ з урахуванням заданих ймовірностей a відсутності простоїв АТС визначаються з виразів:

$$W_\alpha(\Delta L) = [B_\alpha(L_{i+1}) - B_\alpha(L_i)] + \left[\frac{L_{i+1} - L_i}{L_i^\alpha} \right], \quad (9)$$

$$S_\alpha(\Delta L) = \bar{S}_{з.ч.} * W_\alpha(\Delta L) = \bar{S}_{з.ч.} * \left\{ [B_\alpha(L_{i+1}) - B_\alpha(L_i)] + \left[\frac{L_{i+1} - L_i}{L_i^\alpha} \right] \right\} \quad (10)$$

Реалізація вище представленої моделі дозволяє підійти до розробки методики прогнозування потреби в частинах для легкових автомобілів з урахуванням їхнього просування в районах ділової активності.

Для приватних власників легкових автомобілів при вхідних параметрах, що відбивають середній час простою легкових автомобілів у ремонті, втрати клієнта протягом дня внаслідок простою легкових автомобілів у ремонті виявляються значення оптимальних ймовірностей a відсутності простоїв легкових автомобілів згідно з оптимізаційними функціями $\bar{S}_{\alpha пр.вл.}(\Delta L)$ загальних середніх втрат для дистриб'ютора та приватного власника.

Вирішення даної оптимізаційної задачі дозволяє, для розглянутого (або заданого)

інтервалу пробігу легкових автомобілів рівного ΔL , виявити оптимальне значення загальних витрат $W_{\alpha}(\Delta L) = [B_{\alpha}(L_{i+1}) - B_{\alpha}(L_i)] + \left[\frac{L_{i+1} - L_i}{L_{\alpha}^*} \right]$ елементів автомобілю. Враховуючи, що замовлення на ЗЧ зазвичай здійснюються помісячно, то в якості інтервалу пробігу легкових автомобілів ΔL , що розглядається, може виступати його місячний пробіг L міс.

Таким чином, практична реалізація поставлених завдань у цій роботі передбачає застосування надалі розроблених математичних моделей. Це дозволяє, на основі отримання, обробки та використання необхідної вихідної інформації, підійти до відпрацювання кінцевого завдання цього дослідження, спрямованого на визначення потенційних потужностей дистриб'юторських систем постачання ЗЧ для автосервісних виробництв, з урахуванням інтенсивності експлуатації легкових автомобілів та прогнозування їхнього просування у районах ділової активності дилерських мереж СТО.

Список використаних джерел

1. Lavrukhin O., Kovalov A., Kulova D. Technological and economic estimation of efficiency of a route choice for transportation of dangerous goods. SHS Web of Conferences. 2019. Vol. 67. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196702005>
2. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
3. Кульова Д.О., Магопець С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
4. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271)
6. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
7. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
8. Wei L., Zheng X., Li Y., Li X., Liu L. Research on the impact effect of multimodal transport on domestic and international dual circulation: Evidence from China's railway and water transport. PLoS ONE. 2025. Vol. 20, Issue 4. Article e0319982. P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319982>
9. Zhang Z., Jin J., Li S., Han Z., Wu Z., Xu X., Li Y., Peng T. Research review and development trend analysis of grain multimodal transport with a special emphasis upon China. Agriculture. 2026. Vol. 16. Article 592. P. 1-35. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture16050592>
10. Uddin M. M., Huynh N. Routing model for multicommodity freight in an intermodal network under disruptions. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2016. No. 2548. P. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.3141/2548-09>
11. Jayant, Arvind, Mohammed Azhar, and Priya Singh. "Interpretive structural modeling (ISM) approach: a state of the art literature review." Int. J. Res. Mech. Eng. Technol 5.1 (2015): 15-21. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1240/1/012010>
12. United Nations Conference on a Convention on International Multimodal Transport : Final Act and Convention on International Multimodal Transport of Goods. – New York : United Nations, 1981. Vol. 1. 16 p.

УДК 631.436.038

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ЛЕМІШІВ ПЛУГІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІЦНЕННЯ

В.В. Дяченко, здобувач гр. ТС – 24М;

С.І. Маркович, доц., канд. техн. наук;

О.В. Бевз, доц., канд. техн. наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Постановка проблеми. Сучасне рослинництво має високу енергоємність, що має тенденцію до швидкого зростання. У рослинництві витрачається до 80 % усіх енергетичних витрат у сільському господарстві. Основні витрати (до 40 %) припадають на ґрунтообробку, так як для підтримки високої родючості ґрунту як основного засобу виробництва культурних рослин потрібно виконувати ряд технологічних операцій, пов'язаних зі структуруванням родючого шару [1, 2]. Найбільш енергоємними є операції основної обробки ґрунту які характеризуються високими динамічними та силовими навантаженнями на робочі органи, що суттєво впливає на їхній ресурс. Високі навантаження на робочі органи в сукупності з високим процентним вмістом абразивних частинок у ґрунтах критично знижують ресурс робочих органів [3]. Актуальність проблеми підвищення довговічності робочих органів ґрунтообробних знарядь зростає з кожним роком у зв'язку з безперервно зростаючою швидкістю виконання операцій, продуктивністю та інтенсивністю експлуатації машинно-тракторних агрегатів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В якості технологічних методів зміцнення найчастіше використовують наплавлення: ручне газове твердими сплавами; дугове порошковою стрічкою; багатоелектродне електрошлакове; плазмове; індукційне та інші [3, 4].

При цьому сучасні дослідження показують, що напруження на відмову лемішів відвальних плугів і долот чизельних плугів індукційним наплавленням при сучасному рівні інтенсифікації є явно недостатнім, що відкриває широкі перспективи для подальших досліджень і технологічних розробок.

Технологія наплавлення повинна забезпечувати рівномірність шару твердого сплаву по товщині і властивостям (зносостійкість, міцність), рівномірність розподілення пор і тріщин, що переходять із твердого сплаву в основний метал. Наплавлення твердих сплавів при нагріванні струмами високої частоти має ряд переваг перед іншими методами: високу продуктивність процесу; достатню якість наплавленого шару по хімічному складі, щільності, структурній однорідності і шорсткості поверхні; можливість одержання тонких шарів наплавленого металу (до 0,3 мм) [5].

Застосовувані для індукційного наплавлення сплави повинні мати мінімальну магнітну проникність і температуру плавлення на 150...200°C нижче температури плавлення основного металу. До таких сплавів відносяться сормайт №1 у виді гранульованого порошку (ПГ-С27), ФБХ-6-2, псевдосплави типу ПС із високими наплавочними властивостями і зносостійкістю [6, 7].

Поряд з перевагами спосіб індукційного наплавлення має також і недоліки. Об'ємний термічний вплив на РЕ РОГМ може викликати знеміцнення матеріалу основи. Спосіб не дає можливості зміцнювати локальні ділянки деталей, що піддаються найбільшому зношуванню, а отже геометричні параметри деталей в процесі зношування будуть змінюватися. Номенклатура зміцнюваних деталей в основному залежить від геометричної конфігурації індукторів. Крім того слід зазначити високу енергоємність індукційного наплавлення [8].

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є розробка ефективної технології зміцнення ріжучих поверхонь лемішів для підвищення ресурсу відвальних плугів.

Об'єкт дослідження: процес спрацювання та послідуочого зміцнення поверхонь лемішів відвальних плугів.

Предмет дослідження: залежності ресурсу відновлених лемішів від властивостей наплавлених шарів.

Задачі дослідження:

1. Експериментально дослідити вплив індукційного наплавлення на властивості поверхневих шарів матеріалів та виявити умови отримання ефекту самозагострювання.

2. Дослідити вплив процесу формування геометрії лемішів відвальних плугів на величину тягового опору ґрунтообробних агрегатів

3. Провести стендові та експлуатаційні випробування деталей лемішів відвальних плугів, зміцнених індукційним наплавленням.

Виклад основного матеріалу. В якості експериментального устаткування для нанесення зміцнюючого покриття вибрано пристрій для індукційного нагрівання серії «ЕЛСІТ» з силовим блоком перетворювача частоти (СБП), трансформаторним блоком з резонансними конденсаторами (ТБ), засобом індукційного нагріву, модулем охолодження (рис. 1). Програмне забезпечення ґрунтується на протоколі MODBUS, що дає можливість у будь-який момент часу отримувати необхідні відомості про стан обладнання та керувати роботою установки на відстані. Пристрій було оснащено кільцевим водоохолоджувальним наплавним індуктором, котрий модифікувався під конкретні дослідницькі та технологічні задачі.

В якості основи для наплавлювальної шихти вибрано порошковий сплав на основі заліза (ГОСТ 21448- 75) марки ПР-У50Х38Н2С2Г2 (ПГ-УС25), хімічний склад якого відображено в таблиці 1. Порошкова шихта для індукційної наплавки є сумішшю металевих порошків із флюсом. У шихті міститься 82...85 % (за масою) металевого порошку, інше - флюс. Для індукційного наплавлення найбільш широко застосовують флюси, що представляють суміш бури та борного ангідриду (борної кислоти) та інших компонентів.

Загальний склад шихти для індукційного наплавлення лемішів плугів та призначення кожного компоненту відображено в таблиці 2.

Таблиця 1 - Хімічний склад металевого порошку для індукційного наплавлення та твердість напавленого шару

Марка (умовне найменування)	Масова частка елементів, %								Твердість HRC ₃
	C	Mn	Si	Cr	Ni	W	V	Mo	
ПР-У50Х38Н2С2Г2 (ПГ-УС25)	5,0	2,5	2,0	38,0	1,5	-	-	-	53...56

Таблиця 2. Загальний склад шихти для індукційного наплавлення лемішів плугів

Назва компоненту	Призначення	Масова частка, %
ПР-У50Х38Н2С2Г2 (ПГ-УС25)	Для індукційного наплавлення	82
Бура Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	Покращення розтікаємості розплаву	3,6
Борний ангідрид В ₂ О ₃		5,2
Силікокальцій СК 30 ГОСТ 14858.6-91	Для поліпшення розкислення	1,8
Зварювальний флюс АН-348	Для відокремлення шлакової кірки	7,4
Меляса технічна	Як зв'язуючи елемент компонентів шихти	1/10 від маси шихти

Проведено дослідження мікроструктури покриття (рис. 1)

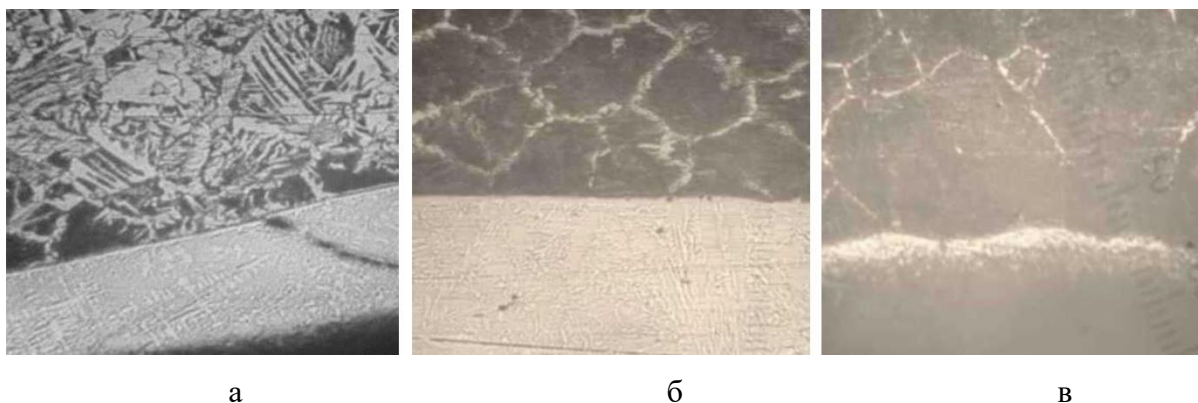


Рисунок 1 – Мікроструктура покриття: а – товщина 0,18; б – товщина 0,35, в – $\times 100$ та вигляд зони термічного впливу

Рентгенівський структурний аналіз показав, що основним карбідом в металевій основі є Cr_3C_2 , а також Cr_7C_3 , як плаковані, так і неплаковані нікелем. Розподіл концентрації хрому і нікелю по глибині зміцненого шару при індукційному наплавленні наведено на рис. 2

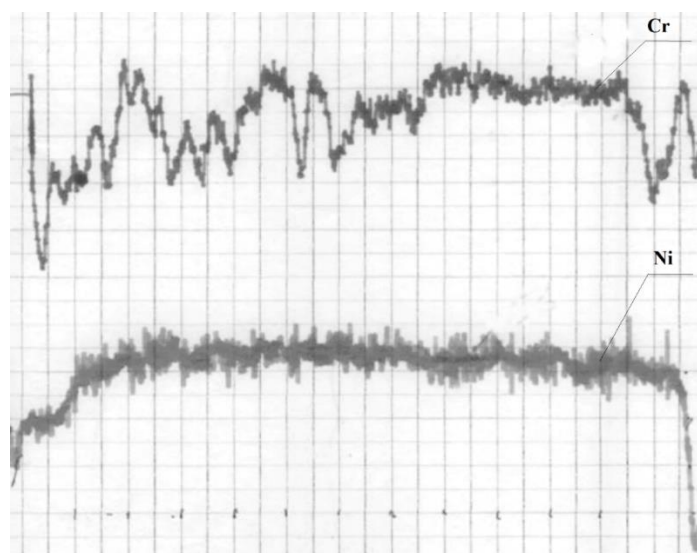


Рисунок 2 - Характерний розподіл хрому і нікелю в зоні індукційного наплавлення

Частинки цих карбідів рівномірно розподілені в оплавленій зоні. Крім цього в покритті є достатня кількість дрібних вторинних карбідів цементитного типу.

При вмісті в шихті до 6 % карбиду бору, крім зазначених вторинних карбідів в зоні оплавлення спостерігали утворення боридів заліза і хрому і складних боридів $(\text{Fe}, \text{Cr})_n\text{B}_m$.

Твердість наплавлених індукційним методом поверхонь визначали по шкалі Роквелла на приладі ТК-2М (ГОСТ 13407-67), а мікротвердість відносно глибини наплавлених індукційним методом шарів вимірювали на металографічних шліфах за допомогою приладу ПМТ-3 у відповідності з ГОСТ 9450-76. Результати випробувань відображено на рис 3.

Кількісний аналіз визначення об'ємної величини пористості здійснювали методом площ. В процесі дослідження застосовувався пристрій "Омнімет" (США) зі скануванням електронним променем у площині зображення. Результати відображено на рис4.

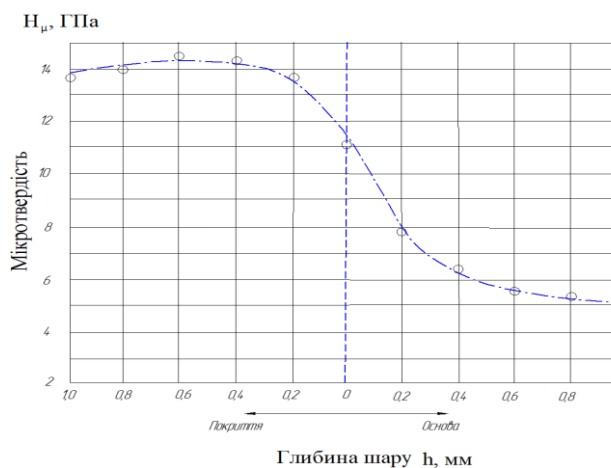


Рисунок 3 - Розподіл мікротвердості по глибині в покритті

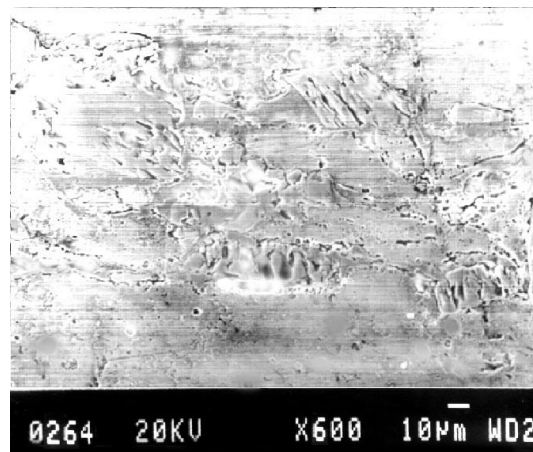


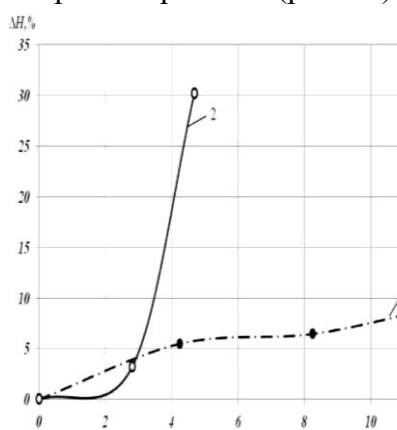
Рисунок 4 - Пористість шару покриття, отриманого при індукційному наплавленні

В роботі застосовано спосіб оцінки адгезійної міцності покриття на відрив. Результати випробувань відображено в табл. 3.

Таблиця 3 - Результати дослідження міцності зчеплення наплавлених шарів з основою при індукційному наплавленні

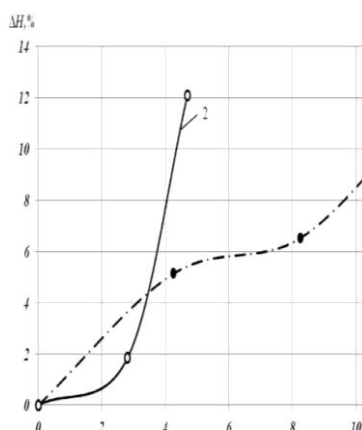
№ штифта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\bar{\sigma}_{зч}$, МПа
$\sigma_{зч}$, МПа	310	313	305	297	318	304	312	317	298	322	309,7

Порівняльні результати лінійних зносів лемішів, зміцнених термічною обробкою (стандартний леміш) та індукційним наплавленням порошком ПР-У50Х38Н2С2Г2 (рис. 5) в характерних перетинах (рис. 6а)



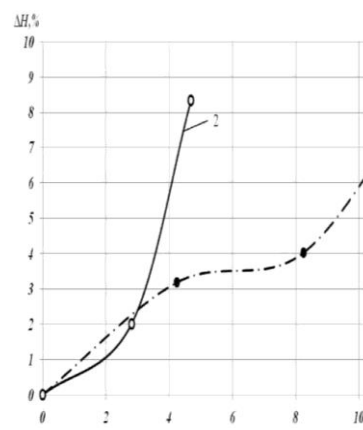
Напрацювання, га

I



Напрацювання, га

II



Напрацювання, га

III

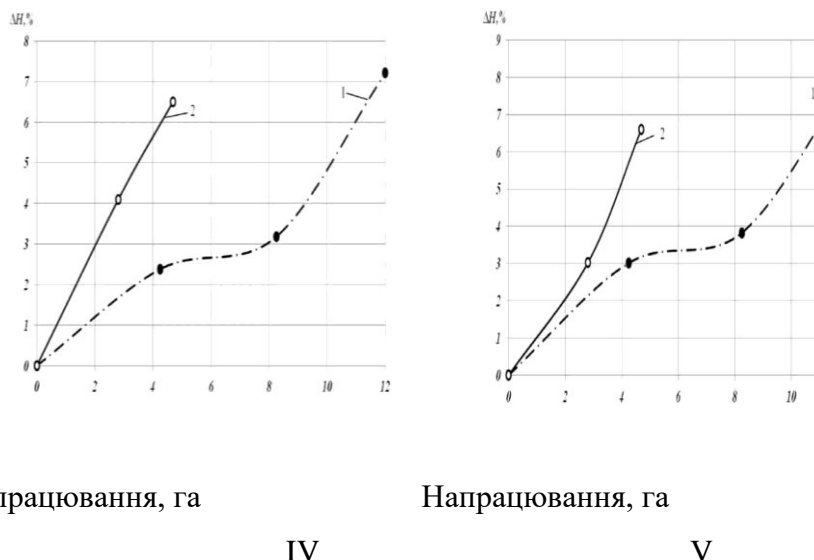


Рисунок 5 - Графіки лінійних зносів в перетинах I, II, III, IV, V (згідно рис. 6 а): 1 - динаміка зносу експериментального леміша ; 2 - динаміка зносу серійного леміша

Виходячи з поданих даних можна зробити однозначний висновок про значну перевагу ресурсомісткості експериментальних лемішів, зміцнених індукційним наплавленням.

Для оцінка зносу леза експериментального леміша для забезпечення ефекту самозаточування проведено детальний розгляд процесу та характеру зносу леза по кожній ділянці (рис. 6 а) В результаті було встановлено, що причиною втрати працездатності лемішів стало утворення на лезі потиличної фаски, внаслідок чого виникає виштовхувальна сила, яка, зрештою, призвела до самовиглиблення плуга. Основними параметрами потиличної фаски є ширина та кут її нахилу на дно борозни (рис. 6 б). У середньому леміш вибраковують при досягненні граничної ширини потиличної фаски при роботі на середніх грантах до 6...8 мм при куті нахилу 10°, а при роботі на важких ґрунтах - 3.4 мм при куті 20 °.

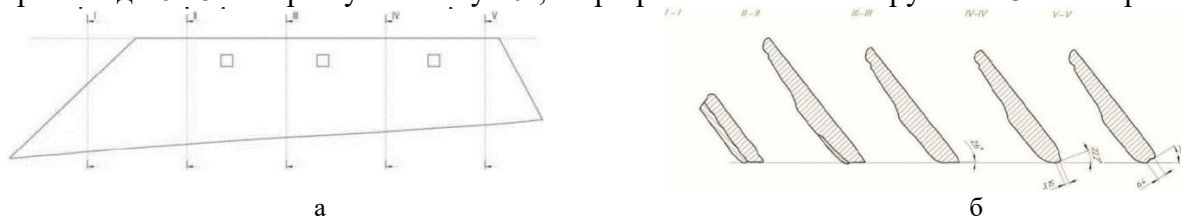


Рисунок 6 – Характерні перетини та геометрія спрацювання леза леміша по перетинам

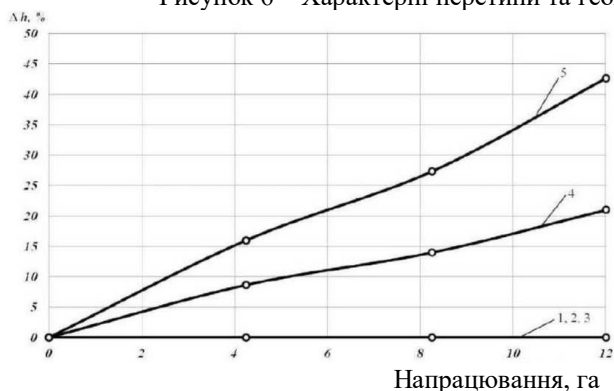


Рисунок 7 - Графік зміни ширини потиличної фаски щодо ширини леза : 1- перетин №1; 2 - перетин №2; 3 - перетин №3; 4 - перетин №4; 5 - перетин № 5

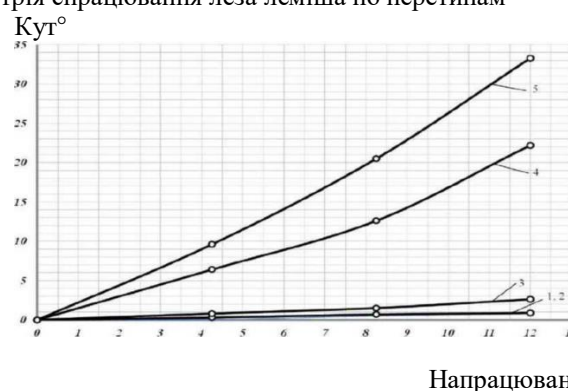


Рисунок 7 - Графік зміни кута нахилу потиличної фаски на дно борозни: 1- перетин №1; 2- перетин №2; 3-перетин №3; 4 перетин №4; 5-перетин №5

Висновки 1. Ресурс експериментальних лемішів практично втричі перевищує ресурс свого серійного аналога і становить 12 гектарів напрацювання на корпус, тоді як цей же показник у серійного леміша становить лише 4,7 гектарів.

2. Висока зносостійкість експериментального леміша в порівнянні з серійним підтверджується аналізом отриманих під час випробувань даних, що можна спостерігати за отриманими графіками зношування та втрати маси.

3. Леміші з наплавленими поверхнями, продемонстрували високу міцність найбільш навантаженої носової частини, таким чином досягнутий високий показник рівностійкості робочих зон, що збільшує ресурс і робить знос більш рівномірним протягом всього терміну експлуатації.

4. Причиною відмови експериментальних лемішів стало утворення та активний розвиток потиличної фаски на задній частині леза, а саме в перетинах № 4 і № 5, що призвело до виникнення штовхаючої сил і виглиблення плуга. Для збільшення ресурсу експериментальних лемішів проведено коригування технології наплавлення, спрямовану на досягнення ефекту самозагострення проблемних зон леза. Для забезпечення нормального протікання процесу самозагострювання деталей слід контролювати товщину зміцненого шару. Товщина зміцненого шару повинна бути у межах– 0,9...1,5 мм.

Список літератури

1. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. Друге видання, перероблене і доповнене / М.І.Черновол, В.Ю.Черкун, В.В.Аулін та ін. /За ред. М.І.Черновола – Кіровоград:КОД, 2010. - 320 с.
2. Черновол М.И. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственных машин. Киев УМК ВО 1989. - 256 с.
3. Маркович С.І. Системи сервісу аграрної техніки: навч. посіб. / С.І. Маркович, О.В. Бевз, М.В. Красота; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – 260 с.
4. Багатофункціональні електродугові покриття : монографія / М. М. Студент, Г. В. Похмурська, В. М. Гвоздецький [та ін.]. - Львів : Простір-М, 2018. - 335 с.
5. Abrasive Wear Resistance and Tribological Characteristics of Electrometallized Composite Coatings / Student, M.M., Markovych, S.I., Hvozdet'skyi, V.M., Kalakhan, O.S., Yuskiv, V.M. // Materials Science, 2022, 58(1), pp. 96–104.
6. Костін О.М. Зварювальні матеріали: навч. Посібник. – Миколаїв: НУК, 2004 – 225 с.

UDC 629.064:631.372:004.8

METHODOLOGY FOR SELECTING ROBUST VIBRODIAGNOSTIC MODELS UNDER DOMAIN SHIFT AND LABEL NOISE

O.O. Matviienko, *doctoral student,*

V.V. Aulin, *Prof., Dr. tech. sci,*

A.V. Hrynkiv, *Senior Researcher, PhD tech. sci,*

O.M. Livitskyi, *Senior Lecturer, PhD tech. sci*

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

Condition-based maintenance (CBM) in this work is considered as a practical foundation for improving the reliability of mobile machinery: maintenance decisions are made not only based on operating hours but on actual indicators of component degradation, identified from sensor signals and diagnostic models. A methodology is developed that allows linking the choice of model and training procedure to real data collection conditions—primarily to domain shift and label noise.

The source domain **S** is the dataset on which the model is trained, while the target domain **T** is the dataset on which the model is deployed. Domain shift means that operating modes, loads, speeds, sensors, mounting conditions, or test-bench vs. field conditions differ. As a result, model performance degrades when transferred, even if accuracy in **S** is high.

In applied diagnostics, it is reasonable to distinguish at least two “types” of shift: operational/condition shift (changes in load, rotational speed, gearbox or test-bench mode), and degradation-level shift, when the source data represent one “severity” of a defect and the target data represent another.

From an engineering perspective, these two types affect the model differently: operational/condition shift changes the “background” and the relative proportions of signal components, whereas degradation-level shift changes the manifestation of the defect itself. This is why domain adaptation and transfer learning methods are actively developed in the literature—they aim to align **S** and **T** without full relabeling.

Based on practical experience in vibrodiagnostics and a literature review, the following baseline families of solutions are considered:

1. Classical model based on engineered features: forming a set of time- and frequency-domain characteristics (statistical moments, band energies, spectral indices, etc.) and training a tree-based gradient boosting classifier (LightGBM). This approach is relatively robust to moderate label noise and provides a reproducible baseline quality with modest computational resources; an additional advantage is the ability to control/select features and interpret their contribution.

2. Ensembles/extended features (naive ensemble): increasing the dimensionality of the feature space (e.g., by combining feature groups or their interactions) and training a more “capacity-rich” model. The practical risk is increased sensitivity to labeling errors and feature-scale inconsistency, so normalization/standardization becomes mandatory (which aligns with reproducible pipeline requirements).

3. Two-stage robustification with pseudo-labeling: in the first step, a baseline “robust” model (typically feature-based) generates pseudo-labels for data with unreliable or missing labels. In the second step, a more expressive model (ensemble/hybrid) is trained on pseudo-labels filtered by confidence. This scheme is an engineering compromise between robustness (step 1) and the ability to capture complex patterns (step 2), but its effectiveness depends on pseudo-label quality.

4. Feature-level domain adaptation: when domain shift is significant, even “robust” classical models may degrade sharply. In such cases, simple and reproducible domain-alignment techniques (e.g., CORAL for covariance alignment) are appropriate, followed by model training on aligned features. In our work, this element is used as an engineering “minimum” for strong domain shift.

The proposed methodology is implemented as a decision matrix combining three groups of conditions:

- the nature of domain shift (type and severity: operational/condition shift or degradation-level shift; moderate or strong);
- labeling conditions (amount of labeled data, expected label-noise level);
- deployment constraints (possibility of validation under target conditions, reproducibility requirements, resource limitations).

In such situations, it is often more practical to focus on collecting a small “trusted” labeled subset in the target domain and/or on simpler, more controllable solutions.

The methodology is evaluated on two scenarios with controlled domain shift and injected label noise (symmetric random corruption of a portion of training labels). Macro-F1 is used as the primary metric, as it is informative for multiclass tasks and does not mask failures in individual classes.

Scenario A (moderate shift): CWRU, degradation-level shift.

This scenario uses the public CWRU (Case Western Reserve University Bearing Data Center) dataset. The source domain corresponds to a smaller bearing defect, and the target domain to a larger one (0.007" → 0.021"). Here, 0.007" and 0.021" denote the diameter of the artificially induced defect (in inches), used in CWRU to represent damage severity; thus, a moderate degradation-level shift is modeled. Three label-noise levels are considered: 15%, 20%, 25%. Compared approaches include: classical model (LightGBM on engineered features), naive ensemble, robustified ensemble with pseudo-labeling, and robustified approach with confidence-filtered pseudo-labels (threshold 0.85).

Scenario B (strong shift): SEU, cross-condition (20 Hz–0 V → 30 Hz–2 V).

A strong domain shift is modeled using the public SEU gearbox dataset [24] when transitioning between two operating modes (20 Hz–0 V → 30 Hz–2 V), where excitation dynamics and signal background change. The pairs 20–0 and 30–2 correspond to “rotational speed – load-control voltage” on the test bench: 20 Hz and 30 Hz are speed modes, while 0 V and 2 V are control voltages of the loading unit (defining load/torque), not vibration-sensor output. To reduce domain discrepancy, simple CORAL adaptation is applied to engineered features, after which the effect of 15%, 20%, 25% label noise is evaluated for the classical model and two ensemble strategies.

For strong domain shift, the results differ from Scenario A: the classical model on adapted features is the most stable and almost unaffected by increasing label noise, whereas ensemble approaches perform substantially worse. The two-stage robustification yields inconsistent effects: slight improvement over the naive ensemble at 15% noise and the largest improvement at 25% noise, but degradation at 20% noise. This confirms the practical conclusion of the decision matrix: under strong shift, it is advisable to start with a simpler, controlled model with domain adaptation, while complex ensemble strategies should be used cautiously.

Engineering conclusions across both scenarios:

- under moderate shift, robustified ensembles with pseudo-label quality control can provide significant gains under high label noise;
- under strong shift, the “safer” choice is a classical model with well-documented engineered features and simple domain adaptation;

– confidence-based filtering improves the stability of two-stage robustification but does not eliminate the need for properly organized data and validation under target conditions.

Список використаних джерел

1. Fesovets O., Strelko O., Berdnychenko Yu., Isaienko S., Pylypchuk O. Container Transportation by Rail Transport Within the Context of Ukraine's European Integration. Proceedings of 23rd International Scientific Conference «Transport Means 2019». 2019. P. 381–386.
2. Kulova D., Boyko M., Kosyakevych D. Assessment of Risk Factors and Improvement of Transportation Technology for Temperature-Sensitive Cargo in Refrigerated Containers. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2026. Issue 13(44), Part I. P. 1-10.
3. Lavrukhin O., Kovalov A., Schevchenko V., Kyman A., Kulova D. Construction of an integrated criterion for estimating the consequences of emergencies involving dangerous goods. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 2, Issue 3 (98). P. 25-31. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163442>
4. Lavrukhin O., Kovalov A., Kulova D. Technological and economic estimation of efficiency of a route choice for transportation of dangerous goods. SHS Web of Conferences. 2019. Vol. 67. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196702005>
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
6. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
7. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
8. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271)
9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
10. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
11. Wei L., Zheng X., Li Y., Li X., Liu L. Research on the impact effect of multimodal transport on domestic and international dual circulation: Evidence from China's railway and water transport. PLoS ONE. 2025. Vol. 20, Issue 4. Article e0319982. P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319982>
12. Zhang Z., Jin J., Li S., Han Z., Wu Z., Xu X., Li Y., Peng T. Research review and development trend analysis of grain multimodal transport with a special emphasis upon China. Agriculture. 2026. Vol. 16. Article 592. P. 1-35. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture16050592>
13. Uddin M. M., Huynh N. Routing model for multicommodity freight in an intermodal network under disruptions. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2016. No. 2548. P. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.3141/2548-09>
14. Jayant, Arvind, Mohammed Azhar, and Priya Singh. "Interpretive structural modeling (ISM) approach: a state of the art literature review." Int. J. Res. Mech. Eng. Technol 5.1 (2015): 15-21. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1240/1/012010>
15. United Nations Conference on a Convention on International Multimodal Transport : Final Act and Convention on International Multimodal Transport of Goods. – New York : United Nations, 1981. Vol. 1. 16 p.
16. Про мультимодальні перевезення : Закон України від 17.11.2021 р. № 1887-IX станом на 19 груд. 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text> (дата звернення: 10.03.2026).
17. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Terminology on Combined Transport. New York and Geneva: United Nations, 2000. 13 p.

УДК 631.436.038

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПЛУНЖЕРНИХ ПАР РОЗПОДІЛЬЧИХ ПАЛИВНИХ НАСОСІВ

В. С. Загребельний, здобувач гр. ТС – 24М;

А.А. Вербовий, здобувач гр. АТ – 25М;

С.І. Маркович, доц., канд. техн. наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Постановка проблеми. Техніко-економічні показники роботи дизельних двигунів суттєво залежать від технічного стану паливної апаратури, на частку якої припадає від 25 до 50 % відмов двигунів. Працездатність паливної апаратури, у свою чергу, визначається технічним станом прецизійних деталей, зокрема, плунжерних пар. Ефективність технічного обслуговування та ремонту машин значною мірою залежить від ступеня досконалості методів та засобів діагностування їх технічного стану.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки широкого поширення набули розподільні паливні насоси типу НД, що мають суттєві переваги перед рядними насосами за рахунок застосування меншої кількості плунжерних пар, зменшення числа деталей, габаритних розмірів та маси. Однак плунжерна пара такого насоса, подаючи паливо до кількох форсунок дизеля, зношується інтенсивніше, ніж плунжерна пара рядного насоса. На долю плунжерних пар припадає до 28 % основних дефектів насоса типу НД [1,2]. Контрольно-випробувальне обладнання цих пар серійно не випускається. Існуючі методи та засоби для визначення технічного стану ПП ПНРТ не повною мірою відповідають вимогам щодо точності оцінки, не враховують конструктивні особливості плунжерних пар розподільчих насосів, що ускладнює їх використання. Тому на ремонтних підприємствах вибраковується до 15,7 % плунжерних пар насосів типу НД, придатних до подальшої роботи. Крім того, на паливні насоси встановлюються плунжерні пари, що не забезпечують їх міжремонтний ресурс. В даний час ресурс відремонтованої паливної апаратури типу НД в 1,5-2 рази нижчий за ресурс відремонтованої паливної апаратури з насосами рядного типу [3].

В огляді літературних джерел проаналізовано основні методи діагностування плунжерних пар і встановлено, що наявні методи та засоби не мають достатньої точності, не враховують конструктивні особливості розподільчих плунжерних пар і не можуть бути використані для їх контролю без суттєвого доопрацювання. Найбільш перспективним є використання методу, заснованого на аналізі характеристики зміни тиску палива в паливопроводі. Таким чином, наукове обґрунтування критерію та розробка методу та засоби для достовірної оцінки технічного стану, що були в експлуатації, нових та відновлених ПП ПНРТ, має важливе народногосподарське значення.

Мета й завдання дослідження. Метою даної роботи є створення ефективного методу діагностування плунжерних пар паливних насосів розподільчого типу.

Об'єкт дослідження: процес діагностування плунжерних пар паливних насосів розподільчого типу.

Предмет дослідження: залежності структурного і діагностичного параметрів від технічного стану розподільчих плунжерних пар.

Задачі дослідження: Обґрунтувати структурний та діагностичний параметри технічного стану розподільчих плунжерних пар з визначенням їх граничних і допустимих значень та розробити метод і засіб діагностування.

Виклад основного матеріалу. Для проведення дослідження використовувався комплекс експериментальних пристроїв, комп'ютерних вимірювальних перетворювачів та приладів. Прискорені зносні випробування плунжерної пари проводилися на спеціально створеній установці, що включає стенд «МД-Мінор Агро», обладнаний пристроєм для автоматичної зміни частоти обертання валу приводу і баком для палива з абразивом. Дослідження процесу паливободачі проводилися на експериментальній установці, що включає стенд типу тензометричну установку УТСІ-ВТ-І2, магазин опорів P_i , шлейфовий осцилограф Н-І02 та вимірювальні перетворювачі.

Для виводу на дисплей використовувалися спеціально розроблені вимірювальні перетворювачі тиску тензометричного типу вхідного перерізу паливопроводу та вихідного перерізу паливопроводу, чутливим елементом яких є втулка з наклеєним активним дротяним тензорезистором R_1 та компенсаційним тензорезистором R_2 . Для калібрування каналу вимірювання тиску при записі осцилограм, а також при таруванні вимірювальних перетворювачів тиску використовувався прилад КІ-562 та зразкові манометри.

Проливання жиклера пристрою для визначення характеристики впорскування проводилося за допомогою спеціальної установки, створеної на базі дослідного зразка стенду КІ-625І. Гідралічна щільність плунжерних пар визначалася на приладі К І -759. Гальмівна установка включала балансиру машину типу МПБ-28/26 із ваговим пристроєм типу ВКМ-57.

Процес паливободачі контролювався за допомогою осцилограм (рис. 1)

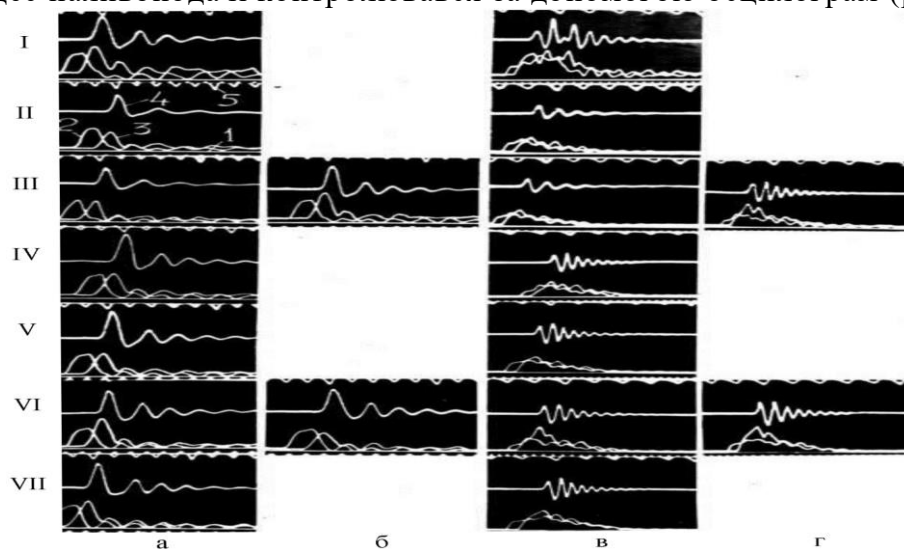


Рисунок 1 – Осцилограми процесу паливободачі на різних етапах прискорених випробувань: I, II, III, IV, V, VI, VII - ступені зношування тривалістю 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 год і відповідна їм подача на частоті обертання 13,3 - 1 : 7; 52,6; 49,3; 55,0; 54,3; 52,6; 57,3 мм³/ц; а, в - частота обертання 13,3 і 5,0 с

Зі зносом ПП ПНРТ криві тиску палива у вхідному та у вихідному перерізі паливопроводу змінюються не лише за абсолютною величиною, а й у характері (рис.2), впливаючи на зовнішні регуляторні характеристики паливного насоса (рис.3.)

Визначені зовнішні регуляторні характеристики насоса НД-2І/2 при положенні органів, що регулюють подачу палива, що забезпечує для всіх випробуваних ПП ПНРТ однаковий активний хід плунжера. Зношування ПП ПНРТ призводить до значної зміни характеристики насоса на всіх швидкісних режимах. На рис. 3 представлені графіки зміни тиску палива у вхідному перерізі паливопроводу (P_{in}) для нової та зношеної ПП ПНРТ, кожен з яких побудований за результатами обробки осцилограм. Тут же наведено

криві інтенсивності зміни тиску палива та графіки зміни площі під кривою тиску палива. Результати стендових випробувань групи ПП ПНРТ різного технічного стану на номінальній частоті обертання та номінальному активному ході плунжера свідчать про те, що параметри P_n , про та залежать від технічного стану ПП ПНРТ у всьому діапазоні зміни $V_{щ}$.

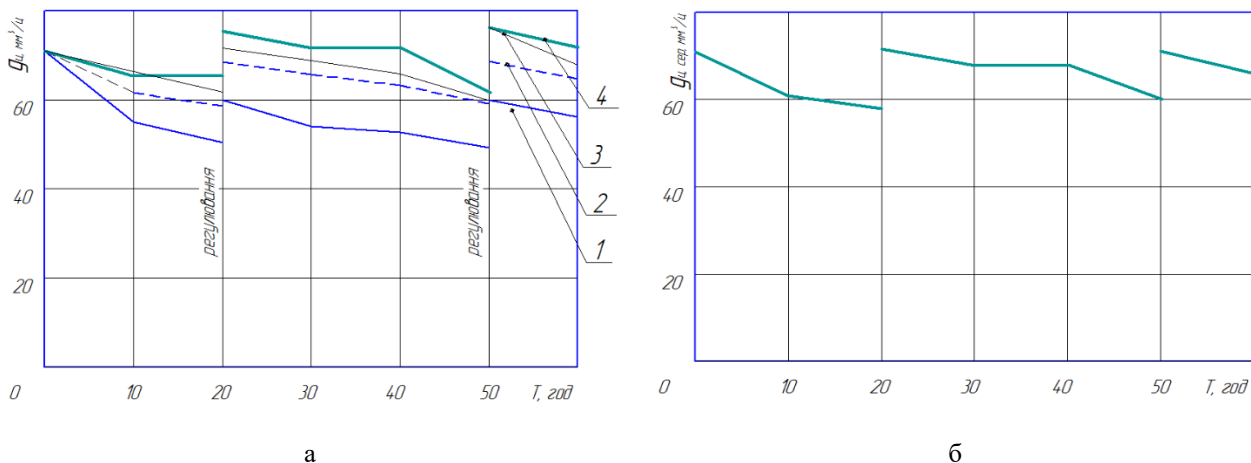


Рисунок 2 - Графіки зміни циклової подачі від часу прискорених випробувань: а - циклова подача за штуцерами секції паливного насоса: 1 – штуцер № 1; 2 - штуцер № 2 ; 3 – штуцер 3; 4 – штуцер № 4; б– середня циклова подача по насосу. Частота обертання - $13,3 \text{ c}^{-1}$.

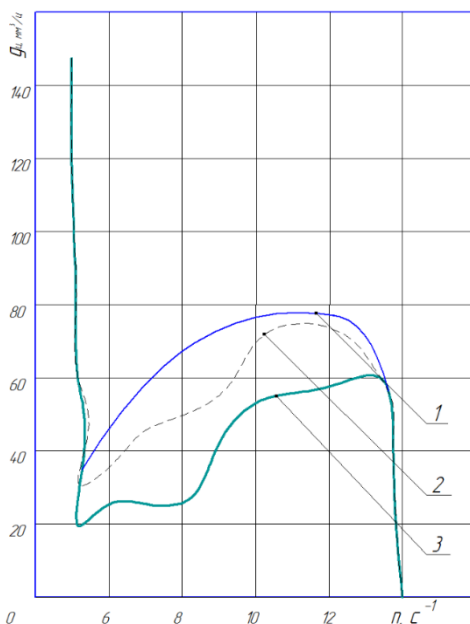


Рисунок 3 – Зовнішні регуляторні характеристики паливного насоса на різних етапах випробувань: 1 – вихідна характеристика; 2 - через 30 год зношування; 3 – через 50 год зношування.

Враховуючи ці дані, як діагностичний параметр технічного стану ПП ПНРТ слід прийняти площу під кривою зміни тиску палива у вхідному перерізі паливопроводу та залежність її від максимального тиску палива P_n максимального значення інтенсивності наростання тиску P_n та площі S під кривою P_n від технічного стану ПП ПНРТ

На підставі проведених експериментальних досліджень було обґрунтовано структурний параметр технічного стану ПП ПНРТ - сумарний обсяг щілини в зоні нагнітання та відсічення палива, що відповідає номінальному активному ходу плунжера, та

діагностичний параметр – площа під кривою зміни тиску палива у вхідному перерізі паливопроводу.

Визначення номінального та граничного значення діагностичного параметра здійснювалося на підставі встановленої залежності між діагностичним параметром та структурним параметром технічного стану ПП ПНРТ. Номінальне значення діагностичного параметра $S_n = 173,189$ МПа та граничне $S_n = 133,48$ МПа (таб.1).

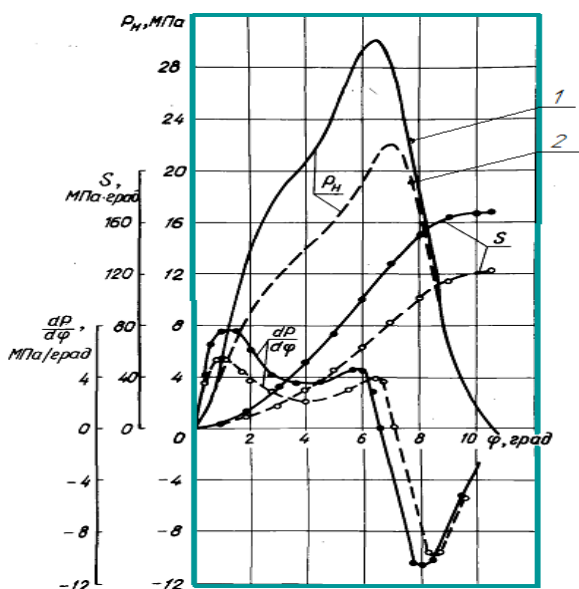


Рисунок 4 - Графіки зміни тиску палива P_n у вхідному перерізі паливопроводу, інтенсивності зміни тиску та площі S під кривою P_n залежно від кута повороту кулачкового валу насоса : 1-нова ПП ПНРТ; 2 – зношена ПП ПНРТ

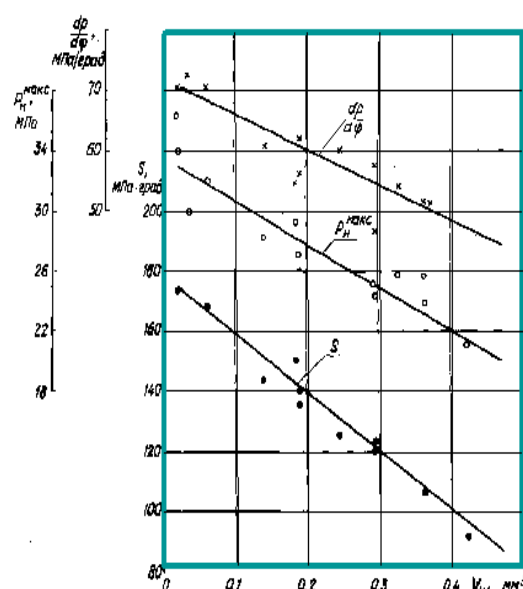


Рисунок 5 - Залежність максимального тиску палива P_n від максимального значення інтенсивності наростання тиску P_n та площі S під кривою P_n від технічного стану ПП ПНРТ.

Таблиця 1 - Значення параметрів технічного стану ПП ПНРТ насосів НД-2І

Найменування параметра	Позначення параметра та його значення			
	Номінальне	Допустиме		Граничне
		КР	ТО	
І. Сумарний обсяг щілини в зоні нагнітань та відсічення палива, мм	$V_{щн}$	$V''_{щд}$	$V'_{щд}$	$V_{щп}$
НД-2І/2	0,026	0,059	0,161	0,230
НД-2І/4	0,026	0,059	0,146	0,230
2. Площа під характеристикою зміни тиску палива у вхідному перерізі паливопроводу	S_n	$S'_д$	$S''_д$	S_n
НД-2І/2	МПа · град	160,78	155,87	140,49
	МПа · мс	33,59	32,56	29,35
НД-2І/4	МПа · град	160,78	155,87	142,75
	МПа · мс	33,59	32,56	29,80

Для розробки методики використовувалися результати проведених експериментальних досліджень. Методикою передбачається реєстрація кривої зміни тиску у вхідному перерізі паливопроводу та використання її як основи для аналізу технічного стану плунжерної пари. Діагностичний параметр вимірювався шляхом вимірювання площі під

осцилограмою тиску палива, обмеженою фігурою (рис. 6, 7). За початок та кінець інтегрування приймалися точки a, b, c перетину рівня залишкового тиску відповідно переднім та заднім фронтами імпульсу тиску.

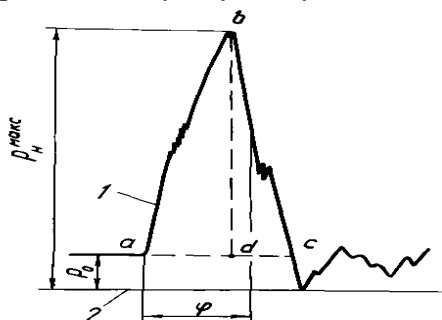


Рисунок 6 - Крива зміни тиску в вхідному перерізі паливопроводу : 1 -крива зміни тиску палива; 2 – нульова лінія (P_n – максимальний тиск палива; P_0 - залишковий тиск у паливопроводі).

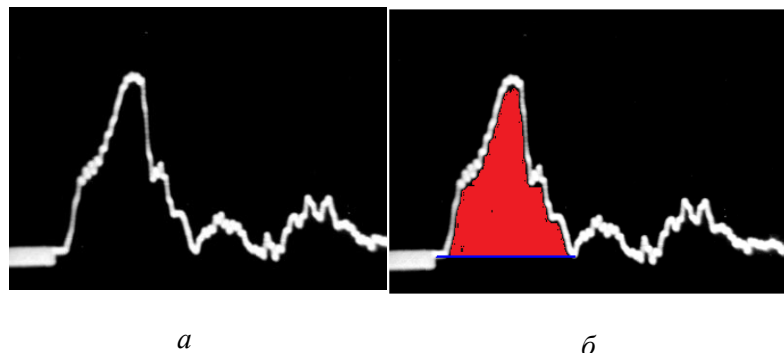


Рисунок 7 - Крива зміни тиску палива у паливопроводі для ПП ПНРТ: а - крива зміни тиску у вхідному перерізі паливопроводу для плунжерної пари насоса НД-2І/2; б- виділення вимірюваної площі.

Висновки

1. Достовірним діагностичним параметром оцінки технічного стану ПП ПНРТ є площа під кривою зміни тиску палива у вхідному перерізі паливопроводу, а структурним параметром - обсяг щілини в зоні нагнітання та відсічення палива.

2. Між діагностичним та структурним параметрами технічного стану ПП ПНРТ існує тісна лінійна залежність. Режимми діагностування слід вважати: частоту обертання - $13,3 \text{ c}^{-1}$, активний хід плунжера - 2,2 мм. Середня квадратична похибка вимірювання структурного параметра за допомогою розробленого методу та засобу становить - $0,027 \text{ мм}^3$ а відносна похибка - 15,6 %

3. Номінальне та граничне значення діагностичного параметра для ПП ПНРТ типу НД-2І становить відповідно 36,41 та 30,96 МПа·мс. Граничному стану ПП ПНРТ відповідає обсяг щілини в зоні нагнітання та відсічення палива $0,230 \text{ мм}^3$.

4. Спроектовано та виготовлено пристрій для контролю технічного стану ПП ПНРТ дизелів, рекомендований до виробництва.

5. Застосування розробленого методу та пристрою у спеціалізованих цехах з відновлення ПП ПНРТ дозволяє виключити розкомплектування та витрати на відновлення 11,2 % придатних для подальшої експлуатації плунжерних пар, а спеціалізованих підприємствах з ремонту дизельної паливної апаратури - виключити передчасне вибраковування 15,7 % ПП ПНРТ проти оцінкою по гідравлічній щільності.

Список літератури

1. Кушлянський В.Л., Кирса В.И., Потапенко Н.Х. Исследование влияния технического состояния плунжерных пар топливных насосов типа НД на диагностические сигналы// Тр. ГОСНИТИ, - 1977, т. 55, С, 71-77.
2. Маркович С.І. Системи сервісу аграрної техніки: навч. посіб. / С.І. Маркович, О.В. Бевз, М.В. Красота; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький: ЦНТУ, 2024. – 260 с.
3. Анісімов В.В., Шляхи і методи підвищення довговічності і надійності роботи паливної апаратури автотракторних двигунів/ В. ФІ. Анісімов, В.І. Музичук, А.А. Пясецький, В.Б. Рябошапка. – Вінниця: ВНТУ. 2012.-142 с.
4. Beer, S. Verbesserung der Anlaufperformance durch den Einsatz vonFrontloading-MaBnahmen / S. Beer // Anlaufmanagement in der Automobilindustrieerfolgreich umsetzen : Ein Leitfadен fur die Praxis / G. Schuh, W. Stolzle, F. - [S. 1]: Kolbenschmidt Aluminium-Technologie AG; Springer, 2008. - Part of the VDI-Buch book series. – P. 43-52.
5. Врублевський А.Н. Перспективи розвитку топливної апаратури для високооборотного отечественного дизеля / А.Н. Врублевський, А.В. Денисов // Сучасні проблеми двигунобудування: стан, ідеї, рішення: Матеріали 1-ї всеукраїнської науково-технічної конференції.– Первомайськ, 2005. – С. 19–21.
6. Мигаль В.Д. Техническая диагностика автомобильных двигателей. Том 3. Практические основы диагностирования. Харьков: Майдан, 2014. 443 с.

UDC 004.8:629.3:658.5

IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT TECHNOLOGIES IN THE TECHNICAL SERVICE SYSTEM OF WHEELED VEHICLES

V.P. Petlenko, *PhD student,*
S.V. Kharchenko, *PhD student,*
S.V. Lysenko, *Assoc. Prof., PhD tech. sci,*
A.V. Hrynkiv, *Senior Researcher, PhD tech. sci,*
O.M. Livitskyi, *Senior Lecturer, PhD tech. sci*
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

The modern technical service (TS) system for wheeled vehicles (WVs) is undergoing a stage of radical transformation driven by the rapid development of Industry 4.0, the emergence of electric vehicles (EVs), and the concept of connected vehicles. The transition from reactive or scheduled preventive maintenance to predictive (PdM) and prescriptive maintenance requires the creation of a solid theoretical and methodological foundation. This foundation must not only integrate advanced technologies such as artificial intelligence (AI), machine learning (ML), and the Internet of Things (IoT), but also be conceptually aligned with the deep systemic approaches developed by the national scientific school.

To begin with, it is necessary to examine the evolution of theoretical paradigms of technical service as a complex socio-economic system. Historically, maintenance and repair management evolved from reactive post-failure repair to scheduled preventive maintenance (PM) and, later, to condition-based maintenance (CBM). However, with the increasing technical complexity of modern WVs especially hybrid and electric vehicles traditional deterministic and statistical performance-prediction models have proven insufficient. The technical service system, which includes vehicles, infrastructure, partners, and consumers, is now viewed as an open, nonlinear, highly dynamic system with stochastic behavior. This systemic complexity requires the use of intelligent tools capable of self-learning and adaptation.

In the context of our research, the importance of this approach for the intellectualization of TS is critical: while traditional models treat an enterprise as a set of discrete objects, the wave-based approach defines its interactions within the system through “field” effects. This means that the functioning of the TS system is nonlinear, multifactorial, and subject to rapid changes that cannot be predicted using classical mathematics. This concept provides a strong theoretical basis that justifies the need for intelligent technologies as the only class of tools capable of handling such nonlinearity, uncertainty, and adapting to the dynamics of “field interactions.”

Ukraine’s WVs industry is at a critical crossroads, where investments in digital and physical infrastructure, as well as adaptation to EVs and connected vehicles, are of utmost importance. This technological imperative requires that the methodology for implementing intelligent technologies take into account the specifics of high-voltage system diagnostics and V2X (Vehicle-to-Everything) communications.

The implementation of AI systems in Ukrainian technical service cannot be a purely technical process; it requires the creation of a strong organizational and legal module that ensures compliance with European standards. AI technologies including ML, deep learning (DL), and generative AI are used to process vast amounts of data obtained from sensors and network technologies.

Key areas of AI application in diagnostics and maintenance include:

- optimization of maintenance schedules;
- prediction of remaining useful life (RUL);

- effective health monitoring;
- reduction of costs and improvement of vehicle reliability and uptime.

Secondly, it is important to define the technical and architectural structures of AI systems for PdM. The architecture of modern intelligent PdM systems is based on real-time data collection using IoT sensors. These systems apply AI/ML algorithms to predict equipment failures, minimize downtime, and ensure optimal operational efficiency.

The PdM implementation process includes several critical layers:

1. Sensor data processing: collection, cleaning, and preparation of data arrays for subsequent ML modeling.
2. Modeling: creation and training of ML models.
3. Integration: embedding ML models into the organization's decision-support systems.

Modern scientific reviews emphasize the use of AI in the production and operation of EVs. This confirms the strategic need for Ukrainian research to focus on context-dependent diagnostics that account for EV-specific characteristics rather than only traditional internal-combustion vehicles.

Given the above, it is necessary to identify and justify the implementation challenges and future development directions. Systematic reviews of recent years have revealed several critical challenges that must be considered when developing a methodology for TS intellectualization:

1. Data quality and scalability: issues related to data quality, scalability, and integration of AI technologies into existing systems.
 2. Explainable AI (XAI): the critical importance of explainable AI for predictive analytics.
- The need to justify AI conclusions is not only a technical requirement but also a methodological imperative in light of legal adaptation to the EU AI Act.

Emerging technologies shaping the future of PdM include:

- Digital Twins: virtual, dynamically updated copies of components or entire vehicles for simulation and accurate state prediction;
- Edge Computing: data processing at the network edge (e.g., in the vehicle or at a local service station) instead of centralized cloud processing;
- Federated Learning: distributed training of AI models on local datasets, improving privacy and efficiency.

Given the challenges associated with the development of digital infrastructure in Ukraine, Edge Computing becomes not just a desirable option but a methodological necessity. Localized data processing reduces network bandwidth requirements, minimizes latency which is critical for real-time diagnostics and supports compliance with regulatory restrictions on centralized collection and transmission of sensitive data.

For success in the Ukrainian transport industry, it is essential to invest in research and development (R&D) and create adequate digital and charging infrastructure, which forms the basis for supporting the growth of EVs and connected technologies.

The analysis confirms that the theoretical and methodological foundations for implementing intelligent technologies in the TS system of WVs represent a multifaceted scientific problem requiring an interdisciplinary approach. It has been established that the national scientific school provides a strong conceptual foundation for understanding the TS system as a complex nonlinear structure governed by "field interactions." This concept serves as a significant scientific justification for the use of intelligent technologies.

Global studies demonstrate technological readiness for implementing AI/ML/IoT-based PdM. At the same time, strategic trends (transition to EVs and connected vehicles) and regulatory imperatives (adaptation to the EU AI Act) create unique challenges for Ukraine.

Final recommendations for further research emphasize the need to move from theoretical justification to the development of an infrastructure-adapted, hybrid, and regulatory-compliant methodology. The main focus should shift to applied development and validation of Edge

Computing architectures to minimize dependence on centralized infrastructure, as well as the implementation of XAI frameworks that ensure trust in intelligent solutions and their legal legitimacy. Only such a comprehensive approach will enable the creation of a scientifically grounded and practically implementable intelligent technical service system in Ukraine.

Based on the conducted research, it can be stated that a modern concept of intelligent technologies in technical service has already been formed. Intelligent technologies in the TS domain are based on the synthesis of sensor systems, AI, ML, and digital twins. A digital twin is understood as a virtual model of a physical object that reflects its real-time state and allows predicting its behavior under various factors.

Practical applications of intelligent technologies in WV service are demonstrated by leading manufacturers. BMW Group uses an AI platform for predictive maintenance of conveyor equipment based on the analysis of data already available in the control system; the system identifies potential defects through changes in energy consumption, conveyor movements, or barcode readings, preventing failures and reducing downtime. The press release emphasizes that the implementation of an AI-supported standardized system allows scaling solutions to other plants without additional sensors, with costs limited to data storage and processing. Heat maps enable anomaly visualization and rapid response; the team continuously improves algorithms by adding new objects and integrating recommendations into failure notifications.

Tesla, Volvo, Nissan, and other companies use remote diagnostics and over-the-air updates. Tesla collects vehicle data and uses ML to predict when service is needed; customers receive notifications via a mobile app. Volvo uses the Volvo On Call system, which transmits technical condition data to service centers and offers personalized repair recommendations. Nissan applies AI to analyze EV battery degradation in the Leaf model, predicting degradation and optimizing replacement.

In aviation, the Integrated Vehicle Health Management (IVHM) concept has long been used to determine component condition and plan repairs. IVHM experience can be adapted to WV systems, especially given the growth of EVs and autonomous vehicles. A promising direction is the integration of predictive maintenance with consumer alert systems and spare-parts supply-chain management. Digital twins allow simulating powertrain operation under various scenarios and predicting the effect of changing operating modes, which is important for EVs with different charging regimes and temperature conditions.

In Ukraine, the TS system mainly operates on a scheduled preventive basis; the implementation of intelligent technologies is limited to isolated experiments by large automotive enterprises. Barriers include: (1) insufficient sensor infrastructure most fleets have only basic OBD interfaces; (2) shortage of qualified Data Science and AI specialists; (3) legal and standardization barriers - lack of unified requirements for data exchange, cybersecurity, and information storage; (4) low R&D investment; (5) unstable power supply and network infrastructure. At the same time, the government's digital transformation strategy envisions the development of intelligent transport systems, creating a regulatory basis for innovation. Domestic research indicates that service improvement is possible only through a cyber-physical approach involving distributed intelligent networks for technical-condition monitoring.

References

1. Матвієнко О. О., Аулін В. В. Класифікація типів сигналів та методів машинного навчання для інтелектуальної оцінки технічного стану мобільних машин підприємств агропромислового виробництва. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр.* 2025. Вип. 11(42). Ч. 2. С. 298-312.
2. Матвієнко О. О., Аулін В. В., Гриньків А. В. Стан та напрями розвитку архітектури даних для інтелектуальної оцінки технічного стану мобільних машин підприємств агропромислового виробництва. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* 2025. Вип. 12(43), ч. I. С. 227-237.
3. Бойко Р.Ю., Аулін В.В., Тихий А.А., Карпушин С.О., Коваль О.П.. Інтеграція штучного інтелекту в системи підтримки прийняття рішень в оптимізації виробничих процесів машинобудівного підприємства

- на прикладі машинного навчання. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ. С.95-103.
4. Гриньків А.В., Головатий А.О., Лисенко С.В., Аулін В.В., Голуб Д.В. Ефективність використання цифрових та інтелектуальних технологій в транспортно-виробничих системах. Матеріали XIV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 25-27 жовтня 2021 року. Вінниця: ВНТУ, 2021. С.75-78.
 5. Гриньків А.В., Голуб Д.В., Дьяченко В.О., Головатий А.О. Функції інтелектуальності транспортно-виробничих систем та можливості їх архітектури. Зб. тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 25-26 лют. 2021 р. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2021. С. 36-45.
 6. Гриньків А.В., Лисенко С.В., Лівіцький О. М., Головатий А.О. Системно-спрямований підхід до формування інтелектуальної системи технічного сервісу. Зб. тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 25-26 лют. 2021 р., К.: Видавничий центр НУБіП України, 2021. С. 25-32.
 7. Аулін В.В., Слонь В.В., Лівіцький О.М., Гриньків А.В., Артюх Є.Г. Удосконалення методів і засобів діагностування систем змащення силових агрегатів транспортних засобів Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 14-16 квітня 2021 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2021. С.169-174.
 8. Чумак В. М., Манько Є. В., Байцан В. Г., Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В.. Універсальний метод формалізації параметрів ресурсовизначальних деталей транспортної та сільськогосподарської техніки для систем предиктивного обслуговування. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр.* 2025. Вип. 12(43). Ч. 2. С. 204-219.
 9. Лівіцький О. М., Аулін В. В., Харченко С. В., Зайцев А. М., Слонь В. В. Адаптивне управління технічним станом і безпекою експлуатації транспортної техніки в агропромисловому виробництві. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр.* 2025. Вип. 12(43). Ч. 2. С. 251-257.
 10. Сергійчук А. А., Аулін В. В., Гриньків А. В., Козаченко Є. М. Міжлабораторні випробування як ефективний інструмент підвищення якості діагностики технічного стану колісних транспортних засобів у системі ISO 9001. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр.* 2025. Вип. 12(43). Ч. 2. С. 274-283.
 11. Надич Т. М., Аулін В. В., Гриньків А. В., Слонь В. В.. Методи і заходи удосконалення системи технічного сервісу вантажних автомобілів на основі кіберфізичного підходу і розробки науково-технічної документації його операцій. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр.* 2025. Вип. 11(42). Ч. 2. С. 298-312.

UDC 629.3:631.3:621.9.004.67

ADAPTATION OF TECHNICAL CONDITION MANAGEMENT SYSTEMS FOR TRANSPORT AND AGRICULTURAL MACHINERY UNDER THE GLOBALIZATION OF TECHNICAL DIAGNOSTICS AND CONTROL

V.G. Baitsan, *PhD student,*

A.M. Zaitsev, *PhD student,*

Ya.V. Tyrsa, *PhD student,*

V.V. Aulin, *Prof., Dr. tech. sci.,*

S.V. Lysenko, *Assoc. Prof., PhD tech. sci.,*

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

The efficiency of transport machinery (TM) and agricultural machinery (AM) defined by productivity, operating cost, and traffic safety largely depends on the technical condition of the rolling stock (RS). Therefore, optimal and effective technical operation of TM and AM, which consists in maintaining their reliability and technical readiness through maintenance (M) and current repair (CR), is a matter of national importance. The foundation for solving this problem lies in significantly improving M and CR based on the development of effective methods, instruments, and equipment for RS diagnostics.

Under modern conditions, the solution requires adapting M and CR of TM and AM to processes driven by the globalization of technical diagnostics (TD) and technical control (TC). Technical diagnostics is a field of knowledge that encompasses the theory, methods, and tools for determining the technical condition of objects; it also represents the highest level of TC, which involves verifying the compliance of the controlled object with established technical requirements. The main reasons for the global expansion of TD and TC include market liberalization and the increase in road accidents and catastrophes. The scale of accidents and catastrophes, as well as the associated ecological and technogenic safety, is critical for TM and AM. At the same time, access of both people and machinery to their operational environment remains largely liberalized. The growing number of machines on Earth within the environment where people constantly reside is governed by market laws and is not controlled by humans. TM and AM, as systems, are open to any person, and individuals have free access to the environment in which machinery operates. This process is only partially restricted for machine operators (driver's licenses are required), but in Ukraine, access for technical service personnel (ITS) is completely unrestricted due to the cancellation of mandatory certification of maintenance and repair services. The human factor places at the forefront the need to create a reliable system of technical operation of machinery (TOM), free from subjective human influence and adapted to the development of TD and TC within the M and CR system.

The general problem of creating TOM lies in the fact that its reliability has two inseparable components: technical and organizational. The first is sufficiently addressed by industry, which produces improved machinery. The second operation, preservation, and maintenance of machinery in a state of readiness depends entirely on humans.

In this work, using the example of an electronic engine control system (EECS), the foundations for implementing reliable TOM as a system of TD and TC methods and tools are formulated. The use of EECS in TM and AM improves engine power, environmental performance, and fuel efficiency. This is achieved through the implementation of a complex engine-control algorithm at the cycle level, taking into account numerous parameters of the working process and the presence of feedback loops.

However, the negative aspects of EECS implementation include their relative complexity and, consequently, the inability of the current TOM system to ensure proper RS operation. The core of the problem is the lack of connection between manufacturers and the TOM system as a whole. Today, TOM clearly lags behind the development of TM and AM design, especially the development of electronic control systems. In practice, this gap manifests as a shortage of TOM specialists capable of quickly and effectively understanding and working with electronic systems. Higher education institutions cannot keep pace with the rapid evolution and increasing complexity of electronic control systems. Another important reason is that EECS and other microprocessor control systems (MPCS) are foreign prototypes, while TM and AM are predominantly imported. Practically every manufacturer develops and implements its own systems, has proprietary technologies, and uses its own terminology. As a result, technical literature contains numerous overlapping technical terms, creating confusion and misunderstanding during the development of new machinery. The root cause is the absence of a unified foundation for designing control systems. New integrated system-engineering approaches are required. Therefore, EECS should be considered not as an isolated system but as a control system for TM and AM that includes all electronic subsystems, as well as a system for monitoring and ensuring the proper technical condition of machinery as a whole.

A key requirement for TOM is the ability to automatically obtain from the EECS accurate parameter values that determine operating conditions related to effective engine power. The engine is the primary element of machinery that converts operator commands into changes in state and motion of TM and AM.

The automation and accuracy of obtaining information about TM and AM operating conditions are ensured by EECS, which characterize the fundamental parameters of engine operation. It is established that the controlling parameters of engine operation are cylinder filling and the duration of the working cycle, determined by crankshaft rotational speed. In some cases, fuel injection per cycle is used instead of cylinder filling. Accordingly, for determining the technical condition of TM and AM, it is advisable to use total air consumption and total fuel consumption over a certain operating period, which comprehensively characterize operating conditions and RS utilization intensity. Supporting this, Prof. Hovorushchenko proposes using total fuel consumption to predict vehicle remaining life and maintenance intervals. Research shows that maintenance actions should be performed after reaching specific fuel-consumption thresholds. At the same time, the capabilities of EECS and MPCS must be considered when developing the theory of individualized M and CR systems.

In practice, for large-scale implementation of such individualized systems, the most promising hardware and system-level solution is not EECS itself but specialized external devices primarily onboard scanners (OS). These devices are relatively inexpensive and suitable for effective use on modern TM and AM. To solve TOM tasks, OS must incorporate specific algorithms and functions. By recording total air and fuel consumption over a given period, OS can generate a graph of consumption versus operating time. When consumption reaches predefined thresholds, the OS notifies the operator of the need for maintenance. Analysis of the consumption graph allows predicting maintenance timing and planning operations effectively. Therefore, the most convenient and promising approach for TOM is the automatic remote transmission of EECS data.

The most complete information about TM and AM operating conditions can be obtained from a graph of crankshaft rotational speed over time. Analysis of this graph reveals time intervals during which the engine operated in specific speed ranges. Acceleration and deceleration patterns allow accurate determination of operating conditions. It is possible to determine the duration and number of stops, gear-shift moments, and more.

If the EECS includes a speed sensor, a speed-change graph can be constructed. Based on speed values, braking distance, fuel consumption, operating cost, emissions, and other parameters can be calculated. Combined analysis of speed and crankshaft-speed graphs allows determining the

gear used, duration of operation, and speed profile. The goals of TOM remain unchanged: ensuring regularity, safety, and efficiency while fully utilizing the technical capabilities of TM and AM designs; ensuring required levels of operational reliability; optimizing material and labor costs; and minimizing negative impacts on people, personnel, and the environment. Under modern conditions, it is necessary to achieve internal compatibility between system elements and external compatibility between the system and its environment. It is also important to understand that modern TOM, as a field of practical activity, is a system-engineering human-machine complex whose effectiveness at all levels depends on the organization of positive and efficient interaction between humans and machinery. Within TOM, four levels of processes can be distinguished: micromodular, mesomodular, macromodular, and megamodular.

References

6. Сергійчук А. А., Аулін В. В., Гриньків А. В., Сергійчук А. В. Забезпечення належного рівня якості надання послуг підприємствами технічного сервісу колісних транспортних засобів проведенням їх акредитації. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр.* 2025. Вип. 11(42). Ч. 2. С. 348-363.
7. Ляшук О. Л., Готович В. А., Бонар В. О. [та ін.]. Концепція дистанційної діагностики технічного стану транспортних засобів в процесі їх експлуатації. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр.* 2024. Вип. 10(41). Ч. 1. С. 29-39.
8. Аулін В. В., Гриньків А. В., Надич Т. М., Яценко В. Ю. Застосування засобів дистанційної діагностики для підвищення ефективності технічної експлуатації мобільних машин. Зб. тез доповідей XI Міжнар. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» 22-23 лют. 2024 р., НУБіП. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2024. С.100-103.
9. Аулін В.В., Ляшук О.Л., Гупка А.Б., Тесля В.О. Масштабний фактор при діагностуванні трибологічної надійності транспортних засобів Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2023. С.49-52.
10. Гриньків А.В., Аулін В.В., Головатий А.О., Лівіцький О.М., Дяченко В.О., Галінський Є.С. Технічна діагностика транспортних машин як основа стану кіберфізичної системи Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. *Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems*", 13-15 квітня 2022 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. С. 165-169.
11. Аулін В.В., Слонь В.В., Лівіцький О.М., Гриньків А.В., Артюх Є.Г. Удосконалення методів і засобів діагностування систем змащення силових агрегатів транспортних засобів Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. *Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems*", 14-16 квітня 2021 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2021. С.169-174.
12. Чумак В. М., Манько Є. В., Байцан В. Г., Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В.. Універсальний метод формалізації параметрів ресурсовизначальних деталей транспортної та сільськогосподарської техніки для систем предиктивного обслуговування. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр.* 2025. Вип. 12(43). Ч. 2. С. 204-219.
13. Лівіцький О. М., Аулін В. В., Харченко С. В., Зайцев А. М., Слонь В. В. Адаптивне управління технічним станом і безпекою експлуатації транспортної техніки в агропромисловому виробництві. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр.* 2025. Вип. 12(43). Ч. 2. С. 251-257.

УДК 629.33:658.562:002

ВИКОРИСТАННЯ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Т.М. Надич, асп,

Д.О. Дяченко, асп,

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,

А.В. Гриньків, ст. дослідник, канд. техн. наук,

С.Г. Ковальов, канд. пед. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Технічний сервіс є основним видом виробничого обслуговування на автотранспортному підприємстві (АТП) і посту технічного сервісу (ПТС). Рівень роботи цих АТП і ПТС значною мірою впливає на ефективність використання ВА. У вітчизняній практиці цей вид діяльності склався у формі внутрішньогосподарського обслуговування АТП ремонтно-технічними підрозділами та спеціалізованими ПТС.

З урахуванням сучасних умов, перспектив розвитку та вимог до ТО, ТД і ПР автотранспортних засобів (АТЗ), формується відповідна організаційна структура ТС. Варто зауважити, що операції з ТО та ремонту належать до трудомістких процесів, які забезпечують належний технічний стан АТЗ. Від якісного виконання цих процесів значною мірою залежать безвідмовна робота, довговічність, збереження технічних характеристик і загальна ефективність експлуатації транспортних засобів.

У зв'язку з тим, що значна частина потужностей обслуговуючої інфраструктури ПТС була комерціалізована та переорієнтована, частка участі водіїв у проведенні операцій технічного обслуговування за останні роки зросла до 85 %.

Дослідження показали, що для забезпечення належного рівня якості та ефективності експлуатації АТЗ, водії мають щоденно витратити не менше 1,0...1,5 години на виконання ТО і додатково 0,5...1,0 години на регульовальні та налаштувальні технологічні операції. Проте прагнення збільшити продуктивний час зміни призводить до скорочення тривалості підготовчих операцій з підготовки АТЗ, що негативно впливає на ефективність їх використання. Встановлено, що простой ТЗ з технічних причин можуть сягати до 30 % від загального фонду робочого часу. У таких умовах технічна готовність автотранспорту знижується до 55...70 %, а витрати на обслуговування при неефективній системі ТС можуть перевищити витрати на виробництво техніки. Отже, забезпечення технічної справності АТЗ набуває особливого значення, що значною мірою залежить від обраних форм і методів організації технічного сервісу.

На загальнодержавному рівні АТП формують єдину підсистему ТО. Для цього створюються дилерські центри та дистриб'юторські організації, що забезпечують постачання запасних частин. Додатково вони надають послуги з навчання персоналу, забезпечують довідковими матеріалами й технічною документацією, а також постачають обладнання для виконання сервісних робіт. Варто зазначити, що гарантійне ТО дилерами здійснюється безкоштовно лише за умови використання оригінальних витратних матеріалів, вироблених підприємствами-виробниками АТ. Після завершення гарантійного строку технічне обслуговування проводиться безпосередньо автотранспортними підприємствами або відповідними підрозділами ТС.

Аналізуючи стан ТС АТЗ, слід констатувати, що протягом останніх десятиліть він не

зазнав істотного розвитку відповідно до вимог державної політики та науково-технічного прогресу. Попри розширення мережі СТО, машинно-технологічних станцій (МТС) і спеціалізованих ремонтних підприємств, такий підхід вичерпав себе і в сучасних умовах втрачає актуальність. У зв'язку з цим модернізація системи ТС АТЗ має здійснюватися шляхом трансформації її внутрішньої організації та концептуального переосмислення як складової кіберфізичної системи (КФС).

Одним із ключових напрямів розвитку ТС є організація високоякісного обслуговування автомобілів на вторинному ринку. Реформування системи ТС має на меті підвищення рівня наданих послуг з ТО ТЗ. На якість виконання технічних робіт в АТП та ПТС суттєво впливають: ступінь забезпеченості сучасним обладнанням, професійна підготовка персоналу, якість використовуваних запасних частин (ЗЧ), ефективність організації виробничих процесів, а також нормативне й методичне забезпечення виконання процедур ТО та ТД.

За результатами оцінок, система ТС ВА може забезпечувати до 25 % загальної ефективності технічної експлуатації автомобілів (ТЕА). Згідно з даними ДЕРЖСТАНДАРТ України, оптимізація системи ТС дозволяє скоротити тривалість операцій ТО і ТД на 8...12 %. У свою чергу, це сприяє збільшенню напрацювання автомобіля на 20...28 % і зростанню його продуктивності на 34...46 %.

На сучасному етапі технічне обслуговування ВА посідає важливе місце в його життєвому циклі (ЖЦ). Розподіл трудових витрат протягом усього ЖЦ автомобіля свідчить: лише 1,5 % припадає на процес виготовлення, 45,5 % – на ТО, 45 % – на поточний ремонт, а ще 8 % – на капітальний ремонт. Таким чином, сектор технічного обслуговування, як ключовий елемент системи ТС, вимагає належної уваги з боку організацій, що забезпечують надійну експлуатацію АТЗ.

Слід відзначити суттєву зміну ставлення водіїв до процедур ТО ВА. За останній період спостерігається зростання кількості підприємств, які звертаються за наданням сервісних послуг до ПТС. Водночас, аналіз зворотного зв'язку свідчить про наявність певних проблем у сфері обслуговування. Так, 10 % респондентів відзначили незадовільну якість послуг, 8 % вказали на недостатній рівень професійної підготовки персоналу, 9,3 % – на надмірну тривалість очікування обслуговування, а близько 9 % звернули увагу на значну складність та трудомісткість процедур оформлення документації.

Серед основних показників, що засвідчують вплив професійної майстерності водіїв і персоналу технічного обслуговування на ефективність ТЕА, особливу роль відіграють показники експлуатаційної надійності та економічності ВА. До таких показників належать, зокрема, напрацювання до відмов чи несправностей, тривалість простоїв з причин технічного обслуговування, обсяги витрат запасних частин, рівень споживання пального, а також інтервали між черговими ТОiP. За попередніми оцінками, сумарний вплив рівня кваліфікації персоналу на технічну готовність автопарку та витрати на технічне обслуговування становить близько 33...36 %, при цьому внесок обслуговуючого персоналу оцінюється на рівні 64...67 %.

Інтеграція засобів ТД у систему ТО дає змогу суттєво підвищити її ефективність, зокрема за рахунок запобігання потенційним відмовам, скорочення кількості зайвих демонтажних операцій, а також більш повного використання залишкового ресурсу машин. Діагностування технічного стану являє собою комплекс заходів, спрямованих на встановлення фактичного технічного стану транспортного засобу з подальшим визначенням необхідних ремонтно-обслуговуючих дій. За наявності відповідного технічного оснащення та економічної доцільності, процес діагностики може бути повністю реалізований безпосередньо на базі АТП. Практика впровадження діагностичних процедур свідчить про можливість збільшення міжремонтного ресурсу в 1,3...1,5 раза, зниження кількості відмов у 2,0...2,5 раза, а також зменшення витрат пального на 5...8 %.

Подальший розвиток системи ТОіР за технічним станом орієнтується на впровадження сучасних технологій контролю та діагностики, з урахуванням активного використання інтелектуальних вимірювальних засобів і комп'ютеризованої обробки діагностичних даних. Водночас нормативно-документальне забезпечення процедур ТО та ТД залишається недостатньо врегульованим. На сьогодні як в Україні, так і за її межами, тривають науково-дослідні роботи, спрямовані на вдосконалення методів ТО на основі автоматизованого контролю технічного стану ТЗ.

Серед перспективних напрямів досліджень особливу увагу приділено розробці методів і відповідних технологій діагностування технічного стану АТЗ на основі аналізу швидкоплинних процесів, що виникають під час роботи двигуна у перехідних і тестових режимах – вільного розгону, пробігу тощо. Визначено також пріоритетні напрями досліджень, що стосуються виявлення найбільш інформативних динамічних характеристик, здатних слугувати основою для об'єктивного оцінювання технічного стану окремих вузлів і агрегатів автомобіля.

У той же час, з урахуванням нових тенденцій щодо перерозподілу робіт з ТС з підприємств у технічні центри, не повною мірою задовольняють вимоги функціонування ВА у галузях економіки:

- не можуть поєднувати в комплексі роботи з ТО та ТД автомобілів;
- не мають достатньої інформаційної бази даних (ІБД) у плані інформаційних технологій, що знижує оперативність ТО та ТД автомобілів;
- необґрунтований набір інструментів та обладнання зумовлює необґрунтоване подорожчання ТО і ПР;
- не достатньо враховують впровадження у АТП сучасної техніки нового покоління;
- не мають універсального застосування, внаслідок чого більшу частину часу за терміном служби простоюють, особливо у зимовий період.

Насьогодні існують спроби створення таких комплексів. Але вони також мають ряд недоліків, що знижують їх ефективність: відсутність наукової обґрунтованості базового комплексу та комплектації, відсутність інформаційного блоку. Розробляються сімейство діагностичного та іншого сервісного обладнання, техніко-економічні моделі та методи підвищення ефективності використання ТС ВА на основі оптимізації розподілу механізованих та ремонтно-обслуговуючих робіт між виконавцями, обґрунтування виробничих параметрів станцій та їх структур з ТС машин та обладнання.

Велике значення питанням організації обслуговування, діагностування, спеціалізованого ТО та ТД, створення форм та засобів ТО надається і за кордоном. Наявність спеціалізованих діагностичних станцій у Франції, Німеччині, США та Канаді дозволило знизити повернення машин після обслуговування на 90% та скоротити час перебування на ПТС при ТО та ТД від 0,5 до 0,15 години.

Система ТС, дозволяє підвищити ефективність використання ВА за рахунок узгодженої роботи різних ланок та покращення нормативно-документального (НДЗ) і інформаційного забезпечення (ІЗ). Зазначене враховано і було виділено підсистему завдань ТС, на вирішення яких істотно впливає розроблені НДЗ та ІЗ. Схему взаємодії завдань ТС та НДЗ і ІЗ наведено на рис. 1.

Аналіз рис.1 свідчить, що функціонування підсистеми (2) залежить від сукупності налагодженого НДЗ і ІЗ. Вона зумовлює підвищення ефективності вирішення завдань (1) і (3). Визначено, що рівень впливу НДЗ і ІЗ на функціонування підсистем (4)-(9) становить 50...60 %. Функціонування підсистем (1)-(4), (5)-(9) пов'язане з підвищенням такого показника експлуатаційної надійності ВА: напрацювання на відмову. Це підвищить ефективність ТС ВА та зменшить час простою машин за рахунок скорочення тривалості операцій ТС.

У загальній структурі технологічного процесу технічного сервісу (ТС) частка НДЗ та ІЗ складає приблизно 40%. Завдяки впровадженню створеної інформаційної бази (ІБ) час, необхідний для опрацювання інформації, зменшується вдвічі, що, у свою чергу, дозволяє скоротити загальну тривалість технологічного процесу ТС орієнтовно на 20%.

Перевага надається досконалії і ефективній схемі управління процесами ТС ВА з визначенням стану вузлів, систем і агрегатів шляхом інструментального діагностичного контролю.

Ефективним перебігом в системі ТС є автоматизація управління процесом за результатами ТД вузлів, систем і агрегатів із впровадженням сучасних ІТ. Це слід реалізовувати, починаючи з бортового комп'ютера та мехатроніки ВА і закінчуючи КФС ТС.

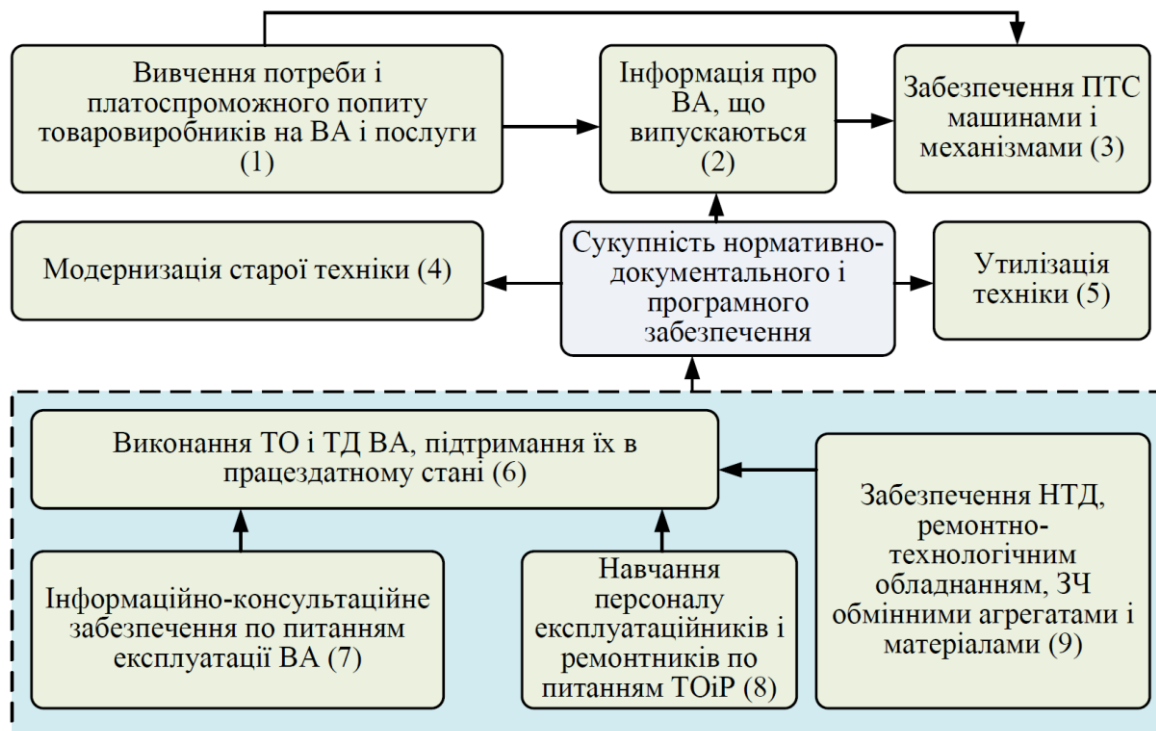


Рисунок 1– Взаємозв'язок нормативно-документального та інформаційного забезпечення та завдань якісного виконання технічного сервісу вантажних автомобілів

В даній роботі запропоновано при проведенні операцій ТОiP використовувати НТД бази даних та баз знань спеціалістів (рис. 2).

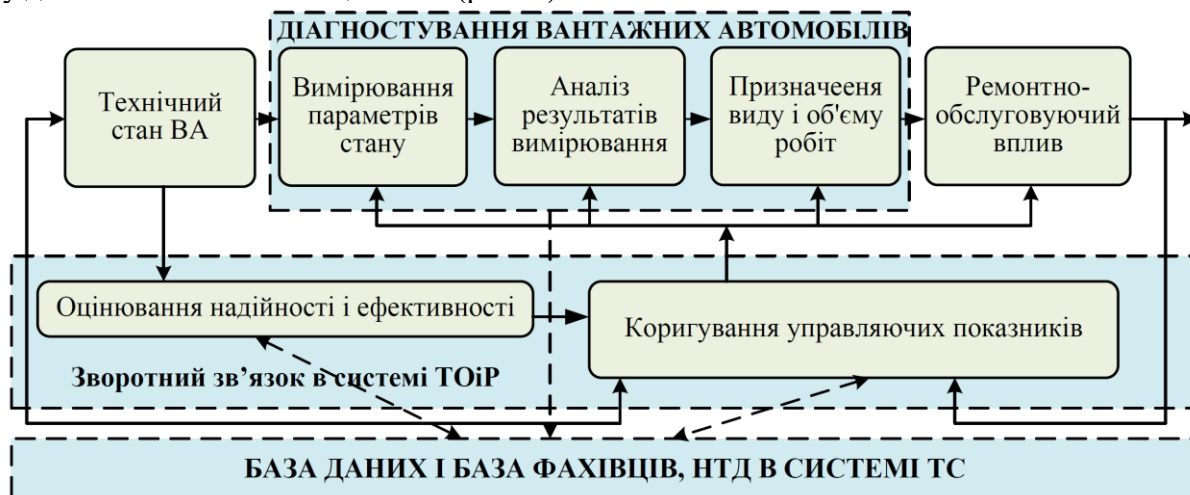


Рисунок 2 – Схема реалізації системи управління технічним станом вантажних автомобілів

Аналіз і вивчення завдань, що вирішуються в межах системи ТО, дозволили дійти висновку, що її вдосконалення повинно здійснюватися шляхом інтеграції сучасних інформаційних технологій і раціонального використання НДЗ та ІЗ.

Список використаних джерел

1. Надич Т. М., Аулін В. В., Гриньків А. В., Слонь В. В. Методи і заходи удосконалення системи технічного сервісу вантажних автомобілів на основі кіберфізичного підходу і розробки науково-технічної документації його операцій. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. Кропивницький: ЦНТУ, 2025. Вип. 11(42). Ч.2. С. 298-312.

УДК 629.33.004.67:658.562

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

Т.М. Надич, асп,

В.Г. Байцан, асп,

В.Ю. Яценко, асп,

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,

А.В. Гриньків, ст. дослідник, канд. техн. наук,

С.В. Лисенко, доц., канд. техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

На сьогодні більшість питань, пов'язаних з технічним обслуговуванням високотехнологічного обладнання, вирішується безпосередньо оператором і значною мірою залежить від його професійного рівня. Це зумовлює актуальність розробки інтелектуальних систем підтримки діяльності оператора, орієнтованих на застосування НДЗ та ІЗ для забезпечення якісного виконання комплексу обслуговуючих операцій. Одним із перспективних напрямів у цьому контексті є створення експертних систем, що спеціалізуються на конкретних предметних галузях.

Головною перевагою подібних рішень є побудова інтелектуальних інформаційних систем (ІС) на основі експертного досвіду фахівців – конструкторів, інженерів-випробувачів, експлуатаційників. Насамперед мова йде про комп'ютерні функціональні системи (ФС) технічного сервісу, знання яких можна легко оновлювати та адаптувати до нових умов, а також масштабувати на інші об'єкти.

Міжнародний досвід демонструє, що створення ІС або комп'ютерні ФС, призначених для підтримки інтелектуальної діяльності персоналу, є складною науково-технічною задачею. У сфері експлуатації ВА такі питання розглядалися лише частково. Водночас на практиці їхнє впровадження ускладнюється відсутністю ефективних методів формалізації знань з предметних галузей, а також недоліком інженерних підходів до розробки таких систем. Наразі на ринку відсутні ІБД цього рівня.

Попри це, сучасні світові тенденції однозначно свідчать, що впровадження НДЗ та ІЗ у контексті життєвого циклу ТС є одним із ключових напрямів у підвищенні якості ТО. У цьому зв'язку актуальним стає створення нових методів ТО ВА з використанням інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень, зокрема ІС та комп'ютерних ФС ТС.

Для конкретного підприємства є можливість розробки індивідуальної бази даних (ІБД) для ТОіР, яку можна ефективно застосовувати під час створення ІС ТО в межах будь-якого АТП.

Ефективність впровадження ІБД визначається її структурною організацією, чисельністю та складом автоматизованих робочих місць (АРМ), переліком функціональних завдань, що вирішуються, а також використовуваними технічними засобами. Застосування ІБД підвищує ефективність не лише праці персоналу, але й загальної продуктивності виробничих процесів.

Серед основних чинників, які впливають на якість роботи системи ТО, особливе значення мають оперативність та якість виконуваних операцій. Ці показники значною мірою залежать від професійної підготовки виконавців, а також наявності актуальної НТД і повної інформації щодо об'єкта обслуговування.

Оперативність обслуговування безпосередньо пов'язана з трудомісткістю робіт, під якою розуміють витрати праці на виконання певної операції або їх сукупності в конкретних

умовах. Вимірюється трудомісткість у нормо-одинацях – людино-годинах або людино-хвилинах – і поділяється на нормативну та фактичну.

Фактична трудомісткість t_{ϕ} визначає реальні витрати часу, необхідні виконавцю для виконання конкретної операції:

$$t_{\phi} = (t_{on} + t_{nz} + t_{obc} + t_{oid})K_n, \quad (1)$$

де $t_{on} = t_{oc} + t_{ood}$ – оперативна тривалість часу проведення операції ТО;

t_{oc} – основна тривалість часу здійснення операції ТО;

t_{ood} – час забезпечення можливості здійснення операції

t_{nz} – підготовчо-заключний час, що необхідний для ознайомлення фахівця (оператора) з інформацією по проведенню робіт, ТС вузлів, систем і агрегатів ВА та ін.;

t_{obc} – час для обслуговування робочого місця;

t_{oid} – час для перерви та відпочинку оператора;

K_n – кратність повторення операцій ТО.

Фактичний час виконання операцій ТО має ймовірнісну природу і його значна варіація залежить від технічного стану та терміну служби ВА, умов виконання операцій ТО і Р, обладнання, кваліфікації персоналу та інших факторів, як правило, фактичний час відрізнятиметься від нормативного. Тривалість виконання аналогічних операцій у операторів вищої кваліфікації менша, ніж у операторів, що мають нижчу кваліфікацію.

Операції ТО ВА часто виконуються з технологічно пов'язаними повторюваними операціями супутнього поточного ремонту малої трудомісткості.

Аналіз факторів низької якості виконання операцій ТС представлено у вигляді причинно-наслідкової діаграми (рис.1).

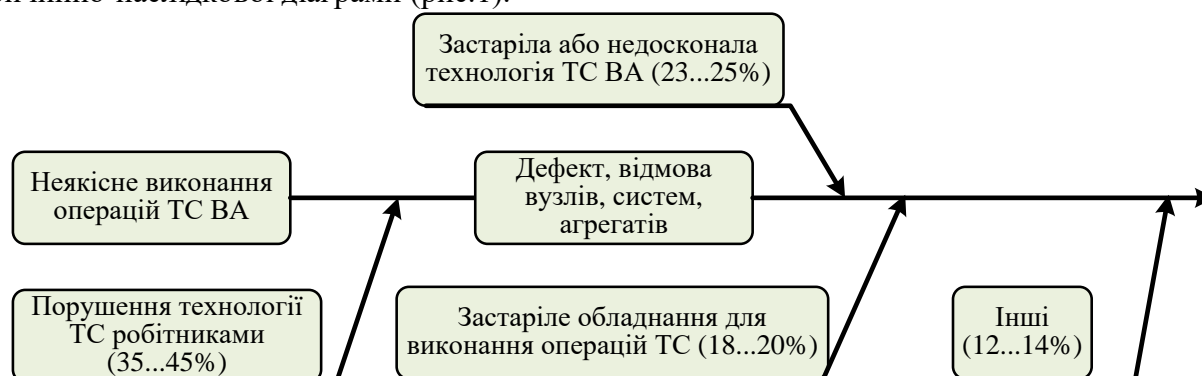


Рисунок 1 – Блок-схема причинно-наслідкової діаграми впливу факторів на виконання низької якості операцій технічного сервісу

Виявлено, що дослідження причин дефектів вузлів, систем і агрегатів ВА необхідно передусім визначати за категорією "порушення технології ТО і Р операторами". Зазначене становить 35...44 % від сукупності ряду причин.

Однією з основних умов ефективної організації та виконання операцій ТОіР вантажних автомобілів (ВА) є забезпечення кожного фахівця та виконавця повним комплектом НТД і керівних матеріалів, що охоплюють усі аспекти підготовки та реалізації технічних заходів. Крім того, необхідно впроваджувати засоби автоматизованого розрахунку прогнозних і оціночних показників на основі результатів діагностики.

У зв'язку з цим однією з нагальних проблем удосконалення системи ТО і Р є інтеграція в її структуру інформаційно-консультаційного супроводу, а саме – створення бази НДЗ та ІЗ, що стосуються процесів технічного обслуговування і ремонту вантажних автомобілів.

Необхідність впровадження інформаційних ресурсів і сучасних інформаційних

технологій у процес модернізації систем ТО та ТД обумовлена такими чинниками:

- зростаюча складність конструкцій вантажних автомобілів, обладнання та інструментів, що супроводжується відповідним збільшенням обсягів інформації;
- розвиток ринкових відносин, подорожчання інформаційних ресурсів і їх фрагментація у численних публікаціях, що обмежує доступ до необхідних даних для ефективного діагностування, обслуговування і прогнозування технічного стану.

Усе це зумовлює потребу в централізації релевантної інформації у спеціалізованих інформаційних відділах промислових АТП і ПТС, що дозволить істотно підвищити ефективність управління процесами ТО і Р вантажних автомобілів.

Основним завданням НДЗ і ІЗ є скорочення часу знаходження та систематизації інформації з метою задоволення інформаційних потреб фахівців, що стосується системи ТОіР. Тому актуальним є завдання створення нового інформаційного середовища НТД із КФС, заснованого на електронних ресурсах. Це дає можливість не тільки зберегти, провести пошук, передати і використати наявні знання, але й генерувати нову інформацію. Формування нового інформаційного середовища на базі комп'ютерних мереж та інтернету вимагає його більш повним і якісним наповненням загальнодоступними базами та даними, експертними та рекомендуваними системами. Крім того вони повинні бути здатними функціонувати як загальнодоступні. При цьому забезпечується розширення інформаційного сервісу і в подальшому якісному функціонування системи ТС в КФС. У найближчій перспективі питання автоматизації та інформатизації системи технічного сервісу матимуть першорядне значення.

Подібні питання розробки НДЗ і ІЗ дотепер не мали системного фрагментарний характеру. Впровадження таких систем на практиці стримується труднощами математичної формалізації знань та недосконалістю методів інженірингу. Належний рівень її використання ще не отримав розвитку і потребують спеціальних досліджень. До цього часу на інформаційному ринку відсутні бази такого класу.

В даний час ведуться роботи зі створення ІС обслуговування на смартфоні. Вирішено завдання формування спеціалізованої ІБД з технічної експлуатації ВА у вигляді локального інформаційного фонду (ЛІФ), що містить всі необхідні фактографічні дані, а також знання концептуально-алгоритмічного та інших видів цієї проблематики.

На даний момент розроблено ІС у вигляді трьох складових. Перші дві складові з них носять загальний характер, а третя орієнтована на рішення конкретної, цілком певної задачі квазіенциклопедії з технічної експлуатації ВА та розглядається система інформаційного супроводу ТО та ТД.

Нові інформаційні технології контролю реалізовані технічними пристроями на основі мікропроцесорної техніки та, зокрема, персонального комп'ютера (ПК). Такі технічні рішення дозволяють інтенсифікувати контроль у напрямку, або збільшення кількості контрольних операцій, або застосування апарату прогнозування для розрахунку термінів обслуговування за результатами попереднього контролю. Однак, існуючі технічні рішення з цього питання в нових режимах функціонування системи ТО і Р ВА часто не є ефективними. Тому їх необхідно вдосконалювати. З цією метою розроблено аналітичні методи проектування технологічного процесу експлуатаційного контролю в системі ТО та створено нові оперативні технічні засоби.

На теперішній час є окремі наукові розробки орієнтовані на створення певних компонентів та складових НДЗ і ІЗ фахівців інженерно-технічної системи, бази фактографічних та інших даних, що розміщуються у спеціальних центрах для того, щоб будь-який працівник галузі міг би звернутися із запитом до них для отримання відповідної інформації. Водночас система НДЗ і ІЗ має бути доповнена локальними інформаційними фондами, подібно до того, коли поряд з великими бібліотеками існують невеликі бібліотеки різних підприємств і навіть особисті бібліотеки, які успішно виконують багато функцій НДЗ

і ІЗ різних категорій працівників.

Зібрано та систематизовано інформаційний матеріал про ремонтно-технологічне обладнання (РТО), що випускається підприємствами України, та розроблену НТД з обслуговування ВА, і дозріла необхідність сформувати окремим блоком інформаційний матеріал процесів ТО ВА. Розроблені заходи щодо підвищення ефективності сервісного обслуговування АТП за рахунок встановлення виробничих параметрів та складу центральної ремонтно-технічної бази, покращення кадрового забезпечення на підставі розподілу та організації робіт з технічного сервісу.

По НДЗ і ІЗ інженерно-технічної сфери розроблено методологію створення інформаційних систем, що дозволяє реалізувати в єдиному інформаційному середовищі автоматизований інформаційний супровід ВА протягом його повного життєвого циклу (тобто CALS-технології). Розроблено також узагальнений метод формування та використання баз даних на основі знань фахівців, що включає в себе: методики оцінки та відбору експертів; методику оцінки та відбору інформації для формування БД; методику розподілу документів за тематиками та їх значущістю; методику пошуку необхідної та достатньої для фахівця інформації. При цьому програмні продукти дозволяють фахівцям та керівнику АТП, ПТС отримувати необхідну та достатню інформацію для прийняття правильних та ефективних рішень.

В основу розроблених програм для ПК, закладено принцип діагностування, заснований на аналізі вихідних динамічних характеристик об'єкта. Програма дозволяє переглядати будь-яку обрану ділянку осцилограми шляхом її укрупнення. Основна відмінність даного діагностичного комплексу полягає в тому, що програма, встановлена в будь-який персональний комп'ютер з невеликою кількістю елементів, що перетворюють. Це дозволяє не просто візуально спостерігати за процесами в діагностованих об'єктах, але аналізувати і робити висновок за результатами діагностики. Висновок визначається без участі оператора, що дозволяє уникнути помилок, пов'язаних з його кваліфікацією та досвідом, а вартість такого обладнання значно нижча за вартість стаціонарних мотор-тестерів.

На кафедрі експлуатації та ремонту машин розроблено теоретичні основи ТД агрегатів та систем ВА, що реалізують принципи автоматичного управління ймовірними методами у складі об'єднаної діагностичної системи (ОДС), до якої входять безліч оснащених локальними діагностичними комплексами (ЛДК) постів діагностування. У процесі виведення діагностики на окремому посту відбувається обмін інформацією з іншими постами через сервер ОДС. Результати діагностування накопичуються та обробляються, стаючи невід'ємною частиною самої діагностичної системи.

Така накопичена інформація дає уявлення про вік ВА, проведені операції ТО і Р. А особливо вона важлива, коли несправність є наслідок неправильно виконаного оператором операцій ТО і РР. Це дозволяє формувати апріорну інформацію про об'єкти, аналогічні не тільки за модифікаціями, але й за умовами технічної експлуатації.

Одним з методів та способів підвищення якості проведення операцій з ТО і Р ВА, наявними на сьогоднішній день технічними засобами та працівниками різної кваліфікації, пропонується використання ІС та методів ШІ прийняття рішень. При цьому застосовуються нові ІТ. З'ясовано наукові основи формування системи інформаційної підтримки ТО і Р ВА та ефективне використання обладнання виробничого підприємства, прийоми формування ІБ ТО і Р та її оптимізація при управлінні ТО і Р. Одним із способів оптимізації ІС пропонується загальний файловий блок-генератор, який здатний створювати шаблони документів.

Розглядалися питання ІЗ при організації та проведенні ТО автомобілів, досліджувані джерела та методи отримання інформації, а також використання комп'ютерної та мережевої техніки при управлінні виробництвом АТП. Встановлено, що інтранет та інтернет-технології

з переходом до мережевих комп'ютерних технологій забезпечують оперативний обмін інформації, що сприяє підвищенню ефективності робіт на підприємствах ТОiP при значному зниженні трудовитрат;

В напрямку дослідження методів комп'ютерної діагностики ВА проводились роботи зі створення стендів модульного типу, що реалізують енергозберігаючі методи діагностування гальмівних якостей сучасних автомобілів, у т.ч. і з антиблокувальними системами. Об'єднано у єдину інформаційну мережу сукупність діагностичної інформації, отриманої від багатьох об'єктів та засобів діагностування, автоматизовано технологію діагностування.

Проведено удосконалення фірмового обслуговування автомобілів у дилерсько-сервісних центрах з використанням ІБ. Розроблена ПС дилерсько-сервісного центру для забезпечення можливості вибору раціональних рішень з управління складною системою фірмового обслуговування автомобілів на основі аналізу статистичної інформації та комп'ютерного експерименту на імітаційній моделі.

Показано, що удосконалення управління якістю ТО можливо проводити на основі застосування нової ІТ. Шляхи підвищення ефективності обробки інформації при управлінні якістю ТО проводили на основі розробки та застосування ІТ, що адаптується до специфіки діяльності АТП і ПТС шляхом розробки програмного комплексу на ПК для комп'ютерного НДЗ і ІЗ системи управління якістю проведення операцій ТО.

Розроблено кілька версій програми "АвтоКаталог", що представляє собою довідково-інформаційну систему. АвтоКаталог є електронним каталогом запчастин, комп'ютерним довідником з інформацією про налаштування різних марок автомобілів. Але водночас цей каталог не містить усієї інформації, необхідної для проведення технологічних процесів ТО автомобілів. В програмі відображені основні аспекти НДЗ і ІЗ технічної експлуатації ВА. Зазначимо, що спеціальні дослідження з нормативно-документальної підтримки ТО ВА, ще не були проведені в джерелах інформації, в яких представлені описи виконання операцій ТО і ТД, слюсарно-монтажних інструментів, контрольно-вимірювальних приладів, витратних матеріалів у відповідності до нормативних потреб.

Для спрощення технологічної інформації та НДЗ і ІЗ робочого місця оператора за видами робіт ТО автомобілів розроблені операційні карти, які включають певні компоненти інформації по ТО автомобілів. Однак отримані зазначені матеріали в багатьох випадках мають узагальнений характер, а тому користувач повинен добре володіти відомостями про особливості проведення операцій ТО стосовно конкретної моделі автомобілів. Це зумовлює досить високий рівень підготовки спеціаліста (оператора) з обслуговування автомобілів. Дані матеріали ще не достатньо не досконалі, потребують доповнення новою інформацією з урахуванням модернізації та внесення конструктивних змін до автомобіля. Крім того, операції ТД та ТО необхідно коректно взаємопов'язувати в процесі ТС автомобілів.

Список використаних джерел

1. Матвієнко О. О., Аулін В. В. Класифікація типів сигналів та методів машинного навчання для інтелектуальної оцінки технічного стану мобільних машин підприємств агропромислового виробництва. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр.* 2025. Вип. 11(42). Ч. 2. С. 298-312.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В. Інформаційна технологія оцінки технічного стану об'єктів на основі теорії чутливостей функції. Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2016)", 17-18 травня 2016 року, Київ, Україна. К.: НАУ, 2016. С. 196-197.
3. Аулін В.В., Гриньків А.В. Метод визначення тенденцій зміни технічного стану засобів транспорту з використанням критеріїв статистичної інформативності та відносної чутливості. 36. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 22-23 лют. 2018 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. С. 132-135.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. Ступінь забезпечення надійності та якості пасажирських і вантажних автомобільних перевезень в Україні національними та міжнародними стандартами. *Вісник інж. академії України*. 2016. №3. С.156-162.
5. Аулін В.В., Голуб Д.В., Великодний Д.О., Дьяченко В.О. Розв'язання проблеми надійності технологічних процесів вантажних перевезень підприємствами агропромислового виробництва. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. Вип. 1(32). Кропивницький: ЦНТУ, 2019. С.36-45.

UDC 656.13:349.6(477)

PECULIARITIES OF LEGAL REGULATION OF ROAD TRANSPORT IN UKRAINE

A.A. Serhiichuk, *PhD student,*
Ye.M. Kozachenko, *PhD student.,*
V.V. Aulin, *Prof., Dr. tech. sci,*
A.V. Hrynkiv, *Senior Researcher, PhD tech. sci,*
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

Transport is one of the most highly regulated spheres of social relations due to its increased danger to human life and health, its significant impact on the environment, and its key role in the functioning of the economy and national security of the state. Accordingly, the legal regulation of transport has a pronounced public-law character and is primarily aimed at ensuring transport safety, establishing legal norms for the proper technical condition of vehicles, and minimizing the negative consequences of transport activities.

A distinctive feature of transport regulation is the combination of general legal norms of administrative, commercial, and environmental law with special norms that establish mandatory technical requirements for vehicles, infrastructure, and operational processes. Through such norms, the state specifies safety requirements and translates them from general declarations into legally binding rules of conduct for participants in transport activities.

The relevance of studying transport regulation is driven by systemic problems in this field, including the fragmentation of the regulatory framework, the persistence of outdated technical standards, insufficient effectiveness of state control over the technical condition of vehicles, and a high level of road traffic injuries. These problems indicate the need to rethink approaches to legal support for transport safety and to shift from a reactive regulatory model to a preventive one.

In this context, the Vision Zero concept becomes particularly important. It has emerged as a modern strategy of state policy in the field of transport safety and is based on the principle of the inadmissibility of fatalities and serious injuries resulting from road traffic accidents. From a legal perspective, Vision Zero directs the state toward forming a system of legal mechanisms aimed at preventing transport risks, including through mandatory technical requirements, effective control, and legal liability.

The legal regulation of transport in Ukraine is a complex, multi-level phenomenon encompassing a set of legal norms, institutions, and mechanisms aimed at organizing, conducting, and ensuring transport activities. Transport is inherently associated with increased danger, which necessitates active state involvement in establishing mandatory rules of conduct, monitoring compliance, and applying legal sanctions.

The public-law nature of transport regulation is primarily due to the need to protect public interests, especially the safety of human life and health. Unlike private-law relations, where the dispositive method prevails, the transport sector is characterized by the dominance of imperative norms that define mandatory requirements for vehicle admission to operation, conditions of transportation, technical condition of rolling stock, and procedures for its inspection.

The system of transport regulation is formed through the combination of norms from various branches of law. Administrative law norms define the powers of state authorities, procedures for state supervision and control, and mechanisms for imposing liability for violations of transport legislation. Commercial law norms regulate the activities of business entities in the transport sector, conditions of access to the transport market, and rules of entrepreneurial activity. Environmental

law norms establish restrictions related to the negative impact of transport on the environment and define ecological standards for vehicle operation.

A significant place in transport regulation is occupied by special norms that establish technical requirements for vehicles and their operation. These norms specify general legal provisions and create a legal basis for assessing compliance with established safety standards. Through technical requirements, legal regulation acquires a practical dimension, as it translates abstract legal norms into clearly defined and controllable criteria.

In line with modern approaches to transport safety, legal regulation is increasingly oriented toward a preventive model. This model involves not only responding to violations or the consequences of accidents but primarily creating legal conditions that minimize risks at the stages of vehicle design, production, and operation. This approach aligns with Vision Zero, which views transport safety as the result of a comprehensive legal and organizational system.

Thus, transport regulation should be regarded as a key instrument for implementing state policy in the field of safety. Its effectiveness depends on the coherence of legal acts, clear delineation of powers among state authorities, effective control mechanisms, and the ability of legislation to adapt to modern challenges and European standards. These aspects require further analysis, particularly regarding the role of technical requirements and mechanisms for their implementation.

One of the key features of transport regulation is the combination of general legal provisions with technical requirements that establish specific safety parameters for vehicles and operating conditions. Technical requirements are not an autonomous element but a component of the legal mechanism through which the state performs its safety function in the transport sector.

Technical requirements in transport regulation are established primarily through technical regulations, vehicle operation rules, technical condition standards, and mandatory inspection procedures. Their legal nature lies in establishing binding criteria, compliance with which is a prerequisite for vehicle admission to transportation activities. Thus, technical requirements specify the general duties of participants in transport relations and create legal grounds for assessing the legality of their behavior.

Legal mechanisms for ensuring compliance with technical requirements include conformity assessment and state control. Conformity assessment determines whether a vehicle or other regulated object meets established standards, while state control verifies compliance during operation. The combination of technical requirements and control procedures ensures the real effectiveness of transport regulation.

From a legal-theoretical perspective, technical requirements perform a preventive function, as they aim to prevent dangerous situations before negative consequences occur. This approach aligns with the modern model of transport safety, which emphasizes eliminating causes and conditions of accidents rather than punishing consequences. In this sense, technical requirements are a key tool for implementing Vision Zero, which calls for zero tolerance for fatalities and serious injuries in road accidents.

Legal mechanisms for enforcing technical requirements also include legal liability. Violations of technical norms may result in administrative, commercial, or other types of liability depending on the nature and consequences of the offense. Clearly defined sanctions strengthen the regulatory impact of technical requirements and encourage compliance.

However, the effectiveness of these mechanisms depends heavily on the coherence of legal acts, clear distribution of powers among state authorities, and adequate institutional capacity. Poor coordination, regulatory gaps, or a formal approach to control significantly reduce transport safety and contradict the declared goals of state policy.

In the context of European integration, harmonization of technical requirements and legal mechanisms with EU law becomes particularly important. The European approach includes clear safety standards, transparent conformity assessment procedures, and effective control. For Ukraine,

this requires not only adopting European norms but also creating a functional legal system capable of reducing transport risks in line with Vision Zero principles.

Thus, technical requirements and legal mechanisms for their implementation form the core of the transport safety system. They connect strategic policy goals with concrete legal tools and create a foundation for further development of transport regulation based on prevention and systemic state responsibility.

Modern approaches to transport safety increasingly rely on Vision Zero, which sets zero tolerance for fatalities and serious injuries as a strategic policy goal. In legal terms, this concept shifts the focus from responding to violations to forming preventive legal mechanisms.

Implementing Vision Zero in transport regulation requires recognizing the leading role of the state in creating a safe transport environment. Responsibility for safety cannot rest solely on road users or transport operators; the state must ensure a proper legal framework with mandatory technical requirements, safety standards, effective control procedures, and legal liability mechanisms.

Vision Zero is reflected in norms aimed at preventing transport risks: requirements for vehicle design and technical condition, mandatory active and passive safety systems, regulation of operating modes, and enhanced control standards. These norms create a legal environment where safety takes precedence over economic convenience.

A key element of Vision Zero implementation is integrating technical requirements into the overall system of transport regulation. Technical regulations, operating rules, and conformity assessment procedures serve as legal tools enabling the state to influence safety at the stage of vehicle admission to operation rather than post-factum.

However, implementing Vision Zero in Ukraine faces legal and organizational challenges, including fragmented regulation, insufficient alignment between strategic documents and legislation, and limited effectiveness of control mechanisms. As a result, declared goals of reducing mortality and injuries are not always supported by concrete legal instruments.

In the context of European integration, Vision Zero aligns with EU approaches to transport regulation and road safety. Harmonization requires not only adopting norms but also adapting the legal system to the principle of systemic state responsibility for safety.

Thus, Vision Zero in transport regulation serves not only as a strategic goal but also as a methodological foundation for shaping a modern transport policy model. Its effective implementation requires comprehensive development of regulation that integrates technical requirements, control mechanisms, liability, and coherence of legal acts into a unified transport safety system.

References

1. Матвієнко О. О., Аулін В. В. Класифікація типів сигналів та методів машинного навчання для інтелектуальної оцінки технічного стану мобільних машин підприємств агропромислового виробництва. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки* : зб. наук. пр. 2025. Вип. 11(42). Ч. 2. С. 298-312.
2. Аулін В.В., Голуб Д.В. Аналіз проблем правового забезпечення надійності доставки вантажів і пасажирів автомобільним транспортом. Збірник тез доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців "Підвищення надійності машин і обладнання". - Кіровоград: КНТУ, 2016. - С.10-12.
3. Аулін В.В., Голуб Д.В. Нормативно-правове забезпечення надійності функціонування транспортних систем в Україні. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія технічні науки*. - 2016. - №2 (77). - С.28-35.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В.. Ступінь забезпечення надійності та якості пасажирських і вантажних автомобільних перевезень в Україні національними та міжнародними стандартами. *Вісник інж. академії України*. 2016. №3. С.156-162.
5. Аулін В.В., Голуб Д.В., Великодний Д.О., Дьяченко В.О..Розв'язання проблеми надійності технологічних процесів вантажних перевезень підприємствами агропромислового виробництва. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. Вип. 1(32). Кропивницький: ЦНТУ, 2019. С.36-45.

УДК 656.13

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ КОМБІНАЦІЙ МЕТОДІВ ЗМІЦНЕННЯ ДЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ ДЕТАЛЕЙ З РІЗНИМ МЕХАНІЗМОМ ЗНОШУВАННЯ

В.М. Чумак, асп.,

Є.В. Манько, асп.,

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,

С.В. Лисенко, доц., канд. техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

У рамках дослідження розглядаються вісім типів ресурсовизначальних деталей автомобільної та сільськогосподарської техніки, які характеризуються різними домінуючими механізмами зношування, матеріалами та умовами експлуатації. Вибір цих деталей обумовлений їх критичним впливом на загальну надійність техніки та необхідністю охоплення основних типів зношування: абразивного, втомного, корозійно-механічного та абразивно-ґрунтового.

Для кожного типу деталі розглядаються три категорії методів зміцнення: термообробка (5 методів), покриття (4 методи) та комбіновані технології (5 методів). Кожен метод характеризується набором керованих параметрів, що формують простір оптимізації.

Запропонована система складається з двох ключових модулів: прямої нейромережевої моделі прогнозування зносу та оптимізаційного модуля на базі генетичного алгоритму.

Архітектура прямої моделі розширює підхід, шляхом додавання параметрів зміцнення до вхідного простору. Модель приймає 24 вхідних параметри, що поділяються на три групи: група 1 - параметри УОД деталі (12 параметрів); група 2 - параметри термообробки (6 параметрів); група 3 - параметри покриття (6 параметрів).

Топологія мережі оптимізована для розширеного вхідного простору:

– вхідний шар: 24 нейрони;

– перший прихований шар: 256 нейронів з функцією активації ReLU;

– другий прихований шар: 128 нейронів з функцією активації ReLU;

– третій прихований шар: 64 нейрони з функцією активації ReLU;

– четвертий прихований шар: 32 нейрони з функцією активації ReLU;

– вихідний шар: 2 нейрони з лінійною активацією (інтенсивність зносу та залишковий ресурс).

Пакетна нормалізація (BatchNorm) та Dropout з коефіцієнтом 0,3 застосовуються після кожного прихованого шару. Оптимізатор Adam зі швидкістю навчання 3×10^{-4} та розміром батчу 256 зразків. Загальна кількість параметрів моделі складає приблизно 45 000, що забезпечує достатню ємність при збереженні обчислювальної ефективності.

Параметри генетичного алгоритму: розмір множини рішень-кандидатів – 200, кількість ітерацій – 500, ймовірність мутації - 0,05, ймовірність кросовера – 0,8, турнірна селекція з розміром турніру 3.

Обмеження оптимізації включають: технологічну сумісність (не всі комбінації термообробки та покриття є технологічно можливими); температурні обмеження (температура нанесення покриття не повинна перевищувати температуру відпуску загартованого шару); мінімальна адгезія покриття ≥ 20 Н.

Датасет обсягом 40000 зразків сформовано з двох джерел:

1. Синтетичні дані з підвищеною точністю (20 000 зразків) - згенеровані для імітації

умов реальних лабораторних випробувань. Параметри зміцнення та характеристики деталей обирались у вузьких, технологічно обґрунтованих діапазонах, що відповідають типовим промисловим режимам. Стохастична компонента з коефіцієнтом варіації 5...10% відображає реалістичний розкид результатів.

2. Синтетичні дані з розширеним охопленням (20000 зразків) – згенеровані з ширшим діапазоном параметрів для дослідження всього простору можливих рішень на основі каліброваних фізичних моделей зношування: модифікована модель Арчарда для абразивного зношування, модель Пальмгрена-Майнера для втомного, комбінована модель для корозійно-механічного та кастомізована модель для абразивно-грунтового зношування. Параметри зміцнення інтегровані через модифікацію коефіцієнтів зношування:

$$K_{eff} = K_{base} \cdot \alpha_{HT}(T, t, d) \cdot \alpha_{coat}(h, H_c, \mu_c) \quad (2)$$

де K_{base} – базовий коефіцієнт зношування без зміцнення; α_{HT} – поправочний коефіцієнт термообробки, що залежить від температури T , тривалості t та глибини зміцненого шару d ; α_{coat} – поправочний коефіцієнт покриття, що залежить від товщини h , твердості H_c та коефіцієнта тертя μ_c покриття.

Коефіцієнти α_{HT} α_{coat} визначені на основі фізичних закономірностей зміцнення та мають значення в діапазоні 0,05...1,0 (де менше значення відповідає більшому ефекту зміцнення). Стохастична компонента з коефіцієнтом варіації 10...20% додана для відображення реальної варіабельності результатів зміцнення.

Розподіл датасету: навчальна вибірка - 70% (28 000 зразків), валідаційна – 15% (6000 зразків), тестова – 15% (6000 зразків).

Навчання прямої MLP-моделі проведено протягом 85 епох з ранньою зупинкою (patience = 20). Динаміка навчання демонструє стабільну збіжність без ознак перенавчання завдяки застосуванню BatchNorm та Dropout.

Найвищу точність прогнозування отримано для гільз циліндрів ($R^2 = 0,9683$) та поршневих кілець ($R^2 = 0,9665$), що пояснюється більш стабільними умовами експлуатації автомобільних деталей. Для більшості деталей сільськогосподарської техніки MAPE знаходиться в діапазоні 5...7%, що є прийнятним для прогностичних задач такого класу. Виняток становлять підшипники кочення ($R^2 = 0,3284$, MAPE = 21,55%), що свідчить про значну нелінійність та варіабельність їх поведінки в умовах синтетично розширеного простору параметрів і вказує на необхідність додаткового збору реальних даних для цього типу деталей.

Оптимізаційний модуль NSGA-II з множиною 200 рішень-кандидатів протягом 500 ітерацій визначив оптимальні комбінації зміцнення для кожного типу деталі.

Результати демонструють, що оптимальні комбіновані методи зміцнення забезпечують суттєво більший приріст ресурсу, ніж окремі методи. Для автомобільних деталей приріст ресурсу становить 143...195%, а для деталей сільськогосподарської техніки – 166...196%. Варто зазначити, що для підшипників кочення покриття (6289 год) поступається базовому ресурсу (8000 год) при ізольованому застосуванні, проте комбінований підхід забезпечує суттєве підвищення до 19475 год (+143%).

«Синергетичний ефект» відображає додатковий приріст ресурсу від комбінації порівняно з сумою окремих ефектів термообробки та покриття. Для більшості деталей домінуючим методом термообробки є азотування при 500°C, тоді як оптимальний тип покриття варіюється: PVD для автомобільних деталей та деталей з низькоабразивними умовами, борування - для деталей з інтенсивним зношуванням. Найвищий синергетичний ефект (+50%) спостерігається для шестерень КП, підшипників кочення та гільз циліндрів, найнижчий (+6%) – для культиваторних лап.

Для кожного типу деталі побудовано Парето-фронт у просторі «прогнозований

ресурс-вартість зміцнення». Аналіз Парето-фронтів дозволив виділити три характерні зони рішень:

Зона 1 (економічна) – бюджетні рішення з помірним ефектом: переважно лише термообробка (гартування або нормалізація), приріст ресурсу 30...60%, відносна вартість 0,8...1,5. Рекомендовано для масового виробництва з обмеженим бюджетом.

Зона 2 (оптимальна) – збалансовані рішення: комбінації «термообробка + недороге покриття» (борування, наплавлення), приріст ресурсу 80...150%, відносна вартість 2,0...3,5. Найкраще співвідношення ціна/ефективність для більшості застосувань.

Зона 3 (преміальна) - максимальний ефект: комбінації з PVD/HVOF покриттями, приріст ресурсу 150...210%, відносна вартість 4,0...5,5. Доцільно для критичних вузлів з високою вартістю простою.

Список використаних джерел

1. Аулін В.В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах: монографія. 2014. 370 с.
2. Аулін В.В., Лізунов С.М., Бобрицький В.М. Залежність інтенсивності зношування деталей від технологічних факторів лазерної обробки. Вісник ХДГУСГ. 2003. С.101-105.
3. Аулін В.В. До дослідження процесів тертя та зношування конструкційних матеріалів триботехнічного призначення. Зб. наук. праць КДТУ "Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація". Вип.14. 2004. С.221-216.
4. Аулін В.В. Напрямки побудови фізико-математичних моделей процесів тертя та зношування в машинах. Вісник Харківського нац. техн. університету с/г. Вип. 40. Техн. сервіс АПК, техніка та техн. у с/г машинобудуванні. Харків. 2005. С.349-354.
5. Аулін В.В. Зносостійкість гетерогенних композиційних матеріалів та покриттів в умовах абразивного зношування. Праці Таврійської держ. агротехн. академії. Вип.39. Мелітополь, ТДАТА, 2006. С.38-43.
6. Аулін В.В., Кузик О.В., Тихий А.А., Лисенко С.В., Жилова І.В. Механізми внутрішнього та зовнішнього тертя та їх вплив на процеси зношування трибоспряження деталей машин. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С.250-260.
7. Аулін, Лисенко С.В., Жилова І.В., Грачов Т.А. Управління процесами тертя та зношування деталей за допомогою нанесення багатокомпонентних та багатошарових покриттів. Матеріали Іої Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 17-19 квітня 2019 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2019. С.50-52.
8. Аулін В.В., Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Гриньків А.В. Вплив режимів експлуатації на зношування деталей, виготовлених з полімерно-композитного матеріалу. Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2018. №4. С.65-69.
9. Аулін В.В., Жилова І.В., Лисенко С.В. Мезомеханіка – сучасний підхід до теорії зношування. Зб. тез доповідей XII Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Підвищення надійності машин і обладнання». Кропивницький: ЦНТУ, 2018. С. 75-77.
10. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В., Жилова І.В. Фізико-мезомеханічний підхід до виявлення характеру зношування спряжень деталей сільськогосподарської і автотранспортної техніки. Проблеми трибології (Problems of tribology). Хмельницький. ХНУ, 2017. №4. С.82-86.
11. Аулін В.В. Рівняння стану елементів трибосистем та режими їх зношування. Зб. тез матеріалів міжнар. наук.-практ. конф. "Трибологія, енерго- та ресурсозбереження" яка проводилась в рамках "Ольвійського форуму - 2015", 3-6 червня 2015, Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2015. С.9-11.
12. Манько Є. В., Чумак В. М., Аулін В. В., Тихий А. А. Механізми зміцнення матеріалів деталей машин та розробка комбінованих технологій на основі лазерного легування. Зб. тез доповідей XII Міжнар. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» 20-21 лют. 2025 р., м. Київ / МОН України, НУБіП. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. С.467-469.
13. Аулін В.В., Кузик О.В. Особливості контактної взаємодії деталей, зміцнених композиційними матеріалами. Матеріали X Міжнар. наук.-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації с.-г. техніки. Кіровоград: КНТУ, 2015. С.153-154.
14. Аулін В.В., Лисенко С.В. Триботехнології відновлення спряжень деталей дизелів транспортних засобів та керування процесами зміцнення їх робочих поверхонь. Матеріали VIII міжн. наук.-практ. конф. "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 19-21 жовтня 2015 року: зб. наук. праць. Міністерство освіти і науки України, Вінницький національний технічний університет [та ін.]. Вінниця: ВНТУ, 2015. С. 24-27.

UDC 339.9:658

THE IMPACT OF ENTERPRISES' FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY ON THE EFFICIENCY OF THEIR OPERATIONS

V.V. Aulin, *Prof., Dr. tech. sci,*
D.V. Holyb, *Assoc. Prof., PhD tech. sci,*
O.M. Moskovchenko, *student of the group LAT-25Mz.,*
S.A. Sanzhakov, *student of the group TT-22.,*
Yu.I. Sydorenko, *student of the group TT-23-2.,*
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

All goods moving across the customs border of the European Union (EU) are subject to customs declaration for the purpose of being placed under a declared customs procedure. For enterprises, imported goods include raw materials, semi-finished products, and consumables for the production of finished goods, as well as parts, components, and equipment required to maintain, modernize, or expand the company's production capacities.

The freedom of movement of goods within mutual trade among EU Member States, ensured by the Treaty establishing the EU, does not always fully meet the growing needs of domestic enterprises. The single economic area formed by the territories of EU Member States does not always satisfy the requirements of participants in mutual trade—neither in expanding markets for finished products nor in obtaining sufficient quantities of raw materials, consumables, spare parts, and components necessary for increasing production volumes or mastering new product lines. Therefore, the role of foreign economic activity (FEA), which includes trade with third countries (states that are not EU members), is particularly significant in a market economy. Moreover, the expansion of foreign economic relations of domestic enterprises contributes to Ukraine's integration into the global economy.

The field of international freight transportation is comprehensively regulated, as it requires compliance with both national and international law. The main documents governing international transportation in Ukraine include:

- The Customs Code of Ukraine No. 4495-VI of 13.03.2012 – the fundamental legal act establishing the procedure for moving goods across the customs border, customs control procedures, and the functioning of customs regimes.

- The Law of Ukraine “On Transport” – defines the general principles of the functioning of Ukraine's transport system and the rights and obligations of participants in the transport process.

- The National Transport Strategy of Ukraine until 2030, approved by CMU Resolution No. 1550 of 27 December 2024 – outlines key directions for the development of the transport sector, including digitalization, integration into the European TEN-T network, development of multimodal transport, and modernization of logistics infrastructure.

- The Revised Kyoto Convention on the Simplification and Harmonization of Customs Procedures (WCO, 1999) – an international standard in customs administration.

- The Convention on the Contract for the International Carriage of Goods by Road (CMR), Geneva, 1956 – regulates carrier liability and transport documentation.

- The TIR Convention (Geneva, 1975) – simplifies the transit of goods across several countries without repeated customs inspections.

- The International Convention on the Harmonization of Frontier Controls of Goods (Geneva, 1982) – provides for coordination among border, customs, transport, and other authorities.

In addition, Ukraine is actively harmonizing its legislation with the EU Union Customs Code (2013), which establishes unified principles of customs policy within the EU.

For many domestic enterprises of various forms of ownership that have obtained the right to operate in foreign markets, foreign economic operations have organically become an integral part of their overall financial and economic activity. Conducting FEA allows enterprises to obtain a number of tangible advantages.

First, independent and autonomous FEA provides enterprises with a unique opportunity to enter foreign markets directly, without intermediaries.

Second, access to international trading platforms enables enterprises to choose among alternative suppliers of raw materials, semi-finished products, assemblies, spare parts, and other components for finished goods.

Third, the search, selection, and subsequent purchase of high-tech modern equipment allow enterprises to maintain their production capacities at the required technical and technological level and, when necessary, modernize them.

Fourth, the object of a foreign trade transaction may include intellectual property or industrial “know-how.”

Possessing and operating individual units or entire fleets of high-tech foreign-made equipment requires both warranty and post-warranty servicing. The uninterrupted production cycle depends on the timely ordering, delivery, and clearance of spare parts, assemblies, components, and other items necessary for servicing the equipment used by enterprises.

An analysis of FEA conducted by many large enterprises engaged in moving goods across the EU customs border (equipment, raw materials, materials, components, assemblies, spare parts, as well as finished products) and their subsequent customs declaration shows that FEA constitutes a significant share of their turnover. Accordingly, the economic efficiency of FEA significantly affects the overall economic performance of the enterprise and can be considered one of the key factors of its success.

References

1. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. - 325 с.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
3. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. Ступінь забезпечення надійності та якості пасажирських і вантажних автомобільних перевезень в Україні національними та міжнародними стандартами. Вісник інж. академії України. – 2016. – №3. – С.156-162.
5. Аулін В.В., Ляшук О.Л., Гриньків А.В., Цьонь О.П., Гудь В.З., Головатий А.О., Тищенко С.Ю., Сергійчук А.А. Формування логістичної інформаційної системи ефективного управління транспортними і виробничими підприємствами. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 9(40), ч.ІІ. С. 204-218.

УДК 656.13:656.08

SAFETY ISSUES OF URBAN PUBLIC TRANSPORT STOPS IN THE CITY OF KROPYVNYTSKYI

D.V. Holyb, *Assoc. Prof., PhD tech. sci,*
O.M. Livitskyi, *Senior Lecturer, PhD tech. Sci*
V.S. Lytvynenko, *student of the group TT -24Mz,*
Ye.A. Ovcharov, *student of the group TT -24Mb,*
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

Safety at public transport stops means compliance with all legislative norms of Ukraine aimed at ensuring complete safety at stopping points through improvements in infrastructure and the city's route network as a whole.

The necessary conditions for ensuring the safety of mass passenger transportation include serviceable passenger vehicles (PVs) that meet road conditions and transport volumes; high qualification and discipline of drivers and all service personnel; properly maintained roads with the required infrastructure; and a rational organization of traffic that provides priority to public transport where necessary.

Well-coordinated operation of the route-based passenger transport system reduces the use of private cars, especially for commuting, thereby decreasing the load on the road network. Thus, coordinated organization of passenger transportation and vehicle movement on routes is currently a global issue for the organization of urban traffic as a whole.

The main tasks for ensuring passenger transportation safety include:

- compliance with legislative and regulatory requirements of Ukraine regarding driver qualification, health condition, behavior in traffic, and work-rest schedules (ensuring professional reliability of PV drivers);
- maintaining vehicles in technically sound condition and preventing failures or malfunctions during operation;
- ensuring safe road conditions along bus routes;
- organizing the transportation process using technologies that guarantee safe conditions for passenger travel.

Mass passenger transportation by urban public transport its speed, safety, and efficiency is crucial for public convenience.

Experimental studies of stopping points revealed the following:

- At the "Bus Station No. 2" stop, route vehicles stop in two rows; passengers are forced to step onto the roadway; due to the significant length of the stop, maneuvering time increases, queues form, and traffic jams and critical situations often arise, leading to road accidents.

- At the "Administrative Services Center" stop, buses stop in one row, but due to a nearby traffic light, queues of route vehicles accumulate. The parameters of this stop do not allow all accumulated vehicles to pass through simultaneously, so they must wait for space to load and unload passengers.

- At the "Main Post Office" stop, route vehicles stop in one row. This stop is not equipped with a pull-in bay. Its length is small on average 13 meters so queues form while waiting for space, negatively affecting the operation of the stop.

It was found that due to a traffic light located approximately 10 meters before the stops, route vehicles accumulate. Drivers unload passengers not at the designated area but before the traffic light, reducing traffic safety. Surveys conducted in different years revealed a trend: a

decrease in municipal public transport routes and an increase in private carriers. While the number of routes increased only slightly, the intensity of incoming vehicle flow grew by an average of 44%. The increase in the number of small-capacity vehicles leads to overload not only of the street-road network but also of stopping points, since more such vehicles are required to transport the same number of passengers.

Existing stop parameters do not allow accommodating a large number of route vehicles, resulting in congestion at stops, reduced traffic safety, and increased service time at stops from 3 to 119 seconds. On average, service time at stops equipped with pull-in bays is 30% longer than at stops without bays.

Experimental studies revealed the following trend: when the stop is completely free, a route vehicle tends to occupy the middle position (out of three available in the bay). Large-capacity vehicles line up at the end of the queue, while small-capacity vehicles try to move forward and take available space. Most small-capacity vehicles either stop in the second or even third row to load/unload passengers or pass without stopping.

The study made it possible to identify the following safety problems of urban passenger transport:

1. Lack of safety barriers (“bollards”, “posts”) separating the passenger zone.
2. Absence of pull-in bays, causing loading/unloading to occur directly on the traffic lane.
3. Loading/unloading passengers outside the designated bay or in the second row.
4. Incorrect placement of traffic light objects.
5. Improper location of stopping points (e.g., before intersections, creating queues and increasing accident risk).
6. Underdeveloped infrastructure, particularly the absence of stop shelters.

References

1. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. - Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. - 393 с.
2. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
3. Аулін В.В., Великодний Д. О., Тирса Я. В., Кабак В. Д. Оцінка ефективності функціонування міського пасажирського транспорту з урахуванням вибору маршруту пасажиром. Матеріали VIII-ої міжн. наук.-практичної інтернет-конф. «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2020 року: зб. наук. праць / МОН України, ВНТУ [та ін.]. Вінниця: ВНТУ, 2020. С.15-16.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В., Дібровний В.С., Талалаєв О.М., Шерстюков В.В., Ніколенко Б.М. Інформаційна модель забезпечення надійності та ефективності транспортних процесів пасажирських перевезень. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability”, 15-17 квітня 2020 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. С.230-232.

УДК 656.073

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ, ПРИСВЯЧЕНІ ПИТАННЯМ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДРІБНИХ ПАРТІЙ ВАНТАЖІВ

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,
Д.О. Кульова, ст. викл., д-р. філос.,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
Н.Я. Рожко, проф., д-р. економ. наук,
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль
М.В. Бойко, ст. гр. ЛАТ-25Мз,
О.А. Носов, ст., гр. ТТ-23,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Проблеми вдосконалення процесу перевезень дрібних партій вантажів розглянуті в роботах дослідників. Технологія перевезень вантажів дрібними партіями з використанням терміналів у функціонуванні та управлінні логістичною системою визначена умовою ефективного використання транспортних засобів (ТЗ) та скорочення термінів доставки вантажів. Для забезпечення цієї умови пропонувалися різні методи оптимізації перевезень дрібних партій вантажів, що зачіпають укрупнення партій вантажів, засоби пакування, використання рухомого складу, технології поставок, обсяги перевезень і продуктивність рухомого складу з мінімізацією інтервалів поставок, функціонування елементів системи перевезень страхового запасу і зберігання запасів на складі, скоординованість дій учасників транспортного процесу, зокрема. на основі єдиного документа на перевезення кількох партій в одному постачанні.

Порівнювалися такі технологічні схеми перевезень вантажів: пряме перевезення однієї відправки; перевезення із підгрупуванням, тобто. із заїздами до вантажовідправників; перевезення через термінал (рис. 1).

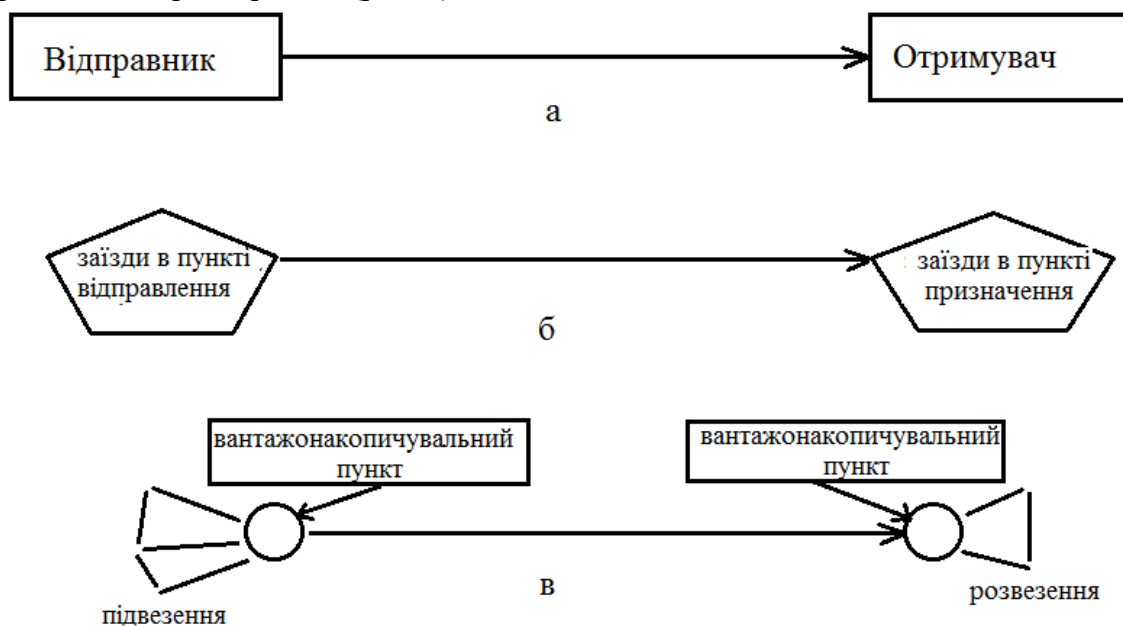


Рисунок 1 - Технологічні схеми перевезень дрібних партій вантажів: пряме перевезення однієї відправки (а); перевезення з під групуванням (б); перевезення через термінал (в)

На основі першої (рис. 1, а) та третьої (рис. 1, в) схем перевезень була представлена процесна декомпозиція логістичної системи. Такий вибір обумовлений відповідними висновками при порівнянні схем перевезень за показниками ефективності розглянутих схем з продуктивності та вироблення рухомого складу та витрат на перевезення. Порівняння здебільшого показників, що відображають ефективність використання рухомого складу, зроблено між прямою та термінальною схемами перевезення:

- продуктивність ТЗ за термінальної технології вище (при порівняно з прямий перевезенням) за умови можливості підгрупування партії щонайменше двох відправлень;
- для перевезень партіями до 5 т годинне вироблення ТЗ вище за термінальної технології перевезень;
- час доставки вантажів за термінальної технології вище часу перевезення за прямої схеми;
- витрати на перевезення за термінальної технології перевезень вище витрат при перевезенні вантажів із заїздами до відправників вантажу.

Більшість досліджень з перевезень дрібних партій вантажів порушує питання вдосконалення організації та планування перевізного процесу при рішенні транспортних завдань і завдань маршрутизації. Одна категорія запропонованих методів дозволяє враховувати множину параметрів, за рахунок чого в цих завданнях можна відзначити підвищену трудомісткість. Інша категорія вимагає внесення коригувань рішень, що розробляються, через що на практиці стають непридатними. В обох випадках недоліком є випадковість і відсутність можливості прогнозування аналізованих показників, пов'язаних з кількісними та тимчасовими характеристиками перевезень дрібних партій вантажів, що не дозволяє отримати точні результати.

Удосконалення перевезень дрібних партій вантажів із використанням термінальної технології безпосередньо залежить від засобів пакетування та укрупнення їх у вантажні одиниці. Це дозволяє підвищити продуктивність рухомого складу (РС) за рахунок використання оптимальної їх кількості для певного обсягу перевезень, а також скорочення простоїв під вантажно-розвантажувальні операції, збільшення пропускних можливостей. Для збільшення частоти відправлень партій з логістичних об'єктів на адресу кінцевого споживача здійснюється вибір ефективних вантажопідйомності ТЗ. Це необхідно для перевезень вантажів партіями. Розглядається логістична система на прикладі факторів оптимальності РС по вантажопідйомності: потік дрібних партій вантажів, автотранспортна мережа і спосіб організації вантажно-розвантажувальних робіт. Для визначення оптимальної вантажопідйомності РС встановлено і залежність від перерахованих вище факторів. Характеристика кожного параметра для встановлення залежності визначена за середнім значенням: потік дрібних партій вантажів – за середньою масою партії та коефіцієнтом супутнього збору; автотранспортна мережа – за середніми відстанями від логістичних об'єктів до кінцевих споживачів та між кінцевими споживачами; метод організації вантажно-розвантажувальних робіт – за середнім часом очікування відправлень з логістичного об'єкта та від одного споживача до іншого та часу виконання вантажно-розвантажувальних робіт. Розглядаються розвізні маршрути, визначення оптимальної вантажопідйомності ТЗ виконується за критерієм собівартості одиниці транспортної роботи.

Визначення оптимального типу РС виконується за критерієм максимізації продуктивності ТЗ з урахуванням додаткового параметра часу очікування перевезень вантажів, характерного обслуговування у вантажонакопичувальних пунктах. У постачаннях з використанням логістичних об'єктів з функціями вантажонакопичувальних пунктів визначається більш точний процес перевезень вантажів дрібними партіями. При такій системі перевезень розглядаються потоки партій вантажів, що надходять, і перехідних залишків, тобто. партій вантажів, які чекають на постачання до кінцевого споживача.

Для опису потоків розглянуто параметри рівня використання вантажопідйомності ТЗ та вартості партії. Рішення щодо оптимального рухомого складу отримано за критерієм мінімізації витрат на перевезення. При цьому запропоновано методику визначення оптимального розміру замовлення номенклатурної позиції за критерієм мінімізації витрат на транспортування за критерієм максимізації кількості постачання. Таким чином, забезпечується максимальне завантаження ТЗ і вартість вантажів, що перевозяться, тобто. враховуються вагові і вартісні показники. У процесі розгляду моделей розрахунку оптимального розміру замовлення визначено відсутність впливу закупівельної вартості на оптимальний розмір за критерієм мінімізації витрат, оскільки величина ціни є постійною за відсутності оптових знижок.

У дослідженнях щодо ефективності використання РС також враховується швидкість накопичення вантажів для забезпечення перевезень із високим рівнем транспортного обслуговування. Визначено обсяг партії вантажів з різними габаритними характеристиками для формування укрупнених вантажних одиниць у процесі накопичення їх в один кузов ТЗ. Проведена оцінка часу їх накопичення для визначення найбільш ефективного способу перевезення дрібних відправлень з більшою швидкістю завантаження РС. Розглянуто спосіб скорочення інтервалу постачання, який, в основному, збільшувався за рахунок недостатнього фактичного обсягу вантажопотоків на автотранспортних підприємствах, фірмах, компаніяхкомпаніях. З використанням імітаційного моделювання процесу перевезень дрібних партій вантажів розроблено метод визначення фактичного обсягу вантажопотоків. При цьому досягається мінімізація інтервалу постачання та максимізація ефективності процесу доставки.

Розглянуто також використання термінальної технології перевезень дрібних партій вантажів у внутрішньому сполученні. Показниками ефективності визначення рівня страхового запасу визначено час очікування відправлення партії з терміналу (з моменту прибуття на нього), а також коефіцієнт використання РС. Як фактори впливу на рівень страхових запасів виділено характер розподілу партій за масою, інтенсивність відправлень партій з терміналу, а також їх попутного вивезення, відповідно, часу очікування відправлень партій з терміналу. Розглянуто кілька видів розподілу партій вантажів за масою, кожен із яких визначено співвідношенням кількості відправників та середньої періодичності відправлень. До кожного типу потоків вантажів визначено відповідний йому рівень страхового запасу.

Використання термінальної технології у процесі перевезень вантажів дрібними партіями у міжнародному сполученні має на увазі під собою взаємодію кількох учасників транспортного процесу. Розроблено технологію зовнішньоторговельних угод із партіями товарів дрібним оптом, що передбачає механізм консолідації цих партій в одну поставку в рамках одного зовнішньоторговельного контракту. Ця розробка дозволила зменшити витрати у процесі міжнародних поставок партіями товарів дрібним оптом від виробника до кінцевого одержувача. Запропоновано модель управління потоками експрес-вантажів на базі єдиного логістичного оператора, що дозволяє підвищити скоординованість дій учасників транспортного процесу. Розроблені моделі загальних логістичних витрат дозволяють враховувати велику кількість різних підрядників та видів транспорту.

Обґрунтовано ефективність застосування технології перевезень вантажів дрібними партіями з використанням терміналів у порівнянні з перевезеннями безпосередньо, минаючи термінали. Ефективність цієї технології при перевезеннях дрібними партіями вантажів обумовлена продуктивністю рухомого складу та іншими параметрами ефективного використання. Для мінімізації ризиків, пов'язаних з використанням вантажопідйомності, тимчасовими втратами за очікуванням партій вантажів до відправлення необхідне дотримання принципу централізованого управління перевезеннями з урахуванням усіх учасників транспортного процесу: від продавця до покупця.

Принцип централізованого управління перевезеннями з прикладу дрібних партій вантажів стосується як оптимізації процесу транспортування, та управління запасами. За рахунок намагання скоротити запаси у процесі перевезення вантажів від виробника до вантажовласника передбачається поширення таких логістичних принципів, як just-in-time (точно в строк). У собівартості продукції частка витрат на логістичні витрати, що включають себе витрати на транспортування і управління запасами, може складати від 72 до 96%. Оцінка впливу логістичних підходів на маршрути при плануванні перевезень з урахуванням розмірів партії вантажів та параметрів РС.

Запропоновано нові технології перевезень дрібних партій вантажів на основі принципів логістики щодо формування попиту на вантажні перевезення. Розроблено модифіковану універсальну модель управління запасами під час постачання партійних вантажів з урахуванням тимчасової цінності грошей та нарахування витрат зберігання. Також розроблено комплекс прикладних моделей, які враховують вагогабаритні характеристики вантажів, вантажопідйомність, вантажомісткість наявного в парку рухомого складу, концепцію тимчасової цінності грошей, одночасне постачання кількома ТЗ, у тому числі з урахуванням знижок на вартість постачання.

Таким чином, результати дослідження, свідчать, що в теорії перевезень вантажів дрібними партіями, можливо умовно виділити три напрями: технологічний, організаційно-управлінський та економічний. У межах технологічного напрямку розглянуто: варіанти вдосконалення технологій перевезень з урахуванням транспортних завдань, завдань маршрутизації, тобто збірно-розвізні технології, головним чином у міському та приміському сполученнях. Розглянуто способи укрупнення партій; технології перевезень вантажів з урахуванням принципів логістики. Дослідження за організаційно-управлінським напрямом включають: способи ефективного використання РС за продуктивністю; визначення страхового запасу залежно від типу потоку партії вантажів; керування процесами перевезень дрібних партій вантажів залежно від параметрів рухомого складу; методи координації дій учасників транспортного процесу. В економічному напрямку розглянуто: вибір ефективного рухомого складу; технології перевезень дрібних партій вантажів залежно від попиту вантажні перевезення; керування запасами.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. - Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. - 393 с.
2. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. - 325 с.
3. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
4. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
5. Аулін В.В., Голуб Д.В. Забезпечення та підвищення надійності транспортних систем і процесів перевезень багатофункціональною роботою їх учасників. 36. тез доповідей V Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 22-23 лют. 2018 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2018. – С. 107-110.
6. Аулін В.В., Голуб Д.В., Великодний Д.О. Підвищення надійності процесу перевезень в транспортних системах різними способами структурного резервування. 36. тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 21-22 лют. 2019 р., м. Київ / НУБіП. – К.: Видавничий центр НУБіП України, 2019. – С. 68-71.

УДК 658.012.12

ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЛОВОЇ АКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙ, ПІДПРИЄМСТВ, ФІРМ, КОМПАНІЙ ГАЛУЗІ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ

С.В. Лисенко, доц., канд. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
Б.Р. Гевко, канд. економ. наук,
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль
Т.М. Шлєєнкова, ст., гр. ЛАТ-25Мз,
В.К. Коваленко, ст. гр. ТТ-23,
Р.О. Якименко, ст. гр. ТТ-23,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Прогнозні значення показників обсягів виробництва, споживання товарів та необхідної транспортної роботи безпосередньо залежать від попиту на продукцію, через що за останні роки спостерігається більше зниження як обсягів випуску продукції, так і її перевезень, через військову агресію зі сторони росії.

Серед існуючих індикаторів прогнозу попиту особлива увага приділяється індикаторам ділової активності. Оцінка ділової активності полягає у проведенні опитувань співробітників підприємств досліджуваних галузей для складання прогнозу активності у галузях промисловості, торгівлі та сферах послуг. Розрахунок публікованого Укрстатом індикатора підприємницької впевненості (ІПВ) проводиться щорічно на основі наступних складових: фактичний рівень економічного стану, рівень складських запасів та очікуваний рівень економічного стану торговельних організацій. ІПВ формується виходячи з опитувань українських підприємств, фірм, компаній і є аналогом індексу ділової активності – Purchasing Managers' Index (PMI), що використовується на міжнародному ринку. Цей показник, як і ІПВ, розраховується на основі декількох компонентів, одним з яких є товарні запаси. Крім запасів, PMI включає в себе компоненти, що свідчать про економічну ситуацію організацій, підприємств, фірм, компаній, які порівнюються в різних країнах за одними і тими ж показниками: діяльність постачальників, рівень зайнятості, обсяги продукції, кількість нових замовлень.

За результатами опитувань визначається співвідношення отриманих відповідей щодо позитивної та негативної перспективи розвитку галузі, що розглядається, завдяки чому відзначається тенденція до подальшого її (галузі) поліпшення або погіршення у діловій активності, вище або нижче рівноважного значення показника. Рівноважне значення індикатора (PMI – 50 пунктів, ІПВ – 0%) означає стабілізацію ситуації в економіці та галузі.

Обидва індекси спрямовані на виявлення прогнозного значення, що показує тенденцію до зміни економічної ситуації щодо галузей та регіонів. Головна відмінність одного індексу від іншого полягає в тому, що враховуються різні складові під час розрахунків. При розрахунку індексу PMI визначається рівень активності країни на світовому ринку, порівнюваний за одними і тими ж показниками в державах, що розглядаються. Велика значимість показників обсягів виробництва та закупівель дозволяє оцінити перспективу змін саме цих показників. При визначенні значення ІПВ враховуються складові, що характеризують Україну, тому при аналізі показників обсягів виробництва, перевезень та торгівлі товарами необхідно враховувати значення обох індикаторів. Це дозволяє оцінити рівень ділової активності, як у світовому ринку порівняно з іншими країнами, і у межах конкретної держави (табл. 1).

Дотримання балансу обсягів товарів при їх виробництві, транспортуванні та споживанні можна досягти при врахуванні індикаторів прогнозу ділової активності. Щоб враховувати прогнози індикаторів ділової активності, необхідний аналіз рівня цієї активності у всіх відповідних галузях. Дані за індексом РМІ по Україні збираються в галузі промисловості та сферах послуг, що включає торгівлю товарами. Така динаміка не дає можливості побачити повну картину для аналізу руху товарів від виробника до споживача.

Таблиця 1 – Індикатори ділової активності організацій, підприємств, фірм, компаній в Україні

Показник	Середнє значення по показником по рокам				
	2020	2021	2022	2023	2024
РМІ сукупний, п.	55,0	53,0	51,0	36,2	52,1
РМІ обробних галузей, п.	51,0	51,0	50,0	40,0	50,0
РМІ сфери послуг, п.	55,0	54,0	52,1	35,6	52,1
ППВ обробних галузей, %	- 2,6	- 3,1	- 3,2	- 5,4	- 1,2
ППВ сфери послуг, %	- 3,6	- 3,2	- 4,4	- 21,0	- 8,3
ППВ в роздрібній торгівлі, %	4,3	3,2	4,4	- 2,1	2,1
ППВ в оптовій торгівлі, %	4,3	4,1	4,4	1,1	0,4

З динаміки (табл. 1) ППВ розглядається окремо в усіх галузях, задіяних у русі товарів. Видно, що незначне покращення активності в обробних галузях і сферах послуг відбивається на показниках торгівлі, де спостерігається відсутність інтенсивної позитивної динаміки. Це обумовлено тим, що значення індикаторів в обробних галузях та сферах послуг, незважаючи на покращення, знаходяться нижче середнього рівня активності, що свідчить про стабілізацію активності галузі.

Прогнозні значення ППВ галузей, що розглядаються, залежать від факторів, що обмежують їхню діяльність. Більшість цих чинників, особливо тих, що мають більший вплив, належить до чинників зовнішнього впливу через невизначеність економічної ситуації, недостатність попиту, рівень оподаткування. Причому ці фактори є ключовими у кожній галузі. Діяльність підприємств, фірм, компаній в кожній галузі, що розглядається при прогнозуванні ППУ полягає в тому, щоб навчитися працювати в умовах обмежень, обумовлених цими зовнішніми факторами, на які неможливо надавати прямий вплив. Навчившись враховувати ці обмеження при організації роботи підприємства, фірми, компанії, можна вийти на новий рівень, зберігаючи та покращуючи при цьому свої позиції на ринку товарів та послуг.

Зовнішній фактор недостатнього попиту, крім того, що є одним із ключових у кожній діловій активності галузі, визначається зазначеними індикаторами. Він також безпосередньо впливає на більшу частину складових ППВ та РМІ. В ППВ, до цих складових належить рівень складських запасів, а в РМІ – показник товарних запасів, обсяги продукції, кількість нових замовлень. Зазначене свідчить, що враховуються обсяги товарів на етапах виробництва, їх обсяги перевезень та продажів. Усі ці показники обсягів готової продукції залежать від попиту. Дослідження показали, що спостерігається вплив попиту значення індикаторів загалом і окремі їх компоненти у різних галузях. Попит на товари та послуги, пов'язані з перевезенням та продажем товарів, взаємопов'язаний між собою. Саме цей зовнішній фактор є найбільш значущим для обліку при організації діяльності підприємства, фірми, компанії, що беруть участь у перевезенні від пункту виробництва до пункту споживання.

Незважаючи на поліпшення динаміки ділової активності РМІ вище рівноважного значення у сферах послуг. Значення індексу в обробній галузі ще не досягло рівня стабілізації. У динаміці ППВ також відзначено покращення, але поки значення в галузях промисловості та послуг залишаються нижчими за середній рівень, що відбивається на нестійкому зростанні в галузі торгівлі. Незважаючи на тенденції до зростання ділової активності в одній галузі та її зниження в іншій, попит є одним із найбільш стійких стримувальних факторів впливу. Таким чином, спостерігається недостатній попит на товари та послуги, що свідчить про тенденцію зменшення розміру відправки.

УДК 656.13.072.5

ПРОПУСКНА СПРОМОЖНІСТЬ ЗУПИННИХ ПУНКТІВ У М. КРОПИВНИЦЬКИЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДИКИ HIGHWAY CAPACITY

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,
А.В. Гриньків, ст. дослідник, канд. техн. наук,
Д.О. Червоний, ст. гр. ТТ-24,
Н.М. Яцюк, ст. гр. ТТ-24,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

За експериментальними дослідженнями зупинних пунктів у м. Кропивницькому були отримані дані пропускної спроможності зупинок в центральній зоні. Результати трьох з них різними методами представлені в табл. 1.

Таблиця 4.1 - Результати дослідження пропускної спроможності зупинних пунктів м. Кропивницький

Зупинні пункти (ЗП)	Метод Highway Capacity Manual 2020	МТЗ
«Центр надання адміністративних послуг»	74,75	65
«Головпоштамт»	80,65	85
«Музей мистецтв»	102,34	75

Далі наведено діаграму, що характеризує пропускну спроможність зупинних пунктів (рисунок 1)

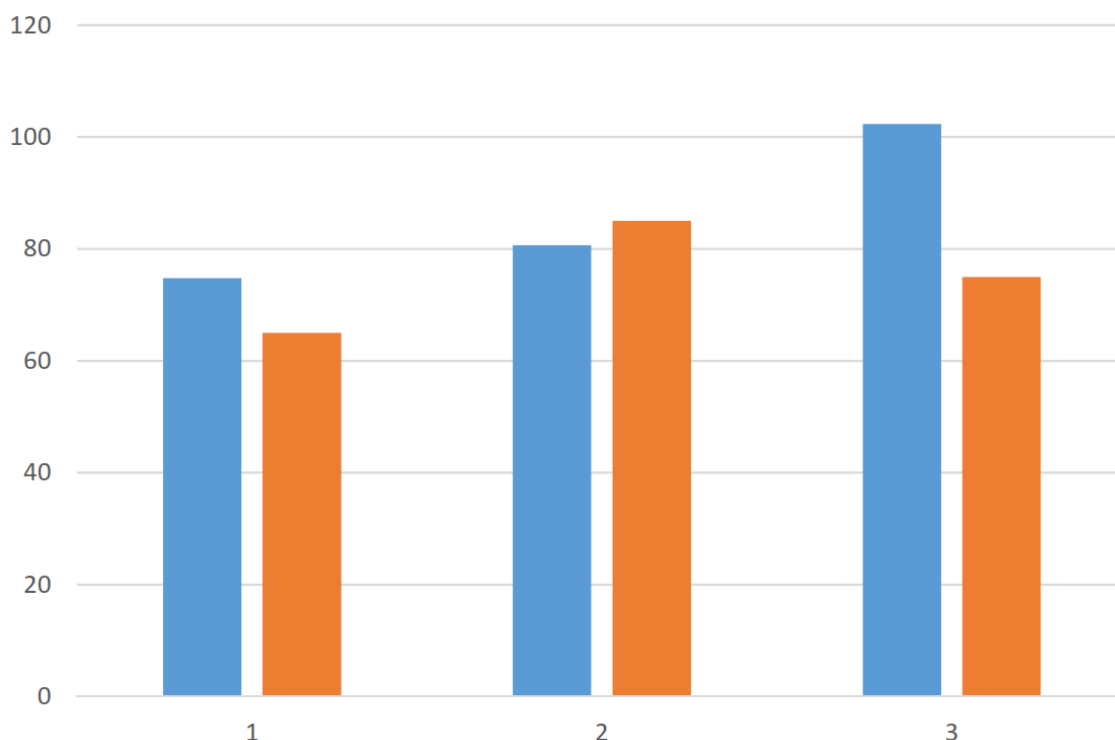


Рисунок 1 – Порівняння результатів пропускної спроможності з інтенсивністю руху міських транспортних засобів (1 - «Центр надання адміністративних послуг», 2- «Головпоштамт», 3 - «Музей мистецтв»)

Для обробки результатів та застосування їх на практиці використовували порівняльний аналіз отриманої пропускної здатності з інтенсивністю руху мобільних транспортних засобів (МТЗ). Якщо пропускна здатність нижче, ніж інтенсивність руху МТЗ, то вживали заходів щодо поліпшення дорожньої ситуації.

У цьому випадку ЗП «Головпоштамт» потрапляє під вище сказаний критерій. Були розроблені наступні заходи для покращення зупинного пункту «Головпоштамт»:

- рознести зупиночні пункти;
- впровадити та збільшити довжину зупинної/заїзної кишені, перенести зупиночний пункт у середину кварталу;
- за допомогою зарубіжного досвіду застосувати операцію skip-stop, організація руху, при якій два маршрути прямують по одному шляху, але один з них проходить без зупинки на одних ЗП, а інший на інших - час у дорозі, порівняно із звичайним маршрутом з усіма зупинками, менший.

Виходячи з даних рисунку 1 можна зробити висновок про те, що досліджувані у роботі зупинні пункти «Центр надання адміністративних послуг» і «Музей мистецтв», не потребують збільшення пропускної спроможності.

Але варто звернути увагу на пункт «Центр надання адміністративних послуг», оскільки там пропускна здатність наближається до рівності з інтенсивністю руху МТЗ.

За допомогою отриманих даних також можна зробити висновок про застосування методики Highway Capacity Manual (HCM). Дана методика враховує більшу кількість факторів, що впливають на пропускну здатність:

- перебування кількох МТЗ на ЗП одночасно;
- світлофорне регулювання;
- тип рухомого складу;
- інтенсивність руху на сусідній смузі;
- геометричні параметри ЗП.

Таким чином, метод HCM можна використовувати для обчислення пропускної спроможності будь-яких пунктів зупинки. Вони враховують більшість факторів які впливають на пропускну спроможність зупинного пункту.

Список використаних джерел

1. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
2. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
3. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В.. Ступінь забезпечення надійності та якості пасажирських і вантажних автомобільних перевезень в Україні національними та міжнародними стандартами. *Вісник інж. академії України*. – 2016. – №3. – С.156-162.
4. Аулін В.В., Великодний Д. О., Тирса Я. В., Кабак В. Д.. Оцінка ефективності функціонування міського пасажирського транспорту з урахуванням вибору маршруту пасажиром .Матеріали VIII-ої міжн. наук.-практичної інтернет-конф. «Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2020 року: зб. наук. праць / МОН України, ВНТУ [та інш.]. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – С.15-16.
5. Аулін В.В., Голуб Д.В., Дібрівний В.С., Талалаєв О.М., Шерстюков В.В., Ніколенко Б.М.. Інформаційна модель забезпечення надійності та ефективності транспортних процесів пасажирських перевезень. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції “Підвищення надійності машин і обладнання. ”, 15-17 квітня 2020 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. – С.230-232.
6. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Рябцев Н.О.. Обґрунтування рівня конкуренції на міських пасажирських маршрутах. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2022. Вип. 6(37) ч.ІІ. С.89-98.

UDC 656.07:658.7

DIRECTIONS FOR IMPROVING THE MANAGEMENT SYSTEM OF LOGISTICAL TRANSPORT FLOWS AT ENTERPRISES, FIRMS, AND COMPANIES

V.V. Aulin, *Prof., Dr. tech. sci,*
D.V. Holyb, *Assoc. Prof., PhD tech. sci,*
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi
V.M. Nykonchuk, *Prof., Dr. econ. Sci,*
I.O. Khitrov, *Assoc. Prof., PhD tech. sci,*
National University of Water and Environmental Engineering, Rivne
O.P. Tson, *Assoc. Prof., PhD tech. sci,*
Yu.Ya. Vovk, *Assoc. Prof., PhD tech. sci,*
Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil

All logistical components, including transport, are in close interaction and mutual influence. Therefore, their development must be carried out comprehensively, forming the basis for the creation of innovative transport systems for the collection and distribution of material flows.

To optimize the management of transport flows, the Just-in-Time (JIT) and Kanban logistical concepts are applied.

Preparation for the implementation of these logistical systems includes:

- ensuring stable and high-quality production activities of the enterprise;
- rational replanning of production areas and optimization of workflow organization, including improvements in order processing;
- guaranteeing reliable cargo transportation;
- applying modern information technologies that enable real-time management of logistical operations.

The first, second, and fourth measures are most often implemented by manufacturing enterprises; intermediary companies use them somewhat less frequently. Transportation within these systems is usually carried out by public transport companies fully or partially. This approach ensures uninterrupted functioning of logistical channels within these programs, minimizes the risk of product shortages for consumers, and prevents production line stoppages. Therefore, particular attention is focused on monitoring the movement of material assets.

Transport is a key link in the logistics system and must meet certain requirements, possess the necessary characteristics, and enable the creation of flexible, innovative cargo-collection schemes. Transport flexibility refers to its ability to respond to weekly or even daily changes in transportation planning, ensuring regular and continuous delivery to various destinations. Another important characteristic is the reliability of transport services, which helps avoid production interruptions or shortages of goods for customers.

In modern conditions, where consumer demand constantly changes and production shifts toward small-batch formats, transport systems must ensure the rapid movement of small cargo batches with minimal intervals between shipments. Regional transport companies specializing in cargo collection and distribution best meet these requirements. They deliver goods over short distances within trade zones, mainly in small batches, which significantly reduces costs.

This cost reduction is achieved through the use of their own terminals for cargo consolidation and sorting, unlike industrial enterprises that maintain large distribution centers and incur high inventory-storage costs. Before consolidation and delivery to the customer, goods remain

at transport company terminals for one to two days. Delivery is usually carried out on the next or second day after cargo arrival.

Depending on the structure of the logistics network, the activities of transport organizations, enterprises, firms, and companies can reduce the delivery time of small cargo batches from manufacturer to client by 20–50% or more. In addition, they provide clients with the ability to monitor the transportation process and flexibly respond to the need to change routes and supply channels.

The emergence of regional companies has significantly weakened the competitive position of industrial firms that relied on traditional transport schemes and distribution centers. As a result, traditional carriers were forced to switch to more differentiated services, similar to long-distance road transport companies.

To adapt to the needs of shippers, new regional operators, after determining tariffs and service standards, began offering specialized logistical solutions. This led to the emergence of various forms of logistics system organization, including:

- updated methods of cargo consolidation;
- performing specific operations at adjacent warehouses;
- introducing new types of cargo collection and distribution services;
- integrating the logistics systems of manufacturers and suppliers to reduce inventory levels in distant segments of the supply chain while simultaneously improving service levels.

The combination of rapid cargo processing at consolidation points and prompt customer service by public transport operators enables the provision of traditional logistical services but with significantly reduced delivery times.

In most cases, responsibility for organizing the supply chain lies with the customer. If a cargo-collection enterprise receives products from several suppliers, the company forms consolidated batches.

The consolidated cargo may be sent directly to the customer or delivered to their warehouse. If necessary, it is transported to a distribution center, where it is divided into smaller batches and delivered to the final recipient within one or two days.

If regional operating conditions or customer needs change, it may be necessary to update or revise the contract. Adjusted traditional services can be provided at any stage of the supply chain. This is because transportation costs are covered by the cargo-collection enterprise and public transport companies.

The main disadvantage of this approach is the high costs associated with using public transport companies, which offer services at relatively high tariffs.

If a warehouse is located near the manufacturer or supplier, warehouse operations follow the classical scheme small cargo batches are consolidated into larger ones. A generalized description of the traditional method of organizing transport services is presented in Table 1.

Thanks to the use of specially equipped vehicles and efficient organization of loading and unloading operations, cargo owners can deliver a container to its final destination in approximately one week. For comparison, transportation exclusively by sea takes 14–17 days. Considering the costs of transferring containers from ship to rail and back, as well as the construction of small specialized berths, the combined transportation method saves time and money, reduces inventory levels, and decreases the volume of container shipments.

Among the disadvantages of mixed rail–water transportation are the dual responsibility for the cargo and the limited applicability of this method when free space in ports is unavailable.

Motor transport companies, in turn, carry out interregional cargo transportation in large batches, making maximum use of the load capacity of their vehicles. Cargo is first consolidated at collection points and then deconsolidated at distribution points for delivery to final recipients in small batches.

Table 1 – Advantages and disadvantages of the traditional approach to providing transport services

Advantages	Disadvantages
<ul style="list-style-type: none"> - the ability to promptly adjust the range of logistical services provided; - the possibility to vary the volume (weight or size) of cargo batches depending on the situation; - the capability to adapt logistical processes to the enterprise's daily supply needs. 	<ul style="list-style-type: none"> - the need to invest significant capital resources in the construction or equipping of a warehouse, which is not always used at full capacity; - limited ability to serve only one or two enterprises, regardless of the warehouse's location; - for a manufacturing firm, coordination of a large number of transport operations related to product delivery using its own fleet becomes more complicated.

The main advantage of this method is the ability to adapt material-supply channels to the specific needs of the customer. Motor transport companies monitor the movement of their vehicles using a “just-in-time” system, do not apply rigid tariffs, and are not limited to traditional contracts, which ensures high flexibility in interaction with clients.

The disadvantages of this method include the relatively small fleet size of enterprises, firms, and companies, which makes them dependent on large customers. In addition, most of them limit their activities to one or two regions, focusing transportation on major highways and rarely operating across the entire country.

References

1. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. - Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. - 393 с.
2. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. - 325 с.
3. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
4. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.

УДК 656.13:519.85

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПО ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТУ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В.М. Никончук, проф., д-р екон. наук,
Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне
В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,
С.В. Лисенко, доц., канд. техн. наук,
Г.І. Стулій, ст. гр. ТТ-24М,
І.С. Сугак, ст., гр. ТТ-23,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

На основі проведеного аналізу системи управління логістичними транспортними потоками та оцінки діяльності підприємства-перевізника встановлено, що під час доставки продукції підприємство використовує маятникову схему руху, яка передбачає зворотний холостий пробіг. Крім того, приймання та опрацювання замовлень здійснюється малоефективним способом – через операторів кол-центру, що уповільнює обробку запитів та створює додаткові організаційні витрати.

Розраховані показники продемонстрували, що маятникова модель транспортування не дозволяє повністю розкрити логістичний потенціал підприємства та призводить до перевитрат часу і ресурсів.

Маятниковий маршрут транспортування - це схема руху транспортного засобу (ТЗ) між складською базою підприємства та споживачем з певною регулярністю (рис. 1). Головним недоліком такого маршруту є значна частка холостого пробігу, яка негативно впливає на ефективність перевезень і збільшує витрати.

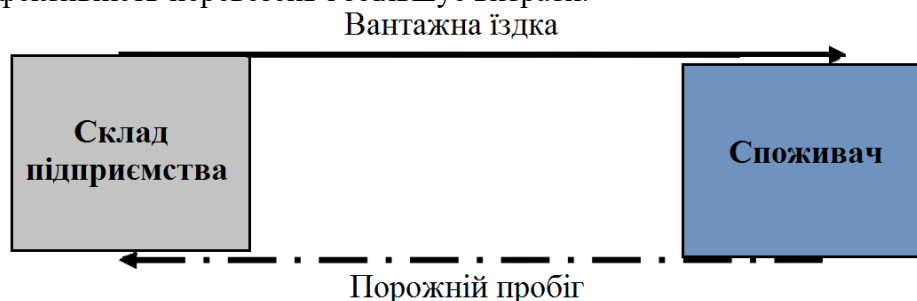


Рисунок 1 - Схема маяткового маршруту транспортування на досліджуваному підприємстві

Під вантажною їздкою розуміють переміщення транспортного засобу з вантажем, тоді як порожній пробіг означає рух автомобіля без вантажу.

Для підвищення ефективності процесу транспортування продукції доцільно застосувати кільцеву схему руху.

Кільцевий маршрут передбачає пересування автотранспорту замкненим контуром в одному напрямку. Уздовж цього маршруту рівномірно розміщуються точки завантаження та розвантаження (рис. 2). Особливістю кільцевої схеми є безперервний рух по визначеній лінії з послідовним обслуговуванням усіх необхідних пунктів.

Організація транспортного процесу є оптимальною, коли перевезення виконуються регулярно та невеликими партіями.

Основні переваги кільцевого маршруту:

- значне скорочення порожніх пробігів;

- зростання продуктивності транспортної роботи;
- зменшення потреби у великому парку транспортних засобів.

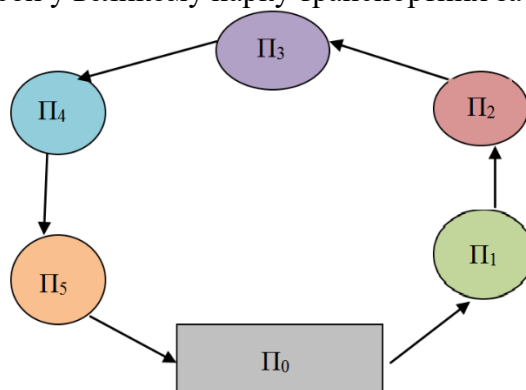


Рисунок 2 - Схема кільцевого маршруту: П₁-П₅ – постачальники; П₀ – склад підприємства

Реалізація кільцевого маршруту потребує забезпечення його необхідною інфраструктурою, зокрема наявністю автозаправних станцій уздовж шляху, що дозволяє ТЗ безперебійно проходити весь цикл перевезення.

До недоліків кільцевих маршрутів можна віднести обмежену вантажомісткість транспортних засобів, а також необхідність дотримання додаткових умов, зокрема часових обмежень. Якщо загальний час проходження кільцевого маршруту перевищує допустимі нормативи, проблему вирішують шляхом зменшення кількості споживачів у цьому секторі та їх частковим перенесенням до сусіднього сектора. Аналогічне рішення застосовується і в разі виникнення інших видів обмежень.

Кільцеві маршрути поділяють на кілька типів:

- розвізні,
- збірні,
- збірно-розвізні.

Для більшості автопідприємств найбільш придатним є розвізний тип кільцевого маршруту (рис. 3).

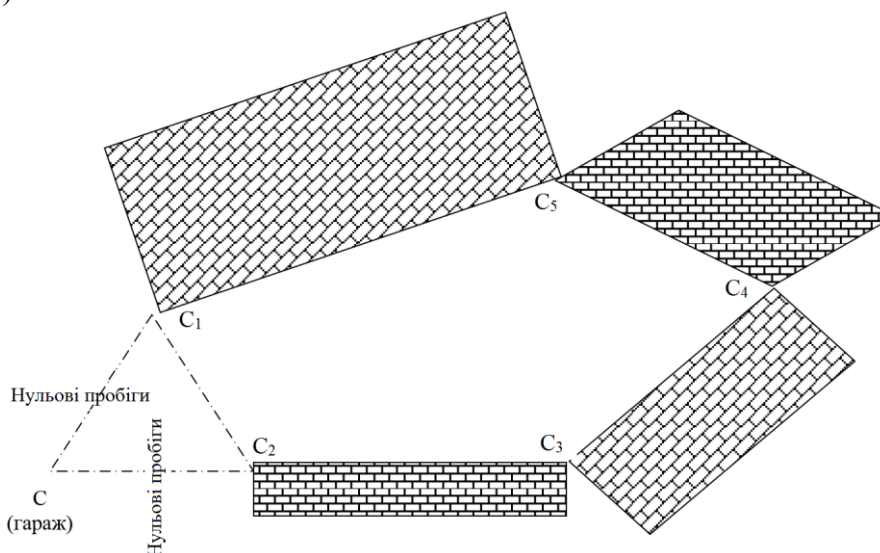


Рисунок 3 - Схема розвізного кільцевого маршруту одного виду товару:
С₁ - С₅ - споживач; С - гараж

У цьому випадку транспортний засіб завантажується в одному пункті, після чого здійснює послідовну доставку товару всім споживачам, розташованим уздовж лінії

маршруту. Після завершення обслуговування всіх точок автотранспорт повертається до початкової точки циклу.

На рисунку 4 подано приклад розвізного кільцевого маршруту для транспортування одного виду продукції. Разом із тим, існує можливість організувати аналогічний маршрут і для доставки кількох видів товарів.

Такий формат маршрутизації є особливо зручним для підприємства, оскільки поставки продукції постійним клієнтам здійснюються регулярно та невеликими партіями. Це дозволяє підтримувати стабільний рівень сервісу та рівномірно розподіляти навантаження на ТЗ.

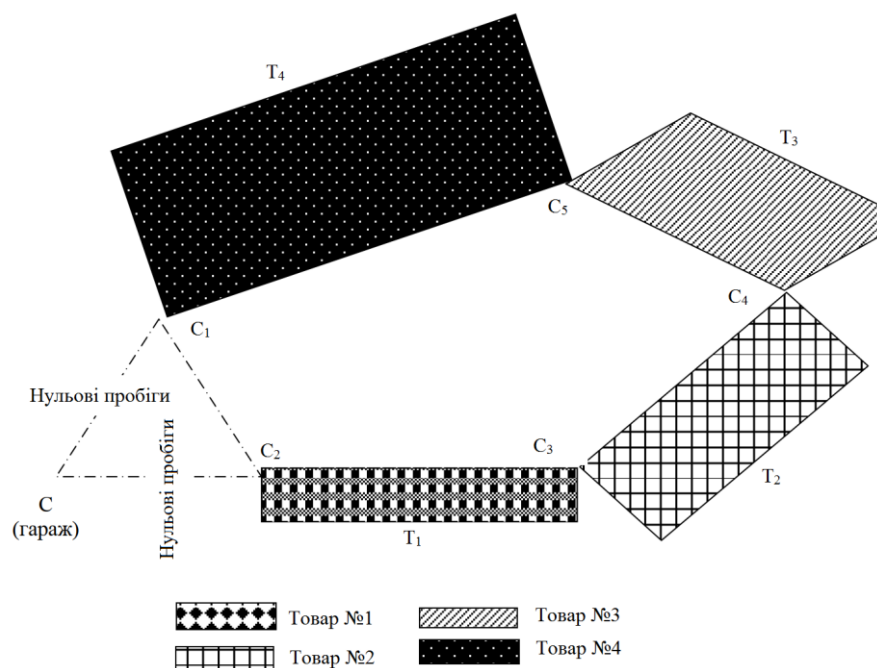


Рисунок 4 - Схема розвізного кільцевого маршруту кількох видів товару: C₁ - C₅ - споживач; С – гараж; T₁ – T₄ - товари

Для швидкого та результативного переходу від маятникової схеми перевезень до кільцевої, а також для усунення застарілого й малоефективного механізму приймання замовлень через кол-центр, доцільно впровадити систему DeOS «Оптимізація маршрутів руху транспорту».

Абревіатура DeOS розшифровується як «доставка, оптимізація, люкс». Ця система вигідно вирізняється серед аналогічних рішень високим рівнем надійності та ефективності. Її функціонал дозволяє розв'язати низку ключових логістичних завдань:

- оптимізацію маршрутів збору та доставки;
- зменшення витрат на транспортування;
- гнучке та адаптивне планування;
- підвищення продуктивності й якості роботи автопарку.

Переваги застосування цієї системи наведені в таблиці 1.

Однією з важливих складових процесу є крос-докінг - організація приймання та відвантаження товарів через склад без довготривалого зберігання. Економія витрат досягається завдяки автоматичному формуванню оптимальних маршрутів збору та доставки вантажів.

Система DeOS розраховує всі ключові параметри, що прямо впливають на логістику перевезень: адресні точки маршруту, режим роботи водіїв, технічні характеристики ТЗ та інші показники.

Таблиця 1 – Позитивні характеристики впровадженої системи DeOS

Область впливу програми	Позитивні сторони програми
Планування та оптимізація маршрутів	<ul style="list-style-type: none"> -Можливість одночасного планування маршрутів між декількома регіональними центрами або підприємствами та численними точками доставки; -Збереження кожної моделі маршруту у системі для подальшого аналізу та порівняння; -Гнучке налаштування тарифних параметрів; -Врахування сезонності, типу та вартості палива, тарифних зон, міського або заміського режиму руху, особливостей клієнтів та інших факторів; -Розрахунок витрат на доставку до кожної конкретної точки; -Оптимізація маршрутів з урахуванням одночасного виконання завдань доставки та збору продукції з торгових точок; -Можливість ситуаційного моделювання розвитку подій у логістичному ланцюзі.
Перспективне планування	<ul style="list-style-type: none"> -Можливість одночасного розрахунку маршрутів за різними наборами параметрів (мета-розрахунки); -Прогнозування змін при корекції списку складів, замовників, автопарку або обсягів перевезень; -Функція «що, якщо» для аналізу альтернативних сценаріїв; -Використання спеціалізованих моделей для побудови маршрутів; -Оцінка ефективності операцій крос-докінгу.
Карти	<ul style="list-style-type: none"> -Використання загальноприйнятої системи координат WGS84 замість пропріетарних; -Отримання GPS-координат точок доставки без сторонніх картографічних сервісів; -Застосування векторних безшовних карт; -Повна доступність карти для редагування: налаштування типів доріг, обмежень руху та швидкості, типів транспорту; -Можливість самостійного створення та редагування маршрутів; -Актуалізація карток за запитом користувача; -Щоденне оновлення карт; -Підтримка обліку міжнародних трас.
Налаштування та інтерфейс	<ul style="list-style-type: none"> -Автоматизація дій за розкладом: відправка звітів, оновлення даних, внесення записів у журнал тощо; -Сучасний та зручний інтерфейс користувача.
Автомобілі	<ul style="list-style-type: none"> -Облік спеціалізації, графіка роботи та вартості експлуатації кожного автомобіля; -Контроль мінімального завантаження транспортних засобів; -Можливість закріплення кількох водіїв, експедиторів та менеджерів за одним автомобілем; -Відстеження заїздів на автозаправну станцію, стоянки та інші об'єкти по маршруту; -Вказівка спеціалізації, категорій та підкатегорій вантажу; -Зв'язок із складами та клієнтами; -Облік причепів із можливістю залишити їх у дозволеній точці та пізніше повернути; -Розширений облік нормативів робочого часу водіїв, включно з багатоденними нормами та перервами; -Порівняння планових і фактичних переміщень автотранспорту; -Оперативне повідомлення про відхилення від графіка; -Історія маршрутів; -Інтеграція з GPS-системами для контролю транспорту.
Клієнти	<ul style="list-style-type: none"> -Встановлення графіка роботи для кожної точки, включно з обідньою перервою; -Планування прийому різних видів продукції; -Визначення пріоритетності клієнтів; -Можливість використання спеціалізованого транспорту; -Можливість критичного (сценарного) планування маршрутів; -Запобігання запізнь у зазначених точках доставки; -Оповіщення клієнтів про доставку через електронну пошту або SMS.
Інтеграція із зовнішніми системами	<ul style="list-style-type: none"> -Використання WMS-систем для роботи на складі; -Встановлення на автомобілях GPS та інших систем віддаленого моніторингу; -Інтеграція ERP-системи; -Застосування АСУ для управління підприємством.
Склади	<ul style="list-style-type: none"> -Ведеться облік «вікон» навантаження (рампи) та черговості навантаження на них; час розвантаження розраховується залежно від ваги, обсягу та кількості палет товару; -Враховуються організаційні затримки; -Ведеться класифікація та облік категорій товарів, що відвантажуються зі складів; -Система підтримує процес крос-докінгу.

У разі впровадження системи DeOS на автотранспортному підприємстві можна очікувати низку позитивних змін у роботі логістичної інфраструктури. Зокрема:

- значно скорочується час опрацювання заявок, оскільки їхнє оформлення відбуватиметься онлайн через мережу Internet;
- зменшуються витрати на транспортування завдяки оптимізації маршрутів і підвищенню завантаженості автомобілів;
- підвищиться продуктивність та ефективність використання власного автопарку;
- з'являється можливість більш обґрунтовано планувати подальший розвиток підприємства;
- забезпечується жорсткіший контроль за роботою транспортних засобів та виконанням ними логістичних операцій;
- покращується координація взаємодії транспорту з контрагентами.

Схема роботи диспетчерів під час формування маршруту наведена на рисунку 5.



Рисунок 5 – Удосконалена робота диспетчерської під час прокладання маршруту

Запровадження системи DeOS дозволяє значною мірою зняти з працівників частину рутинних задач, що дає можливість зосередитися на аналізі ключових процесів, оцінці ризиків та прийнятті управлінських рішень. Завдяки цьому підприємство може досягти таких результатів:

- оперативно моделювати нові логістичні сценарії та наочно оцінювати, як зміниться рівень витрат за умов коригування параметрів - наприклад, зміни графіка роботи складських майданчиків чи точок доставки;
- швидко реагувати на виникнення відхилень від оптимального маршруту та своєчасно коригувати дії;
- підтримувати постійний контроль за фактичною ситуацією в транспортній системі.

Досягнення високої якості роботи транспорту, яку ставить за мету автотранспортне підприємство, передбачає мінімальне відхилення фактичного виконання рейсів від заздалегідь спланованого графіка. Для цього система DeOS інтегрується з GPS-моніторингом, АСУ відвантаження та складськими системами, а також використовує детальні геодані. Окремим інструментом є мобільний застосунок, що забезпечує водіїв актуальною інформацією та дозволяє оперативно передавати дані про хід виконання завдань і необхідну звітність.

Таким чином, система DeOS містить набір базових функціональних можливостей для вирішення ключових завдань логістики – від підвищення ефективності та оптимізації

операцій до планування й контролю. На сьогодні ці рішення активно використовуються автопідприємствами у своїй практичній діяльності.

Список використаних джерел

1. Fesovets O., Strelko O., Berdnychenko Yu., Isaienko S., Pylypchuk O. Container Transportation by Rail Transport Within the Context of Ukraine's European Integration. Proceedings of 23rd International Scientific Conference «Transport Means 2019». 2019. P. 381–386.
2. Kulova D., Boyko M., Kosyakevych D. Assessment of Risk Factors and Improvement of Transportation Technology for Temperature-Sensitive Cargo in Refrigerated Containers. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2026. Issue 13(44), Part I. P. 1-10.
3. Lavrukhin O., Kovalov A., Schevcenko V., Kyman A., Kulova D. Construction of an integrated criterion for estimating the consequences of emergencies involving dangerous goods. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 2, Issue 3 (98). P. 25-31. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163442>
4. Lavrukhin O., Kovalov A., Kulova D. Technological and economic estimation of efficiency of a route choice for transportation of dangerous goods. SHS Web of Conferences. 2019. Vol. 67. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196702005>
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
6. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
7. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
8. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271)
9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавєць Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
10. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
11. Wei L., Zheng X., Li Y., Li X., Liu L. Research on the impact effect of multimodal transport on domestic and international dual circulation: Evidence from China's railway and water transport. PLoS ONE. 2025. Vol. 20, Issue 4. Article e0319982. P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319982>
12. Zhang Z., Jin J., Li S., Han Z., Wu Z., Xu X., Li Y., Peng T. Research review and development trend analysis of grain multimodal transport with a special emphasis upon China. Agriculture. 2026. Vol. 16. Article 592. P. 1-35. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture16050592>
13. Uddin M. M., Huynh N. Routing model for multicommodity freight in an intermodal network under disruptions. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2016. No. 2548. P. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.3141/2548-09>
14. Jayant, Arvind, Mohammed Azhar, and Priya Singh. "Interpretive structural modeling (ISM) approach: a state of the art literature review." Int. J. Res. Mech. Eng. Technol 5.1 (2015): 15-21. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1240/1/012010>
15. United Nations Conference on a Convention on International Multimodal Transport : Final Act and Convention on International Multimodal Transport of Goods. – New York : United Nations, 1981. Vol. 1. 16 p.
16. Про мультимодальні перевезення : Закон України від 17.11.2021 р. № 1887-IX станом на 19 груд. 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text> (дата звернення: 10.03.2026).
17. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Terminology on Combined Transport. New York and Geneva: United Nations, 2000. 13 p.

УДК 656.11.012.8

МЕТОДИКА HIGHWAY CAPACITY MANUAL ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУПИННИХ ПУНКТИВ У МІСТАХ КРОПИВНИЦЬКИЙ, РІВНЕ ТА ТЕРНОПІЛЬ

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,
 Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
І.О. Хігров, доц., канд. техн. наук,
 Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне
М.В. Бабій, доц., канд. техн. наук,
 Тернопільський національний технічний університет ім.Івана Пулюя, м.Тернопіль

Highway Capacity Manual 2020 – програмне забезпечення (ПЗ) з організації дорожнього руху (НСМ 2020). Пропускню спроможність зупинного пункту ЗП) пропонується проводити за формулою:

$$B_S = N \cdot B_{bb} = N_{eb} \cdot \frac{3600(g/c)}{t_c + \frac{g}{s} \cdot t_d + z_a \cdot c_v \cdot t_d}, \quad (1)$$

де B_S - пропускна здатність зупинного пункту, од/год;
 B_{bb} - пропускна здатність одного зупинного місця в кишені, од/год;
 N_{eb} - ефективне число місць на зупинному пункті;
 g - час циклу світлофора, с;
 s - час роботи дозволеного сигналу світлофора, с;
 t_c - час, що витрачається на вибуття з ЗП, с;
 z_a – коефіцієнт, що враховує можливість відмови автобусу в обслуговуванні;
 t_d – час обслуговування пасажирів, с;
 c_v - коефіцієнт варіації часу t_d .

Час посадки і висадки пасажирів знаходять по формулі:

$$t_d = t_a P_a + t_b P_b + t_{oc}, \quad (2)$$

де t_a і t_b - час висадки і посадки пасажирів відповідно;
 P_a і P_b - відповідне число цих пасажирів, од.;
 t_{oc} - час відкриття/закриття дверей, с.
 Коефіцієнт c_v рекомендується використовувати значення $c_v = 60\%$.

Коефіцієнт z_a - враховує можливість утворення черги з транспортних засобів (ТЗ) перед ЗП по причини зайнятості всіх місць, призначених для технічної зупинки автобусів. При визначенні цього коефіцієнта виходимо з припущення, що час посадки/висадки розподілено за нормальним законом. При цьому коефіцієнт ймовірності відмови заявці в обслуговуванні дорівнює:

$$z_a = \frac{t_i - t_d}{\sigma}, \quad (3)$$

де t_i і t_d - час посадки та висадки, с;
 σ - середньоквадратичне відхилення часу посадки і висадки, с.

Розташовані в безпосередній близькості від ЗП регульовані перетину (світлофорні об'єкти) впливають на рухомий склад. При високій інтенсивності руху відбувається накопичення ТЗ при сигналі світлофора, що забороняє. В результаті на ЗП ТЗ приходять групами (також часто можна зустріти назву «пакету»), що потребує додаткового місця для їх обслуговування та створює додаткові затримки транспорту.

Важливим параметром в ПЗ НСМ 2000 є коефіцієнт зниження рухомого складу (РС) залежно від кількості місць на ЗП - $N_{\text{об}}$. Наявність кількох місць на ЗП спричиняє взаємні перешкоди між ТЗ, збільшення часу посадки/висадки через додаткові переміщення пасажирів, не знаючих на якому з місць, зупиниться ТЗ. Згідно з розробленою методикою використання ПЗ, НСМ не рекомендується мати на ЗП більше 4 місць. Значення коефіцієнта $N_{\text{об}}$ представлені на рис. 1.

Тип транспортного засобу	Наявність дверей		Час посадки, с/пас		Час виходу, с/пас
	Число	Розташування	Оплата при вході	Оплата при виході, без решти	
Автобуси великої місткості	1	Спереду	2	2,6-3	1,7-2
	1	Позаду	2	-	1,7-2
	2	Спереду	1,2	1,8-2	1-1,2
	2	Позаду	1,2	-	0,9
	2	Спереду і позаду ²	1,2	-	0,6
	4	Спереду і позаду ³	0,7	-	0,8
Автобуси особливо великої місткості	3	Спереду, позаду і посередині	0,9 ³	-	0,8
	2	Позаду	1,2 ⁴	-	-
	2	Спереду і позаду ²	-	-	0,6
Спеціальні автобуси	6	Спереду, позаду і посередині ²	0,5	-	0,4
	6	З подвійних дверей ⁵	0,5	-	0,4

Рисунок 1 - Час посадки/висадки пасажирів на зупинному пункті

Отримано залежність, що пов'язує час вибуття автобуса з інтенсивністю потоку на крайній правій смузі, номінальною місткістю та коефіцієнтом, що враховує факт маневрування з метою випередження попередника:

$$t_c = 0,003N + 0,056Q + 6,53i, \text{ (м. Кропивницький)} \quad (4)$$

$$t_c = 0,002N + 0,054Q + 6,51i, \text{ (м. Рівне)} \quad (5)$$

$$t_c = 0,003N + 0,055Q + 6,54i, \text{ (м. Тернопіль)} \quad (6)$$

де N - інтенсивність руху по сусідньої смузі, од/год;

Q - пасажиромісткість ТЗ, пас.;

i - коефіцієнт, що враховує факт втрати часу на маневр по об'їзду автобуса, що знаходиться попереду.

За отриманими даними $i = 0,456$.

Список використаних джерел

1. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
2. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.

УДК 658.7:656.07

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ ПІДПРИЄМСТВА

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,
А.В. Гриньків, ст. дослідник, канд. техн. наук,
 Центральнoукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький
Ю.Я. Вовк, доц., канд. техн. наук,
У.М. Плекан, доц., канд. економ. наук,
 Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль
І.С. Сугак, ст. гр. ТТ-23,
Д.С. Воронов, ст. гр. ТТ-24Мб,
 Центральнoукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Перевезення є невід’ємною частиною матеріального потоку. Процес перевезення включає заходи, пов’язані із переходом права власності на товар. Якість транспортного обслуговування визначає ефективність системи управління транспортними потоками на підприємстві. Алгоритм покрокової оцінки управління транспортними потоками наведено на рис. 1.

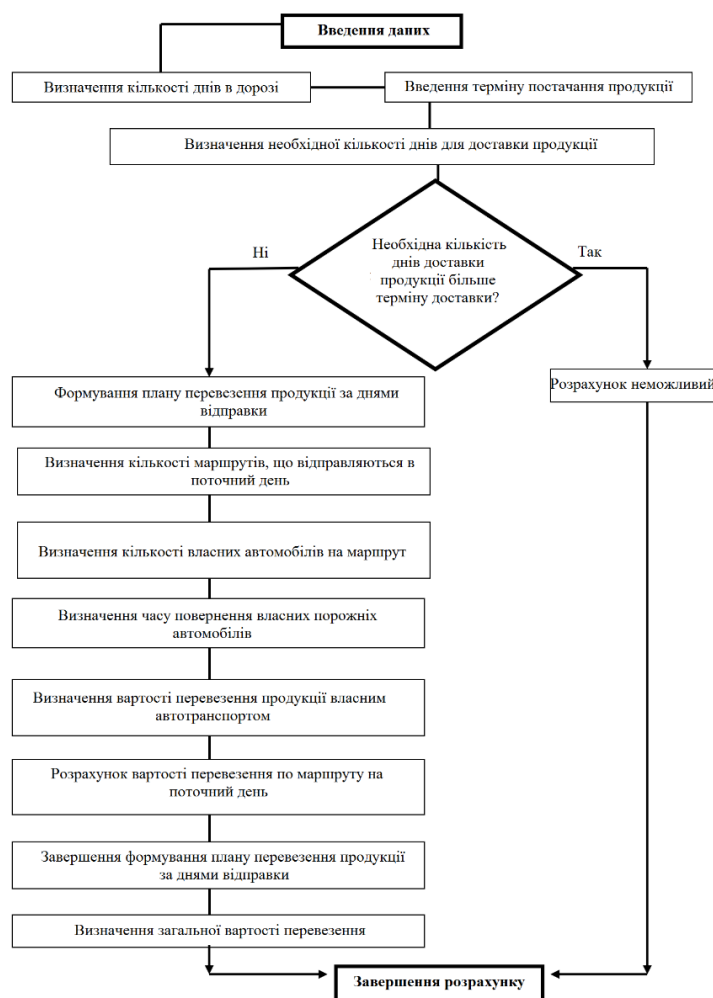


Рисунок 1 – Алгоритм оцінки управління логістичними транспортними потоками на підприємстві

У таблиці 1 наведено вихідні дані для розрахунку показників ефективності управління транспортними потоками на ТОВ «ЛАНДТЕХ».

З аналізу даних видно, що дане підприємство:

- збільшило обсяг наданих послуг за рік на 16,6%, що призвело до зростання витрат на перевезення;
- дещо збільшився час на надання послуги;
- особливу увагу слід приділити зміні показника кількості доставок у встановлений термін, який знизився на 3,9%, що свідчить про нерівномірний розподіл часу у транспортному процесі; крім того, обсяг недоставленого вантажу зріс на 1,9%;
- зросли витрати на перевезення та пов'язані втрати під час перевезень.

Таблиця 1 Вихідні дані для оцінки ефективності управління транспортними потоками ТОВ «ЛАНДТЕХ».

Показник	2023 рік	2024 рік	Зміна (+,-)	Темп зростання, %
Фактична кількість наданих послуг	486	567	81	116,6
Кількість послуг, яка теоретично може бути надана	510	625	115	122,5
Час на виконання і-тої послуги (година)	8,30	8,40	0,1	101
Число аварій	3	2	- 5	66,6
Втрати в грошовому виразі при транспортуванні (тис. грн.)	11,2	7,4	- 3,8	66
Вартість перевезеного вантажу (тис.грн.)	245	248	3	99
Число доставок в межах встановленого часу	127	122	- 5	96,1
Об'єм недоставленого вантажу по кількості (тонни)	152	180	28	118,4
Загальний обсяг вантажу (тис. т)	23692	25486	1794	107,57
Витрати на перевезення (тис.грн.)	1120	1260	140	112,5
Витрати на дистрибуцію (тис.грн.)	458,9	496,3	37,4	108,1
Витрати в зв'язку з втратами при перевезенні (тис.грн.)	0,97	11,1	1,4	114,4
Сумарна протяжність всього транспортування (тис.км)	45,4	47,9	2,5	105,5
Фактичне число транспортних засобів	89	89	0	100
Заявлене число транспортних засобів за певний проміжок часу	91	101	10	110,9

Для оцінки системи управління транспортними логістичними потоками на підприємстві розраховуються показники, що відображають поточну ефективність системи та дозволяють порівняти її результати з показниками попереднього року.

До цих показників належать: рівень обслуговування, безпека доставки, втрати під час перевезень, своєчасність доставки, недоставки, витрати на перевезення у відсотках від загальних витрат на дистрибуцію, втрати у відсотках від витрат на перевезення, витрати на перевезення у відсотках від виручки продажів, середня відстань транспортування та доступність транспортних засобів.

Проведем оцінки показників: рівня обслуговування ($Y_{об}$); безпеки доставки (B_d); втрати при доставці ($П_{вд}$);своєчасності доставки (C_d) та ін.

Значення показника рівня обслуговування відбиває якість обслуговування організацією споживачів знаходиться по формулі:

$$Y_{об} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{\sum_{i=1}^N t} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де n - фактична кількість наданих послуг;
 N - кількість послуг, яка теоретично може бути надана;
 t_i - час на виконання i -тої послуги.

Показник безпеки доставки (B_d) дорівнює:

$$B_d = \frac{ЗЧП - Ч_a}{ЗЧП} \cdot 100\%, \quad (2)$$

де ЗЧП - загальне число поїздок;
 $Ч_a$ - число аварій.

Показник втрати при доставці $П_{вд}$ становить:

$$П_{вд} = \frac{П_{втв}}{B_{пв}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

де $П_{втв}$ - втрати в грошовому виразі при транспортному перевезенні;
 $B_{пв}$ - вартість перевізного вантажу.

Показник своєчасності доставки C_d оцінюється по формулі:

$$C_d = \frac{ЧДВВЧ}{ЗЧД} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де ЧДВВЧ - число доставок в межах встановленого часу;
 $ЗЧД$ - загальна кількість доставок.

Показник недопоставки, H знаходиться по формулі:

$$H = \frac{ОНВ_{пк}}{ЗОВ} \cdot 100\%, \quad (5)$$

де $ОНВ_{пк}$ - обсяг недопоставленого вантажу по кількості;
 $ЗОВ$ - загальний обсяг вантажу.

Доставка, як уже зазначалося, є однією з ключових складових діяльності будь-якого підприємства. При управлінні транспортними потоками слід звернути увагу на ці показники, оскільки їхні значення свідчать про неефективність застосування маятникового маршруту перевезення продукції на підприємстві.

Далі розглянемо показники, що належать до витратних:

$$V_{пд} = \frac{ВнП}{ВнД} \cdot 100\%, \quad (6)$$

де $V_{пд}$ - витрати на перевезення в % витрат на дистрибуцію;
 $ВнП$ - витрати на перевезення;
 $ВнД$ - витрати на дистрибуцію.

$$ВВнП = \frac{ВВП}{ВнП} \cdot 100\%, \quad (7)$$

де $ВВнП$ - втрати витрат на перевезення;
 $ВВП$ - витрати в зв'язку з втратами при перевезенні.

$$ВнПВП = \frac{ВнП}{ВП} \cdot 100\%, \quad (8)$$

де $ВнПВП$ - витрати на перевезення в % виручки від продажів;
 $ВП$ - витрати від продажів.

Усі показники витрат збільшилися незначною мірою, що підкреслює необхідність внесення коректив у систему управління транспортними логістичними потоками на підприємстві.

Розглянемо середню довжину маршруту та доступність транспорту.

Середня довжина маршруту визначається як середнє значення відстані, яку проходить ТЗ від початкового до кінцевого пункту.

$$СП = \frac{СПТ}{Чп} (\text{км}), \quad (9)$$

де СП - середня протяжність транспортування;

СПТ - сумарна протяжність всього транспортування;

Чп - число поїздок.

$$ДП = \frac{ФЧТЗ}{ЗЧТЗ} \cdot 100\%, \quad (10)$$

де ДП - доступність транспорту;

ФЧТЗ - фактичне число транспортних засобів;

ЗЧТЗ - заявлене число транспортних засобів за певний проміжок часу.

Зведемо отримані показники в таблицю 2.

Таблиця 2 - Показники ефективності управління транспортним потоком на ТОВ «ЛАНДТЕХ» за 2023 і 2024 роки

Показник	2023	2024	Зміна (+,-)	Темп зростання, %
Рівень обслуговування, $Y_{об}$, %	95	90	- 0,5	94,7
Безпека доставки, B_d , %	99,6	99,8	0,13	100,1
Втрати при доставці, $B_{нд}$, %	45,7	29,8	-15,8	65,2
Своєчасність доставки, C_d , %	97,3	97,9	- 0,51	101
Недопостачання, H , %	0,64	0,70	0,06	109
Витрати на перевезення у % витрат на дистрибуцію, $B_{пд}$, %	244,06	253,88	9,82	104,0
Втрати витрат на перевезення, $B_{нВП}$, %	866,0	880,9	14,88	101,7
Витрати на перевезення в % виторгу Продажів, $B_{нПВП}$, %	34,57	34,74	- 1,15	94,91
Середня протяжність Транспортування, СП тис.км	9,3	9,4	0,08	100,9
Доступність транспорту, ДП, %	97,8	88,1	9,69	90,4

Показник доступності транспорту характеризує забезпеченість підприємства необхідними ТЗ для доставки продукції від виробника до споживача. Як вже зазначалося, ТОВ «ЛАНДТЕХ» розпоряджається власним автопарком. У період 2023–2024 років кількість ТЗ залишалася стабільною, проте у 2024 році, після придбання німецького обладнання, зріс попит на перевезення. Цей фактор у поєднанні з недостатньо оптимізованими маршрутами призвів до зниження показника доступності транспорту на 9,6 %.

Таким чином, розрахунок зазначених показників слугує методикою оцінки ефективності управління логістичними транспортними потоками підприємства. Аналіз показав, що ТОВ «ЛАНДТЕХ» веде ефективну управлінську діяльність, проте у 2024 році частина показників транспортної діяльності демонструвала негативну тенденцію. Для

підвищення ефективності транспортних послуг та стабілізації результатів перевезень слід реалізувати коригувальні заходи щодо оптимізації маршрутів руху ТЗ.

Список використаних джерел

1. Fesovets O., Strelko O., Berdnychenko Yu., Isaienko S., Pylypchuk O. Container Transportation by Rail Transport Within the Context of Ukraine's European Integration. Proceedings of 23rd International Scientific Conference «Transport Means 2019». 2019. P. 381–386.
2. Kulova D., Boyko M., Kosyakevych D. Assessment of Risk Factors and Improvement of Transportation Technology for Temperature-Sensitive Cargo in Refrigerated Containers. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2026. Issue 13(44), Part I. P. 1-10.
3. Lavrukhin O., Kovalov A., Schevcenko V., Kyman A., Kulova D. Construction of an integrated criterion for estimating the consequences of emergencies involving dangerous goods. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 2, Issue 3 (98). P. 25-31. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163442>
4. Lavrukhin O., Kovalov A., Kulova D. Technological and economic estimation of efficiency of a route choice for transportation of dangerous goods. SHS Web of Conferences. 2019. Vol. 67. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196702005>
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
6. Кульова Д.О., Магопещ С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
7. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
8. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271)
9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
10. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
11. Wei L., Zheng X., Li Y., Li X., Liu L. Research on the impact effect of multimodal transport on domestic and international dual circulation: Evidence from China's railway and water transport. PLoS ONE. 2025. Vol. 20, Issue 4. Article e0319982. P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319982>
12. Zhang Z., Jin J., Li S., Han Z., Wu Z., Xu X., Li Y., Peng T. Research review and development trend analysis of grain multimodal transport with a special emphasis upon China. Agriculture. 2026. Vol. 16. Article 592. P. 1-35. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture16050592>
13. Uddin M. M., Huynh N. Routing model for multicommodity freight in an intermodal network under disruptions. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2016. No. 2548. P. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.3141/2548-09>
14. Jayant, Arvind, Mohammed Azhar, and Priya Singh. "Interpretive structural modeling (ISM) approach: a state of the art literature review." Int. J. Res. Mech. Eng. Technol 5.1 (2015): 15-21. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1240/1/012010>
15. United Nations Conference on a Convention on International Multimodal Transport : Final Act and Convention on International Multimodal Transport of Goods. – New York : United Nations, 1981. Vol. 1. 16 p.
16. Про мультимодальні перевезення : Закон України від 17.11.2021 р. № 1887-IX станом на 19 груд. 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text> (дата звернення: 10.03.2026).
17. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Terminology on Combined Transport. New York and Geneva: United Nations, 2000. 13 p.

УДК 658.7:656.07

ОПТИМАЛЬНИЙ РОЗМІР ВАНТАЖУ ЗА МІНІМІЗАЦІЄЮ ЛОГІСТИЧНИХ ВИТРАТ

С.В. Лисенко, доц., канд. техн. наук,
А.В. Гриньків, ст. дослідник, канд. техн. наук,
О.В. Московченко, ст. гр. ЛАТ-25МЗ,
І.І. Безпалова, ст. гр. ТТ-24М,
І.С. Сугак, ст. гр. ТТ-23,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

При врахуванні всіх розглянутих логістичних витрат та розрахунку відповідних витрат на весь обсяг партії (20 т) протягом заданого періоду (20 днів) отримано такі розрахункові дані (табл. 1), графічне відображення визначення оптимального розміру відправки представлено на рисунку 1.

Таблиця 1- Сумарні логістичні витрати

Розмір партії, т	1	2	3	4	5	10	20
Витрати на транспортування, тис.грн.	44,721	31,622	25,819	22,360	20,000	14,142	10,000
Витрати на закупівлю, тис.грн.	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000	40 000
Витрати утримання запасів в дорозі, тис.грн.	1,095	2,191	3,287	4,383	5,479	10,958	21,917
Витрати на зберігання та обробку, тис.грн.	20,900	20,900	31,350	41,800	52,250	104,500	209,000
Витрати на утримання запасів на складі, тис.грн.	43,835	43,835	65,753	87,671	109,589	219,178	438,356
Сумарні логістичні витрати, тис.грн.	40110,552	40098,550	40126,210	40156,215	40187,318	40348,779	40679,273

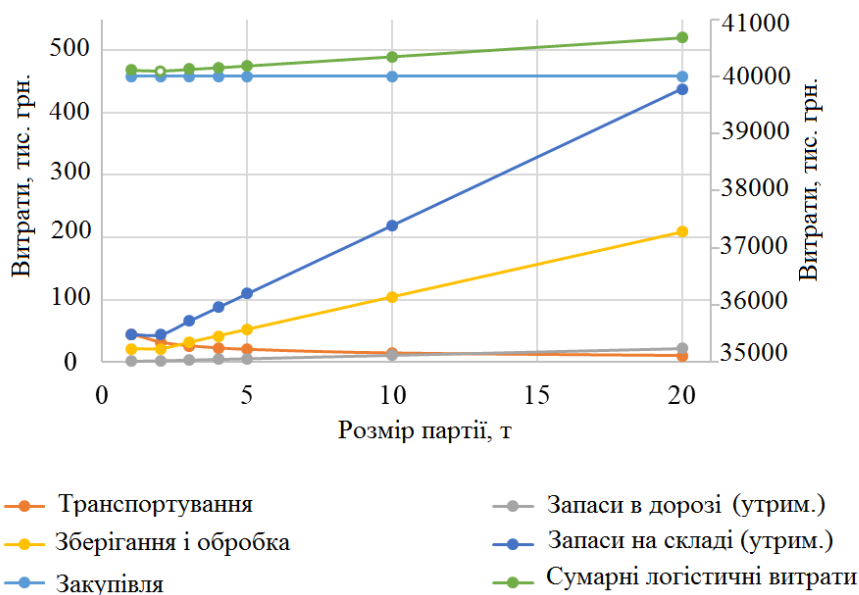


Рисунок 1 - Сумарні логістичні витрати

Оптимальний розмір партії за критерієм мінімізації логістичних витрат також може бути отримано аналітичним шляхом. Для цього Потрібно продиференціювати функцію сумарних логістичних витрат. Похідну від цієї функції прирівняти до нуля і знайти оптимальний розмір партії q_i .

Знайдене значення q_i , визначене аналітичним шляхом, відповідає значенню оптимального розміру партії, отриманого графічним шляхом. При визначенні графічно розмір партії вантажу необхідно заздалегідь враховувати чи нехтувати можливістю паралельних відправлень, залежно від яких значення утримування запасів сильно змінюється і впливає кінцевий результат визначення розміру партії з мінімізації логістичних витрат. Врахування умов впливає на зміну співвідношення витрат, пов'язаних з утриманням складських запасів та транспортуванням партій вантажів у загальному обсязі. Ця зміна залежно від розміру партії представлена на рисунку 2.

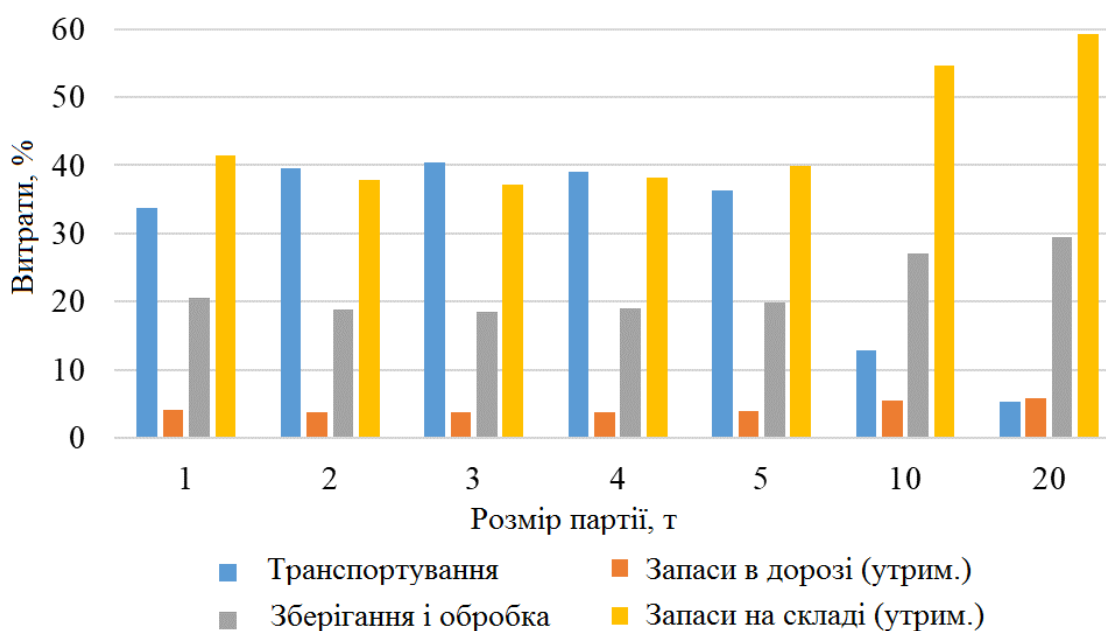


Рисунок 2 - Розподіл логістичних витрат залежно від розміру партії

Загальний обсяг витрат не включає витрати на закупівлю, оскільки їхня частка становить велику частку, що не дозволяє оцінити ізольований вплив інших витрат на вибір оптимального розміру партії.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. - Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. - 393 с.
2. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. - 325 с.
3. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
4. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.

УДК 339.13:656:658.012.4

ПОБУДОВА СТРАТЕГІЇ КЛАСТЕРНОГО ФОРМУВАННЯ РИНКУ КОМПЛЕКСНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ПОСЛУГИ ТА ШЛЯХИ ЙОГО РОЗВИТКУ

О.Л. Ляшук, проф., д-р. техн. наук,
В.З. Гудь, проф., д-р. техн. наук,
Р.М. Рогатинський, проф., д-р. техн. наук,
Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль
В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,
Д.О. Кульова, ст. викл., д-р. філософ,
С.В. Лисенко, доц., канд. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Розвиток кластерів - багатоетапний і складний процес, що формується не тільки з точки зору вдосконалення виробничих процесів і підвищення якості задоволення споживчого попиту, але й з погляду соціально-економічного розвитку суспільства, оскільки структурування та динаміка зростання суспільного середовища безпосередньо залежать від рівня результативності економічних процесів .

Управління виробничим та соціально-економічним розвитком кластерів у сучасних ринкових відносинах – це знаходження оптимальних цілей розвитку, спрямованих на середньо- і довгострокову програми підвищення ефективності і на формування сприятливих умов вдосконалення і розвитку .

Організація процесів та управління ними при ринковому формуванні транспортних та виробничих послуг знаходяться в галузі координаційних впливів регуляторів (регіональної, міжрегіональної і державної влади) суб'єкти транспортно-виробничої діяльності, соціальної і економічної діяльності. Вплив регуляторів спрямований на залучення більшої кількості суб'єктів в соціально-економічне простір, а також на ефективне використання наявних ресурсів для поетапного та планомірного розвитку регіональних та міжрегіональних взаємин та економічних зв'язків, які забезпечують досягнення найвищого рівня розвитку регіонів – суб'єктів України та держави в цілому через призму підвищення зростання життєдіяльності населення країни .

Вплив регуляторів ґрунтуються на нормативно-правовій діяльності, реструктуризуючих функціях, методах та механізмах управління при дотриманні цільових умов факторів, що впливають (рис. 1).

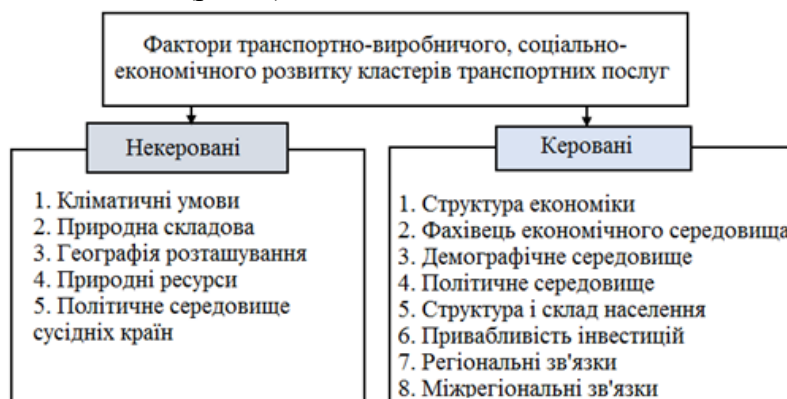


Рисунок 1 – Фактори, що впливають на транспортно-виробничі та соціально-економічні процеси при формуванні кластерів комплексної транспортної послуги

Зазначимо, що в ефективності управління транспортно-виробничими процесами та соціально-економічними процесами при розвитку кластерів комплексної транспортної послуги дуже важлива побудова стратегії.

Стандарт стратегії, побудови спрямований на підвищення ефективності взаємодії та узгодженості галузевих та міжгалузевих пріоритетів політики держави у взаємозв'язку концепції розвитку суб'єктів України та держави в цілому. Розробка стратегії ґрунтується на визначенні головних проблем виробничого та соціально-економічного розвитку, оцінки ризиків, оцінки ресурсних можливостей. Стратегія представляє дотримання балансу інтересів суб'єктів процесів виробництва, соціальних і економічних суб'єктів і регуляторів, щоб знизити ризик виникнення конфліктів та забезпечити комфортні умови для бізнес-об'єднань.

У стратегію розвитку входять цілі, під час аналізу яких визначається оптимальний стратегічний пріоритет. Пошук мети здійснюється на базі знань, навичок, досвіду, а також сил і впливів. Ціль стратегії розвитку точно обґрунтовується і може бути трансформована з урахуванням зміни обставин. Запропонована наступна класифікація цілей:

–комерційні, параметрами яких є: величина споживання транспортних та виробничих послуг, величина продукції, що випускається;

–фінансово-економічні, параметрами яких є:прибуток, бюджет, приріст активів, рентабельність ;

–соціально-економічні, параметрами яких є: життєздатність населення, наявність та рівень якості медичного забезпечення, доступність та рівень якості освіти і т.д.;

–екологічні, параметрами яких є: рівень екологічних показників території, регіону, стан природоохоронних умов.

При розбудові стратегії розвитку кластерів транспортних послуг відображається місія діяльності на регіональному і міжрегіональному рівнях побудови, а саме, задоволення споживчого попиту в готовій продукції та наданих комплексних транспортних послуг. У розвитку кластерів визначається класичний (стандартний) комплекс цілей, у якому відображено існуючі способи та підходи вирішення проблемних питань транспортно-виробничого та соціально-економічного розвитку. Тому цілі, розташовані на верхньому рівні, виділяються без великих коригувань. Цілі коригуються під час формування завдань нижчого рівня. Ідентичність головних цілей стратегії є рівністю в ідентичності стратегічних шарів, тому що пріоритетність і цінність цих цілей мають відмінності між різними за своєю суттю кластерами.

Однією з вимог узгоджених взаємодій незалежних один від одного суб'єктів, які реалізують спільну діяльність на різних етапах управління та координації, є консолідоване стратегічне планування. Яке забезпечує та зберігає цілісність функціоналу. Для досягнення цього необхідно ефективно визначити напрямки та реперні точки діяльності підприємства.

Стратегія розвитку кластерів комплексної транспортної послуги – це комплекс параметрів і критеріїв, відображають пріоритети і вектори діяльності для ефективного, якісного та повного задоволення попиту на послуги, а також це комплекс необхідних способів, спрямованих на реалізацію виробничої та транспортної діяльності. Головні цілі стратегії: самопідтримка і самоадаптація взаємодіючих суб'єктів на регіональному та міжрегіональному рівнях, аналіз та постійний моніторинг наявності ресурсів для розвитку, аналіз інформаційних даних про взаємодіючих суб'єктів, у тому числі аналіз та побудову організації та структури функціонування, необхідну для формування стратегії та подальшої її реалізації.

Рівні побудови консолідованої стратегії розвитку кластерів комплексної транспортної послуги, соціально-економічного регіонального та міжрегіонального розвитку суб'єктів України представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Рівні побудови стратегії та основні заходи її реалізації

Рівень	Заходи
Аналіз та проведення оціночних дій щодо визначення початкових ресурсних можливостей для розвитку кластера комплексної транспортної послуги, соціально-економічного регіонального і міжрегіонального розвитку суб'єктів України.	Аналіз і оцінка розвитку в поточному тимчасовому періоді. Визначення проблемних факторів. Проведення оціночних дій у відношенні факторів і параметрів розвитку, а також ресурсних можливостей суб'єкта України.
Визначення і побудова варіантів розвитку.	Формування можливих варіантів розвитку. Аналіз варіантів. Визначення оптимального варіанту.
Обґрунтування стратегічного визначення та вибору суб'єкта України.	Побудова стратегічних цілей розвитку цілей в контексті наявних ресурсних можливостей. Обґрунтування пріоритетів розвитку суб'єкта України.
Побудова способів впровадження та реалізації стратегії.	Нормативно-технічне забезпечення. Нормативно-правове забезпечення. Координаційне забезпечення. Організаційне забезпечення. Ресурсне забезпечення. Техніко-технологічне забезпечення.
Формалізація вибору суб'єкта України для формування кластера комплексної транспортної послуги	Підготовка нормативно-технічного проекту. Узгодження із регуляторними суб'єктами. Затвердження стратегії розвитку.

Основна методологічна робота при реалізації стратегії розвитку полягає в оціночних діях по визначенню ефективності цією стратегії, що відображає як досягнуті позитивні результати, так і величину необхідних її реалізації витрат.

Основне питання щодо ефективності стратегії – вибір та побудова структури критеріїв та показників ефективності. Позитивні результати реалізації цілей стратегії мають як економічні, так і соціальні параметри, отже, оціночні дії проводяться по всім складовим параметрів. Такий підхід до оціночних дій щодо визначення ефективності стратегії розвитку кластера комплексної транспортної послуги в контексті розвитку суб'єкта України формує економічний, інноваційний, ресурсний, бюджетний, соціальний та суб'єктного стратегічного управління критеріями оціночних дій. Таким чином, консолідована стратегія розвитку є головним механізмом державної політики та основним інструментом її структурування.

Насьогодні на макроекономічному рівні відбувається трансформація конкурентного середовища. Процеси конкуренції міждержавного рівня трансформуються у процеси конкуренцій регіонів та територій внутрішньодержавного рівня. Трансформація та підвищення конкуренції, відбувається у взаємозв'язку з підвищенням економічного та соціального зростання суб'єктів України. Зміцнення суб'єктів України призводить до підвищення рівня конкурентоспроможності країни на міждержавному рівні.

Збільшення ресурсних можливостей конкретного сегмента економіки підвищує економічний рівень суб'єктів України. Сучасні глобальні економічні процеси показують, що поділ економіки на сегменти, області або галузі нераціонально. Набагато ефективнішим є розвиток та формування кластерів – спільнот, узгоджено взаємодіючих економічних та соціальних суб'єктів. Від якості розвитку кластера залежить якість розвитку суб'єкта України.

Розвиток одного кластера впливає на розвиток наступних кластерів, а прибуток розподіляється за всіма комунікуючими векторами розвитку:

- вдосконалення та оптимізація структуруючих в кластерах виробників товарів та послуг;
- збільшення інформаційних потоків, формування процесів їх квотування та обміну;

- розвиток узгоджених комунікацій між взаємодіючими суб'єктами формують досконалі і раціональні процеси і способи конкурентного ведення бізнесу;
- вдосконалення кадрового потенціалу.

Розглядаючи потенціальні можливості кластерів, можливо сформулювати наступні принципи:

- комплексне і взаємопов'язане вдосконалення конкуруючих суб'єктів призводить до підвищення рівня суб'єктів економічних ринків та їх домінування над зовнішніми;
- стабільність економічних комунікацій у горизонтальній площині збільшує кількість договірних взаємовідносин, що робить економічні зв'язки стабільними;
- підвищення споживчого попиту на суб'єктному (регіональному, територіальному) рівні не залежить від споживчого попиту на міжрегіональному рівні;
- формування суб'єктними і федеральними регуляторами соціально-економічних процесів комплексного розвитку як регіонального, так і міжрегіонального рівня.

В даний час активно розвиваються промислові кластери, які включають в себе учасників основного виробничого процесу, необхідні для виробництва ресурси, набори підпроцесів діяльності. Такі кластери пов'язані між собою єдиними цілями і завданнями вдосконалення, побудови комплексного технологічного процесу та єдиного захисту від факторів конкуренцією. Розвиток промислових кластерів створює передумови для формування регіональних кластерів, зокрема кластерів комплексної транспортної послуги, оскільки виробництво/доставка продукції невід'ємно пов'язане із споживанням видів транспортних послуг .

Кластер комплексної транспортної послуги – це спільнота розподілених суб'єктів транспортно-виробничих процесів, які фокусуються на всіх рівнях категорії вантажних перевезень.

Сильна сторона кластерів комплексної транспортної послуги: стійкість структури кластерів до внутрішніх та зовнішніх впливаючих факторів; конкурентоспроможність; формування умов для розвитку супутніх регіональних кластерів. Слабка сторона кластерів комплексної транспортної послуги: децентралізація управління, технологічна відокремленість, територіальний (масштабний) розподіл суб'єктів; відсутність єдиних ключових показників діяльності суб'єктів.

Ефективність використання кластера комплексної транспортної послуги безпосередньо залежить від регуляторних впливів влади різних рівнів на процеси кластера та стимулювання розвитку його майбутніх процесів .

Кластер комплексної транспортної послуги – це економічно раціональний напрямок розвитку промислового та транспортного сегментів економіки країни, підвищення життєздатності її населення. Основне джерело розвитку транспортних кластерів - це інтеграція виробничих і транспортних процесів, на основі якого відбувається побудова стабільних економічних взаємовідносин між суб'єктами виробництва, суб'єктами транспортних послуг та соціально-економічними суб'єктами .

Таким чином, цільовим механізмом у політиці суб'єктів Україна у сегменті економіки регіону служить стратегія інтеграції з такими завданнями:

- зниження доданої вартості готової продукції за допомогою зниження транспортних витрат;
- досягнення мінімального порогового розриву між соціально-економічним розвитком суб'єктів на всій території країни;
- підвищення темпу зростання економіки суб'єкта України і країни загалом;
- підвищення рівня життєдіяльності населення країни та соціальної захищеності.

У сучасному світі інформаційно-технологічного суспільства вдосконалення принципів інтеграції у кластері комплексної транспортної послуги можливе шляхом розвитку віртуальною середовища, яке повинна бути спрямована на максимально ефективне

використання всіх наявних ресурсних можливостей, що, в свою черга, дозволяє масштабувати діяльність кластера і збільшити його можливості на регіональних і міжрегіональних рівнях економічного розвитку.

Для формування стратегії інтеграції необхідно провести наступне:

- аналіз діючих умов;
- проведення оціночних дій щодо визначення наявних інтеграційних ресурсів;
- сформулювати комплекс заходів реалізації стратегії.

Конкурентоспроможність суб'єктів кластера комплексної транспортної послуги розширює види послуг та їх обсяги, знижує транзакційні витрати.

Виробничі та промислові підприємства, підприємства транспортної галузі взаємозалежні та мають між собою єдині технологічні процеси, що впливають на їх економічні показники.

Метою процесу інтеграції служить досягнення позитивних економічних результатів від реалізації виробництва, транспортних послуг за видами діяльності. Механізмом для досягнення даної цілі є незалежність економічних взаємозв'язків. Практика показує, що при дотриманні цих умов відбувається масштабування ринку виробничих і транспортних послуг суб'єктами кластера, погоджене та взаємовигідне їх інвестування у проекти розвитку та ефективна інтеграція сфер виробництва по галузях (табл. 2).

Таблиця 2 - Комплекс заходів, проведених суб'єктами кластера для вирішення проблемних питань інтеграції

Дія	Суб'єкт кластера
Структурування норм, правил, процесів інтеграції виробництв і транспортних послуг	Суб'єкти виробництва. Суб'єкти транспортних послуг. Суб'єкти-регулятори.
Консолідація виробничих, транспортних, фінансових ресурсів	Суб'єкти виробництва. Суб'єкти транспортних послуг. Суб'єкти комерційних та фінансових процесів.
Консолідація інвестицій, залучення суб'єктів-інвесторів	Суб'єкти виробництва. Суб'єкти транспортних послуг. Суб'єкти-інвестори.
Оптимізація потоків фінансування, оподаткування	Суб'єкти комерційних та фінансових процесів. Суб'єкти-регулятори.
Підвищення ступеня міцності процесів кредитування	Суб'єкти виробництва. Суб'єкти транспортних послуг. Суб'єкти комерційних та фінансових процесів. Суб'єкти-регулятори.
Підвищення ступеня міцності фінансової дисципліни	Суб'єкти комерційних і фінансових процесів.
Збільшення обміну інформаційних потоків, використання і розширення довіреноінформаційного середовища	Усі суб'єкти кластера.
Стимулювання інвестиційного розвитку	Суб'єкти виробництва. Суб'єкти транспортних послуг. Суб'єкти-регулятори.
Оптимізація потоків фінансування, оподаткування	Суб'єкти комерційних та фінансових процесів. Суб'єкти-регулятори.
Підвищення ступеня міцності процесів кредитування	Суб'єкти виробництва. Суб'єкти транспортних послуг. Суб'єкти комерційних та фінансових процесів. Суб'єкти-регулятори.
Підвищення ступеня міцності фінансової дисципліни	Суб'єкти комерційних і фінансових процесів.
Збільшення обміну інформаційних потоків, впровадження та розширення довіреноінформаційного середовища	Усі суб'єкти кластера.
Стимулювання інвестиційного розвитку	Суб'єкти виробництва. Суб'єкти транспортних послуг. Суб'єкти-регулятори.

Ефективність стратегії інтеграції в кластерах полягає не в концентрації суб'єктів виробництва і транспортних послуг, а в консолідації ресурсних можливостей відокремлених і незалежних суб'єктів кластера, спрямованих на досягнення єдиного взаємовигідного позитивного результату при реалізації транспортно-виробничих процесів та оптимальне вирішення цільових проблемних питань організації та управління.

У кластерах комплексної транспортної послуги процеси інтеграції у технологічному сегменті консолідуєть весь транспортно-виробничий цикл доставка сировини – виробництво готової продукції – накопичення партій готової продукції – зберігання – транспортування на всіх етапах життєвого циклу – реалізація готовою продукції. Економічна складова процесів інтеграції відображається на кожному етапі транспортно-виробничого циклу від формування доходів до їх розподілу. Організаційна та координаційна складові інтеграції реалізуються на базі єдиної нормативно-правової форми транспортно-виробничої діяльності, договірних відносин між суб'єктами кластера .

У процесах економічної і інформаційної інтеграції найважливішу роль виконує інфраструктура, призначена для обслуговування транспортно-виробничих процесів (технологічна, транспортна, інформаційна), тобто те, що забезпечує виведення кластера на рівень комплексного розвитку.

Процеси інтеграції на рівні виробничих підприємств стабільні та стійкі, оскільки фокусуються на підвищенні економічної результативності їх діяльності. Інтеграція процесів регіонального і міжрегіонального рівнів відображається «гнучкою» формою. Керуюча (координаційна) та функціональна структури інтегруючих суб'єктів не видозмінюються, при цьому процеси узгодженої взаємодії суб'єктів кластера формують структуру спільних дій, створює умови для розвитку як кластерів і суб'єктів України, і регіональних і міжрегіональних соціально-економічних суб'єктів.

Список використаних джерел

1. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
2. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
3. Аулін В. В., Голуб Д. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Цьонь О. П..Формування логістичних проектно-орієнтованих кластерів у регіональних ланцюгах постачань продукції.Зб. тез доповідей XII Міжнар. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» 20-21 лют. 2025 р., м. Київ. МОН України, НУБіП. К.: Видавничий центр НУБіП України, 2025. С.155-156.
4. Аулін В.В., Великодний Д.О., Довгий А.О., Галінський Є.С..Стратегія сталої логістики для України на період до 2030 року. загальні вимоги до транспортної логістики.Матеріали 1ої Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability",17-19 квітня 2019 р. - Кропивницький : ЦНТУ, 2019. - С.282-284.
5. Аулін В.В., Великодний Д.О., Голуб Д.В., Дьяченко В.О., Головатий А.О..Стан та стратегічні цілі логістики автомобільного транспорту України.Матеріали 1ої Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability",17-19 квітня 2019 р. - Кропивницький : ЦНТУ, 2019. - С.285-288.
6. Плекан У.М., Ляшук О.Л., Аулін В.В., Цьонь О.П., Матвіїшин А.Й. Логістична стратегія автотранспортного підприємства. Організаційні аспекти формування.Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2022. Вип. 6(37) ч.ІІ. С.75-82.
7. Сергійчук А. А., Аулін В. В., Гриньків А. В., Сергійчук А. В. Забезпечення належного рівня якості надання послуг підприємствами технічного сервісу колісних транспортних засобів проведенням їх акредитації.Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. Кропивницький : ЦНТУ, 2025. Вип. 11(42). Ч. 2. С. 348-363.

УДК 656.13:656.073:004.9:614.8

ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

О.М. Лівіцький, ст. викл., канд. техн. наук,
В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,
А.В. Гриньків, ст. дослідник, канд. техн. наук,
О.Є. Рубан, ст. гр. ТТ-24,
С.Г. Чаплигін, ст. гр. ЛАТ-25М,
С.М. Жуковський, ст. гр. ЛАТ-25Мб,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Для забезпечення сталого зв'язку із системою екстреного реагування з метою інформування про інциденти на автомобільному транспорті з небезпечним вантажем (НВ) пропонується:

- впровадження у транспортну логістику системи безперервного інформаційного обміну;
- оснащення автомобільного транспорту технічними засобами автоматичної ідентифікації інцидентів під час транспортування НВ;
- проведення додаткових організаційних заходів з водіями та посадовими особами, відповідальними за організацію перевезення НВ;
- забезпечення екстрених служб програмними засобами підтримки особи, що приймає рішення ОПР з управління профілактичною діяльністю, реагуванням та ліквідацією наслідків аварій.

Автором показано необхідність створення для реалізації вищеписаних заходів інформаційно-аналітичної системи (ІАС) підтримки управління безпекою (рис. 1).

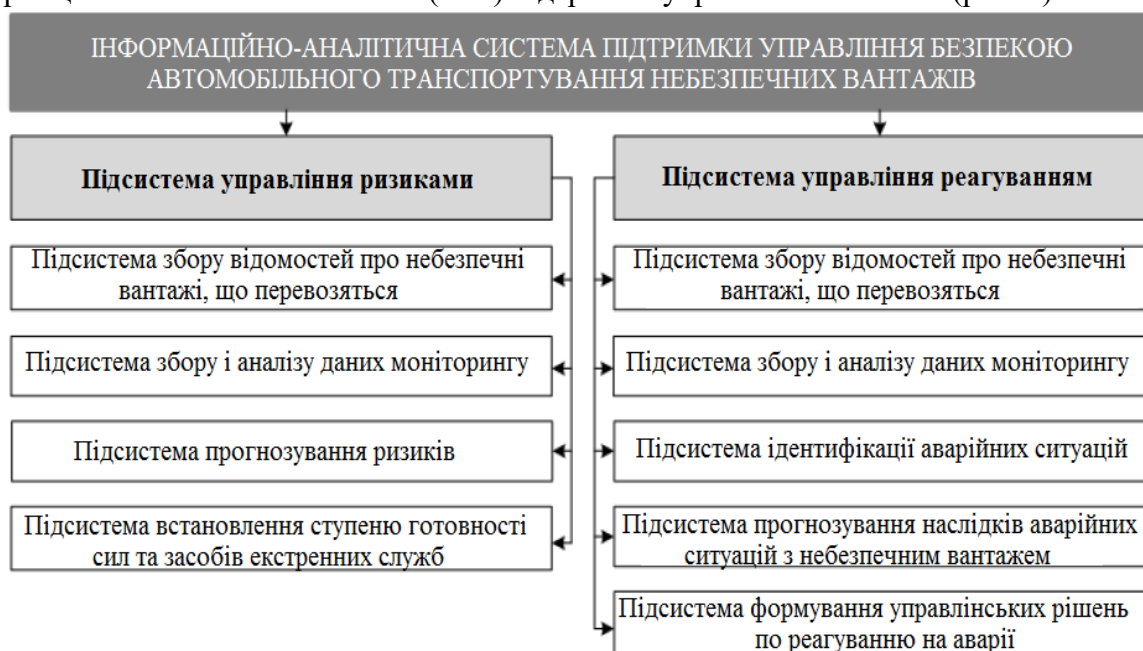


Рисунок 1 – Функціональна структура інформаційно-аналітичної системи підтримки управління безпекою автомобільного транспортування небезпечних вантажів

ІАС включає наступні підсистеми:

- підсистему управління ризиками;
- підсистему управління реагуванням.

Кожна підсистема включає функціональні підсистеми, реалізовані у вигляді баз даних, програмного забезпечення та апаратної частини. Сукупність всіх функціональних підсистем реалізована у розробленому програмно-апаратному комплексі (ПАК).

Підсистема управління ризиками виконує функцію прогнозування ризиків транспортування НВ у реальному часі. За рахунок прогнозування ризиків ОПР визначає час встановлення та скасування режиму підвищеної готовності сил та засобів екстрених служб та підготує відповідні розпорядження службам екстреного реагування

У підсистему управління ризиками включені такі компоненти:

1. Підсистема збору відомостей про небезпечні вантажі, що перевозяться, забезпечує зв'язок між транспортної логістикою і автоматизованою інформаційно-керуючою системою попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій (ПЛНС), а також збирання та зберігання відомостей про небезпечні вантажі, що перевозяться, і маршрути їх перевезення.

Реалізація інформаційного обміну між системами транспортної логістики та автоматизованою інформаційно-керуючою системою ПЛНС здійснюється за рахунок:

- документаційного забезпечення управління (ДЗУ), що є найважливішою обслуговуючою функцією управління;
- забезпечення електронного документообігу (ЗЕД). Використання ЗЕД забезпечує підтримку спільної роботи, що у свою чергу дозволяє проводити спільну роботу співробітників і організацій, навіть якщо вони поділені територіально, із збереженням результатів цієї роботи.

2. Підсистема збору і аналізу даних моніторингу здійснює збір моніторингової інформації про перевезених небезпечних вантажах (географічні координати місцезнаходження транспорту, середня швидкість руху). Ця підсистема аналізує інформацію, що надходить, і здійснює прогноз пересування об'єктів за встановленим маршрутом.

3. Підсистема прогнозування ризиків аналізує всю отриману інформацію та проводить прогнозування ризиків, пов'язаних із перевезенням небезпечних вантажів.

4. Підсистема установки ступеня готовності сил і засобів екстрених служб відображає результати прогнозування ризиків на картах ГІС, таблицях та діаграмах. ОПР на основі отриманої інформації формує управлінські рішення щодо встановлення ступеня готовності сил та засобів екстрених служб.

Підсистема управління реагуванням на автомобільні аварії з небезпечним вантажем забезпечує підтримку прийняття управлінських рішень ОПР екстрених служб у разі аварійного інциденту на автомобільному транспорті з небезпечним вантажем.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. - 325 с.
2. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. - 325 с.
3. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ. С. 205-213.

UDC 004.89:656.07:658.5

MULTI-AGENT ORGANIZATIONAL MODEL OF ADAPTIVE MANAGEMENT OF A TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM AND DETERMINATION OF EFFICIENCY CRITERIA FOR THE SYSTEM'S TRANSPORT-PRODUCTION PROCESS

A.V. Hrynkiv, *Senior Researcher, PhD tech. sci,*
V.V. Aulin, *Prof., Dr. tech. sci,*
D.O. Kulova, *Senior Lecturer, PhD in Transport Technology.,*
D.V. Holyb, *Assoc. Prof., PhD tech. sci,*
M.A. Bakumenko, *student of the group TT -22,*
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

The transformation of managerial interactions and economic relations in the country's transport sector requires the development and improvement of the organizational model of the transport and logistics system in order to create an alternative system with properties of self-maintenance and self-adaptation to ongoing changes in the interaction of participants in the transport-production process. This is necessary for the implementation of strategies that are currently difficult to realize using traditional organizational and managerial methods and mechanisms.

The high level of development of transport enterprises, firms, and companies, the intensification of external influences, and the emergence of new technological products increase the risks to their stable improvement, resulting in a growing need to maintain their competitiveness. Many transport and logistics enterprises, firms, and companies feel the necessity to combine efforts and integrate processes to preserve development dynamics and competitiveness.

To develop and improve the organizational model of the transport system, an alternative model has been designed, presenting a cluster-based concept for the development of transport enterprises, firms, and companies through the integration of transport-production processes and the cluster formation of transport services. This model is based on the concept of intersectoral interaction within a unified national transport system and the pooling of resources to achieve a common goal. In other words, it is a form of integration characterized by the preservation of the autonomy of system participants, structural flexibility, long life cycle, and coordinated actions of the participants.

The theory of territorial-industrial complexes has been studied most extensively, while the theory of cluster formation of integrated transport services—where the core of the cluster is a complex of transport services using various modes of transport—has been explored to a lesser extent. The problem of forming transport services is particularly important, as the sphere of transport services represents the transition of products from the production sector to the sphere of consumption, completing the production cycle and transforming products into material value for the consumer and profit for the transport system/company. It is also one of the key indicators of the socio-economic development of a country and a measure of the population's standard of living.

A multi-agent organizational model of managing the transport and logistics system has been developed for domestic freight transportation, as well as a multi-agent model for managing the transport and logistics system in the sphere of international freight transportation.

These models represent systems of organization and management of integrated transport services, where the interaction of system participants relies on the use of resources of structural units involved in the transport-production process on the basis of self-maintenance and self-organization. Self-organization links profit, investment, and the objective function of structural units.

The adaptation mechanism is considered as a multi-level system:

- the upper level is the coordination and management apparatus;
- the second, third, and fourth levels represent the self-organizing element;
- the lowest level includes consumers (manufacturing enterprises) and the structural units of the transport company.

The variation of states of the transport and logistics system and its multi-objective function depend on the following parameters: $A = A_1, \dots, A_N$, $B = B_1, \dots, B_N$, $C = C_1, \dots, C_N$, $D = D_1, \dots, D_N$. The combination of these parameters creates the mechanism for regulating and coordinating the system $\Sigma = \{A, B, C, D\}$ and is represented as follows: all parameters determine the state of the transport and logistics processes of the representatives of the self-organized element the key indicators of the quality criteria of the integrated transport service.

Using the theoretical foundations of adaptive mechanism formation, we define the profitability of the i -th structural unit of the transport system as follows: A_i :

$$A_i = (Z_i - C_i)(1 - gn_i)N_i, \quad (1)$$

where Z_i - the costs associated with the transport-production process;

C_i - the cost of the process itself;

gn_i - the profit tax rate;

N_i - the number of transport services provided.

Indicator B_i determines the effectiveness of investments in the development of the transport system:

$$B_i = r_i(1 + S_i) \quad (2)$$

where r_i - investment efficiency;

S_i - the support of investments by the management and coordination authority.

Indicator C_i determines the depreciation of transport-production assets:

$$C_i = 1 - a_i R_i. \quad (3)$$

where a_i - the depreciation rate;

R_i - the individual depreciation coefficient.

Indicator D_i shows what share of the profit retained by the i -th structural unit depends on the depreciation allowance and the profit tax rate:

$$D_i = 1 - gn_i - f_i. \quad (4)$$

where f_i - depreciation allowances.

Thus, the task of achieving the optimal synergistic effect of the self-organization mechanism in the developed organizational model consists in ensuring the development of all subjects of the integrated transport service, without exception, that belong to the structure of the self-organizing element, as well as in creating such a transport and logistics process that will provide the maximum value of the objective function of the integrated transport service on the existing set of coordinating and optimal criteria.

The application of a multi-agent organizational model of adaptive management of the transport and logistics system ensures the development of competition in the provision of transport services, guaranteed accessibility to road transport services and rolling stock, a competitive level of service quality, and the improvement of freight transportation technologies, which reduces transport costs and the added value of products.

References

1. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання / транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. - 325 с.
2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. - 503 с.
3. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, А. О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. - 428с.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. Ступінь забезпечення надійності та якості пасажирських і вантажних автомобільних перевезень в Україні національними та міжнародними стандартами. Вісник інж. академії України. – 2016. – №3. – С.156-162.
5. Аулін В.В., Ляшук О.Л., Гриньків А.В., Цьонь О.П., Гудь В.З., Головатий А.О., Тищенко С.Ю., Сергійчук А.А. Формування логістичної інформаційної системи ефективного управління транспортними і виробничими підприємствами. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 9(40), ч.ІІ. С. 204-218.

УДК 004.9:656.078:334.7

КЛАСТЕРНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ КОМПЛЕКСНИХ ТРАНСПОРТНИХ СЕРВІСІВ

О.Л. Ляшук, проф., д-р. техн. наук,

Д.В. Міронов, ст. викл., канд. техн. наук,

І.Б. Гевко, проф., д-р. техн. наук,

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль

В.В. Аулін, проф., д-р. техн. наук,

А.В. Гриньків, ст. дослідник, канд. техн. наук,

І.В. Жилова, асист.,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Під транспортно-інформаційним простором ринку комплексної транспортної послуги (КТП) визначено таку форму організаційної взаємодії, що характеризується складною структурою комунікативних та когнітивних зв'язків, рівних і незалежних суб'єктів спільного функціонування і співробітництва. Транспортно-інформаційний простір (ТІП) – це сукупність об'єктів та суб'єктів транспортно-інформаційного комплексу (ТІК). Під останнім розуміють основні транспортно-інформаційні системи залізничних, трубопровідних, автомобільних магістралей, внутрішніх водних і морських шляхів повідомлення, в том числа залучених до нього соціально-економічної, промислової, інформаційної та цифрової систем. Вибудовуються основні транспортно-виробничі, транспортно-логістичні процеси, процеси транспортного обслуговування споживачів послуг, інформаційно-технологічні та інформаційно-економічні зв'язки їхньої взаємодії, що створює умови існування самого простору.

Специфіка ТІП полягає в тому, що при реалізації транспортно-забезпечувальних функцій складаються тривалі взаємозв'язки між зацікавленими суб'єктами транспортно-логістичної системи (ТЛС). ТЛС служить найважливішою складовою транспортно-інформаційного простору.

Стратегія розвитку транспортної галузі України до 2030 р. визначає основні шляхи її вдосконалення та розвитку: формування єдиного ТІП для організації взаємодії органів управління (міжрегіональних/регіональних регуляторів), органів управління транспортними системами та органів управління споживачів транспортних послуг, єдиного інформаційного та цифрового ресурсу транспортної галузі країни, єдиної ТЛС та єдиного її інформаційного супроводу.

Концепція розвитку кластерної стратегії передбачає дослідження транспортно-виробничих процесів суб'єктів кластера КТП в ТІП. Розроблено багатоагентну модель управління віртуальним середовищем суб'єктного співробітництва, орієнтовану на накопичення інформації про використовувані процеси, для подальшої оцінки ефективності адаптивної інтеграції та самоорганізації як регіональних, так і міжрегіональних суб'єктів транспортних послуг.

Наслідки перетворень з рівня регіонального розвитку у такі форми організаційної взаємодії - це незалежність та мережева доступність суб'єктів виробництва яким надається можливість виходу на міжрегіональний рівень ринку транспортних послуг. При цьому формуються нові умови вдосконалення, але й виникають певні загрози конкурентоспроможності транспортного продукту.

У таких умовах регуляторна роль відводиться регіональній та міжрегіональній владі як представникам соціально-економічної системи, тобто складовій частині ТЛП. Моніторинг та оцінка ефективності взаємодії в ТП суб'єктів виробництва дають регуляторам можливість знаходити ймовірні тенденції кластерного формування ринку транспортних послуг. Це підвищує конкурентоспроможність промислових і виробничих підприємств і транспортних компаній у єдиній ТЛС та забезпечуючих зростання якості життя населення.

Для реалізації цих заходів потрібна відповідна архітектура, яка забезпечить інформаційну підтримку при розробці і вдосконаленні кластерної стратегії розвитку ринку КТП та створює умови для аналізу ефективності застосовуваних рішень і заходів.

Введемо поняття «віртуальна система інтеграції» - як інформаційної системи, що створює та реалізує способи та механізми взаємодії між суб'єктами у ТП. В системі формується інформаційна підтримка при прийнятті управлінських рішень.

Для створення віртуальної системи інтеграції необхідно розробити методи її формування. Сукупність методів формування віртуальної системи у ТП кластера комплексної транспортної послуги на регіональному та міжрегіональному рівнях представлені на рис. 1.



Рисунок 1 – Сукупність методів забезпечення раціонального та логічно залежного проектування архітектуроутворюючих складових елементів інтелектуальної системи міжрегіонального та регіонального рівнів.

На основі дослідження регіональних і міжрегіональних процесів інтеграції у контексті мережних форм організаційно-технологічного, економічного взаємодії і співробітництва зацікавлених суб'єктів в транспортно-інформаційному просторі запропоновано концепцію віртуальної системи інтеграції. Вона здійснює моніторинг, аналіз реалізації та самопідтримку прийняття стратегічних і управлінських рішень при узгодженні участі і думці регіональних і міжрегіональних регуляторів і бізнес-об'єднань, що базуються на кластерному розвитку транспортно-логістичних послуг та регіонів.

Таким чином, дослідження в галузі багатоагентного підходу до розробки інтелектуальних інформаційних моделей слід удосконалювати у напрямі когнітивної страти віртуальною системою інтеграції і багаторівневої багатоагентної моделі транспортно-

логістичної системи, що дозволяє накопичувати достатній рівень знань для різних суб'єктів та користувачів про міжагентні (міжсуб'єктні) організаційні взаємодії.

Список використаних джерел

1. Fesovets O., Strelko O., Berdnychenko Yu., Isaienko S., Pylypchuk O. Container Transportation by Rail Transport Within the Context of Ukraine's European Integration. Proceedings of 23rd International Scientific Conference «Transport Means 2019». 2019. P. 381–386.
2. Kulova D., Boyko M., Kosyakevych D. Assessment of Risk Factors and Improvement of Transportation Technology for Temperature-Sensitive Cargo in Refrigerated Containers. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2026. Issue 13(44), Part I. P. 1-10.
3. Lavrukhin O., Kovalov A., Schevcenko V., Kyman A., Kulova D. Construction of an integrated criterion for estimating the consequences of emergencies involving dangerous goods. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 2, Issue 3 (98). P. 25-31. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.163442>
4. Lavrukhin O., Kovalov A., Kulova D. Technological and economic estimation of efficiency of a route choice for transportation of dangerous goods. SHS Web of Conferences. 2019. Vol. 67. P. 1-6. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20196702005>
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
6. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
7. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
8. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271)
9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
10. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
11. Wei L., Zheng X., Li Y., Li X., Liu L. Research on the impact effect of multimodal transport on domestic and international dual circulation: Evidence from China's railway and water transport. PLoS ONE. 2025. Vol. 20, Issue 4. Article e0319982. P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319982>
12. Zhang Z., Jin J., Li S., Han Z., Wu Z., Xu X., Li Y., Peng T. Research review and development trend analysis of grain multimodal transport with a special emphasis upon China. Agriculture. 2026. Vol. 16. Article 592. P. 1-35. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture16050592>
13. Uddin M. M., Huynh N. Routing model for multicommodity freight in an intermodal network under disruptions. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. 2016. No. 2548. P. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.3141/2548-09>
14. Jayant, Arvind, Mohammed Azhar, and Priya Singh. "Interpretive structural modeling (ISM) approach: a state of the art literature review." Int. J. Res. Mech. Eng. Technol 5.1 (2015): 15-21. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1240/1/012010>
15. United Nations Conference on a Convention on International Multimodal Transport : Final Act and Convention on International Multimodal Transport of Goods. – New York : United Nations, 1981. Vol. 1. 16 p.
16. Про мультимодальні перевезення : Закон України від 17.11.2021 р. № 1887-IX станом на 19 груд. 2021 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1887-20#Text> (дата звернення: 10.03.2026).
17. United Nations Economic Commission for Europe (UNECE). Terminology on Combined Transport. New York and Geneva: United Nations, 2000. 13 p.

УДК 004.7:656.13:656.073.2:614.8

ОРГАНІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ У СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ

О.В. Лівіцький, ст. викл., канд. техн. наук,
А.В. Гриньків, ст. дослідник, канд. техн. наук,
С.В. Лисенко, доц., канд. техн. наук,
В.В. Шило, ст. гр. ТТ-22,
М.А. Дичко, ст. гр. ТТ-22,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Процес прийняття управлінських рішень особою, що приймає рішення (ОПР) за допомогою запропонованих інформаційних технологій відбувається за схемою представленої на рис.1.

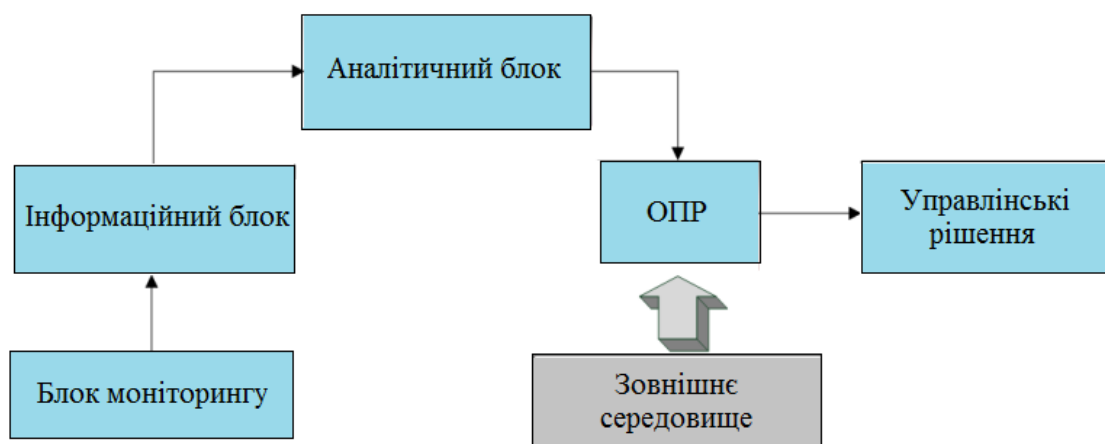


Рисунок 1 - Схема формування управлінських рішень ОПР при впровадженні інформаційних технологій

У кожному окремому блоці рис.1 визначено ключові завдання. Завдання на блоку моніторингу є наступні: збирання інформації (транспорт, поточне місцезнаходження ТЗ, показання системи датчиків) у реальному масштабі часу. Завдання інформаційного блоку: збір і зберігання інформації про вантажі, що перевозяться; зберігання інформації про суб'єктів моніторингу. Завдання аналітичного блоку: розрахунок просторових ризиків для встановлення режиму підвищеної готовності; інформування про можливий інцидент; розрахунок прогнозу можливого аварійного розвитку

Вся інформація з блоків передається ОПР у наочній формі. Особа, яка приймає рішення, отримавши інформацію, своєю чергою виконує такі завдання: встановлення розкладу режиму підвищеної готовності; реагування на аварію та оцінка оперативної обстановки; віддача розпоряджень силам та засобам екстрених служб на ліквідацію наслідків. У цьому ОПР є диспетчерські служби транспортної компанії (підприємства), органи нагляду під час перевезення небезпечних вантажів (НВ) і диспетчерські служби екстреного реагування у разі виникнення інцидентів з НВ.

В даний час механізмів своєчасної передачі оперативної інформації, що міститься в супровідних документах від вантажоперевізників до диспетчерських служб практично

відсутні. Інформація про вантаж та місцезнаходження аварії може бути передана очевидцями або водієм у разі, якщо його не травмовано внаслідок інциденту.

У відповідності до Закону України «Про перевезення небезпечних вантажів» будь-який факт аварії на автомобільному транспорті, що перевозить небезпечний вантаж відноситься до критерію надзвичайної ситуації.

Інформування (повідомлення) про автомобільну аварію з небезпечним вантажем в реальному масштабі часу може бути здійснено програмно-апаратним комплексом інформаційно-аналітичної системи (ІАС), що містить апаратну частину – датчики автоматичної ідентифікації аварії та інформаційну підсистему.

Для усунення критичної нестачі - відсутності стійкого зв'язку між системами екстреного реагування та транспортної логістики, запропоновано використовувати програмно-апаратний комплекс ІАС. Він може стати функціоналом системи «ERA-UKRAINE».

Нормативні документи, що регламентують організацію автомобільних перевезень небезпечних вантажів, містять інформацію, яку можна застосувати в інформаційних системах, що забезпечують контроль та моніторинг безпеки транспортування небезпечного вантажу, а також підтримку ухвалення управлінських рішень щодо ліквідації наслідків аварій. За результатами аналізу нормативних документів, що стосуються перевезення НВ було складено перелік наступної оперативної інформації:

1. Транспортна накладна:
 - 1.1. п. 3 «Найменування вантажу».
 - 1.2. п. 10 «Перевізник» (ППП водія та дані про засоби зв'язку, ППП та контакти уповноваженої особи транспортної компанії (підприємства)).
 - 1.3. п. 11 «Транспортний засіб».
 - 1.4. п. 13 «Інші умови» (Номер, дата і термін дії спеціального дозволу, встановлений маршрут перевезення небезпечного вантажу, режим праці та відпочинку водія у дорозі).
 - 1.5. п. 14 «Переадресування».
2. Шляховий лист:
 - 2.1. Розділ «Робота водія і автомобіля».
 - 2.2. Завдання водію.
3. Маршрут перевезення небезпечного вантажу:
 - 3.1. Найменування вантажу: Код екстрених заходів (КЕЗ), загальна вага вантажу;
 - 3.2. Особливі умови руху: швидкість руху на перегонах, супровід (на всьому маршруті, на окремих ділянках), рух уночі (дозволено, заборонено).
 - 3.3. Маршрут руху: найменування вулиць від пункту відправлення до пункту призначення, адреси пунктів та телефони аварійної служби, якими пройдуть транспортні засоби, місця стоянок, місця заправок паливом.

У склад інформаційної підсистеми повинні бути включені:

- серверне програмне забезпечення (ПЗ);
- підсистема зберігання даних;
- клієнтське програмне забезпечення;
- підсистема захисту інформації;
- геоінформаційна система (електронні карти).

Серверне ПЗ здійснює збирання пакетів інформації за спеціальними налаштованими портами. Цей програмний процесор виконує сервісні (обслуговуючі) функції на запит клієнтських додатків, а також регулює доступ до ресурсів або функцій. Серверне ПЗ встановлюється на спеціальні версії операційних систем для серверів. У якості таких операційних систем широко використовуються Microsoft Windows Server, сімейство операційних систем Linux та ін.

Підсистема зберігання даних повинна забезпечувати: зберігання всієї інформації, що надходить; інтеграцію із клієнтськими додатками; архівування баз даних; обміну інформацією з іншими серверами баз даних. Як така підсистема застосовуються клієнт-серверні системи управління базами даних (СУБД). СУБД організують роботу та управління реляційними базами даних. Найбільш популярними СУБД є: MySQL, Microsoft SQL Server, Oracle, Firebird та ін.

Для взаємодії користувачів з інформаційною підсистемою програмно-апаратного комплексу ІАС застосовується клієнтське ПЗ – ПЗ, яке дозволяє користувачеві здійснювати доступ або використовувати послуги або функції серверного ПЗ. Клієнтське ПЗ має інтерфейс, що забезпечує введення та отримання необхідної інформації, а також отримання доступу до цифрових карт геоінформаційної системи.

Розробка ПЗ є складним та дорогим процесом. У статтю витрат створення автоматизованого ПЗ входять: закупівля ліцензійних засобів розроблення ПЗ та програмних бібліотек розширення функціоналу; зарплата програмістів; витрати на встановлення та налаштування програмного забезпечення; витрати на оновлення та підтримку інформаційної інфраструктури; витрати на розширення існуючого функціоналу; витрати на проведення незалежного тестування ПЗ.

Аналіз сучасних інформаційних технологій показав, що застосування сучасних хмарних технологій, а також використання web-служб дозволить скоротити витрати на створення та супровід інформаційної інфраструктури. Використання даних технологій дозволить створити архітектуру, забезпечує незалежність від типу пристрої введення-виведення, що вимагає тільки доступ до мережі Internet і наявність web-браузера, який підтримує сучасні стандарти web-технологій для коректного відображення інтерфейсу користувачів на веб-сайтах.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. - 325 с.
2. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. - 325 с.
3. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ. С. 205-213.
4. Аулін В. В., Кульова Д. О., Варваров В. В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2025. - Вип. 11(42). - Ч. 1. - С. 263-271.

UDC 629.3:331.101.1

OPERATOR WORKPLACE VISIBILITY IN MOBILE MACHINES AS AN ERGONOMIC FACTOR FOR IMPROVING WORK EFFICIENCY

M.S. Mahopets, *PhD student*,

V.V. Aulin, *Prof., Dr. tech. sci.*,

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi

Modern mobile machines, including tractors, combine harvesters, and trucks, are characterized by a high level of mechanization and automation of production processes. Under such conditions, the ergonomic organization of the operator's workplace plays a significant role. The productivity of work, operational safety of the machinery, and the operator's fatigue level depend on the quality of the cab and workplace design. An important ergonomic factor is workplace visibility [1], which ensures the operator's ability to receive timely information about the machine's working area and the surrounding environment. The visibility of the operator's workplace is determined by a combination of design and operational characteristics of the mobile machine cab. The main factors include the cab glazing area, the design of the pillars, the position of the operator's seat, the inclination and shape of the windshield, as well as the presence of auxiliary devices for monitoring the surrounding space. Insufficient visibility leads to reduced accuracy of technological operations, increased operator fatigue, and a higher risk of accidents and equipment damage.

The design of modern machinery cabs is carried out in accordance with international standards that regulate the operator's field-of-view requirements. One of the key regulatory documents is the international standard ISO 5721-1 [2], which establishes the requirements for the forward field of view of tractor operators. The standard defines the methodology for assessing visibility and the permissible values of field-of-view obstruction by structural elements of the cab. According to ISO 5721-1, visibility assessment is performed on a notional semicircle with a radius of 12 m around the machine, and the operator's eye position is determined relative to the so-called Seat Index Point, located approximately 680 mm below the operator's eye level. The standard also introduces the concept of "masking effects"—areas of space obstructed by cab structural elements (pillars, window frames, air intakes, etc.), which create so-called blind spots. The width of such obstructions must not exceed approximately 700 mm, as larger values significantly impair visibility and require modifications to the cab design. Similar field-of-view requirements for road-construction and other mobile machinery are established by ISO 5006 [3]. Both standards define methods for measuring the field of view and assessing blind spots, enabling manufacturers to ensure safe operating conditions for machinery.

To meet these standards, manufacturers implement various design solutions aimed at improving visibility. The most common approach is increasing the cab glazing area and using panoramic windows. In modern tractors and combine harvesters, the glazing area may exceed half of the cab surface, significantly expanding the operator's field of view. John Deere tractors are equipped with cabs featuring large panoramic front and side windows, providing excellent visibility of the machine's front and lateral working zones. These cabs also use thin front pillars, which reduce blind spots. Claas combine harvesters (e.g., the Lexion series) have similar cab designs with large panoramic windows and a significantly inclined windshield (Fig. 1), which improves visibility of the header and the working area in front of the machine—particularly important during harvesting. New Holland implements comparable solutions, using the concept of a panoramic cab with large glass surfaces and optimized pillar placement [4].

In addition to cab design, the proper positioning of the operator's workplace plays an important role in ensuring visibility. The seat must allow adjustment in height, longitudinal

position, and backrest inclination, enabling adaptation to the operator's anthropometric parameters and ensuring an optimal eye position relative to the control panel and the machine's working area. To enhance visibility, various auxiliary monitoring devices are widely used: rear-view mirrors, panoramic mirrors, and modern video surveillance systems. Rear-view cameras and 360-degree vision systems allow the operator to monitor areas outside the direct field of view, which is especially important for large machinery.

Thus, the visibility of the operator's workplace is an important ergonomic factor that directly affects the efficiency and safety of mobile machine operation. The use of international standards, improvements in cab design, and the application of modern technical solutions significantly enhance operator working conditions and increase machinery productivity.

References

1. Роговський, І. Л.; Любарець, Б. С. Випробування кабіни МЕЗ за умови оглядовості з робочого місця оператора. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*, 2014, 196 (2): 250-256.
2. ISO 5721-1:2013. Agricultural tractors – Requirements, test procedures and acceptance criteria for the operator's field of vision – Part 1: Field of vision to the fron. На заміну ISO 5721:1989; чинний від 01.07.2017. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:iso:5721:-1:ed-1:v1:en> (дата звернення: 11.09.2025)
3. ISO 5006:2017. Earth-moving machinery – Operator's field of view – Test method and performance criteria. На заміну ISO 5006:2006; чинний від 01.07.2017. URL: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/45609/36bbd19e681e4d789efd6f2bc779b7e6/ISO-5006-2017.pdf> (дата звернення: 11.09.2025).
4. Єленич, А. П. Огляд конструкцій зернозбиральних комбайнів компанії New Holland. *Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2023. № 4 (123). С. 78-88.*
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)*
6. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)*
7. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)*
8. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271)*
9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
10. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
11. Wei L., Zheng X., Li Y., Li X., Liu L. Research on the impact effect of multimodal transport on domestic and international dual circulation: Evidence from China's railway and water transport. *PLoS ONE. 2025. Vol. 20, Issue 4. Article e0319982. P. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0319982>*
12. Zhang Z., Jin J., Li S., Han Z., Wu Z., Xu X., Li Y., Peng T. Research review and development trend analysis of grain multimodal transport with a special emphasis upon China. *Agriculture. 2026. Vol. 16. Article 592. P. 1-35. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture16050592>*

УДК 633.853.32

ГІДРОПРИВІД ПІДЙОМНОГО МЕХАНІЗМУ САМОСКІДНОГО ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ З ПРИСТРОЄМ ЗАПОБІГАННЯ ПЕРЕКИДАННЮ

Т.В. Руденко, доц. канд.техн. наук,
О. А. Козловський, доц. канд.техн. наук,
Ю.В. Кулешков, проф. д-р техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Під час виконання розвантажувальних операцій самоскидні автомобілі часто працюють на ґрунтах із недостатньою несучою здатністю. Це може призвести до просідання коліс, через що втрачається вертикальна стійкість, що тягне за собою перекидання автомобіля при підйомі кузова. В більшості серійних гідроприводів відсутні засоби автоматичного контролю положення кузова та системи аварійного припинення його підйому, що створює небезпеку як для водія, так і для транспортного засобу.

В роботі [1] описано гідропривід піднімального механізму, що включає масляний бак, насос, гідроциліндр, кран керування та зворотній клапан. Такий привід забезпечує лише піднімання кузова, однак не має системи запобігання перекиданню автомобіля.

Запропонований гідропривід піднімального механізму перекидання кузова містить:

- масляний бак,
- гідравлічний насос,
- гідророзподільник,
- гідроциліндр,
- датчик положення кузова,
- електромагніт приводу золотника гідророзподільника.

Запропонована гідравлічна схема призначена для запобігання перекиданню вантажних автомобілів під час виконання розвантажувальних операцій.

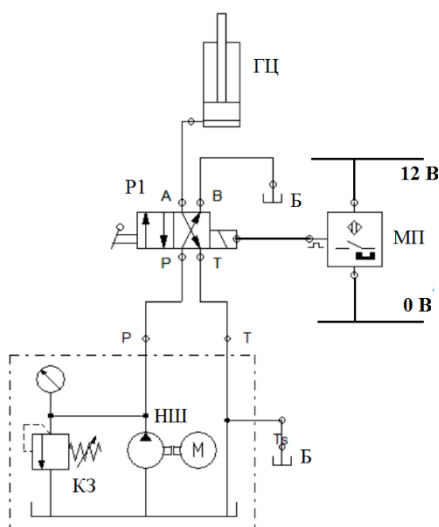


Рисунок 1 Гідравлічна схема самоскида з пристроєм для запобігання перекиданню

Конструктивно вона складається з масляного бака 1, гідравлічного насоса 2, гідророзподільника 3, гідроциліндра 4, датчика положення кузова 5 та електромагніта приводу золотника гідророзподільника 6.

Під час підготовки до розвантаження вантажний автомобіль заїжджає на місце вивантаження. Вмикається гідравлічний привід механізму піднімання кузова, при цьому гідравлічний насос 2 створює робочий тиск і подає робочу рідину по лінії нагнітання Р до гідророзподільника 3. Золотник розподільника займає положення, при якому потік рідини спрямовується по лінії А в поршневу порожнину гідроциліндра 4. В результаті цього шток гідроциліндра починає рух, здійснюючи піднімання кузова автомобіля-самоскида, а сипучий вантаж під дією сили тяжіння висипається з кузова.

У випадку втрати вертикальної стійкості автомобіля під час піднімання кузова (наприклад, при появі неконтрольованого бічного нахилу) спрацьовує датчик положення кузова 5. Він подає електричний сигнал на електромагніт 6, який переміщує золотник гідророзподільника 3 в положення, що відповідає опусканню кузова.

При цьому робоча рідина з поршневої порожнини гідроциліндра 4 перетікає по лінії В в масляний бак 1, а робоча рідина, яку подає насос 2, відводиться по зливній лінії Т у той самий бак, при цьому процес піднімання кузова припиняється, і він плавно опускається у вихідне положення.

Спрацювання датчика положення кузова 5 та електромагніта 6 забезпечує автоматичне припинення операції розвантаження при появі ознак нестійкості, що дозволяє уникнути перекидання автомобіля.

В процесі експлуатації вантажних автомобілів-самоскидів досить часто виникають ситуації, коли транспортний засіб здійснює розвантаження на нерівному або недостатньо ущільненому ґрунті. Це може спричинити просідання окремих коліс, втрату вертикальної стійкості й появу крену кузова. Додатковим фактором ризику є нерівномірне висипання сипучого вантажу, що викликає зміщення центра ваги автомобіля і, як наслідок, його перекидання. Водій, який перебуває в кабіні, не завжди здатен оперативно зреагувати на небезпеку перекидання. Запропонований пристрій дозволяє автоматично зупинити процес розвантаження при втраті стійкості, що значно підвищує безпеку експлуатації вантажних автомобілів під час розвантажувальних операцій.

Список використаних джерел

1. Роговський, І. Л.; Любарець, Б. С. Випробування кабіни МЕЗ за умови оглядовості з робочого місця оператора. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК*, 2014, 196 (2): 250-256.

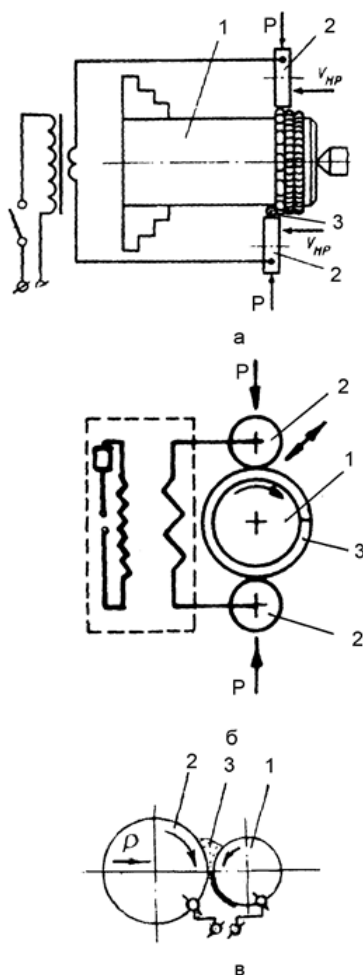
УДК 621.791

ФОРМУВАННЯ КОМПАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ КОНТАКТНОГО НАВАРЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОЛІМЕРІВ

І.Ф. Василенко доц., канд. техн. наук,
І.В. Шепеленко, проф., д-р техн. наук,
Ю.В. Кулешков, проф., д-р техн. наук,
Т.В. Руденко доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Контактне наварювання (КН) – один з різновидів зварювання металів тиском. Процес контактного наварювання здійснюється пластичним деформуванням присадного матеріалу, нагрітого спільно з матеріалом деталі у зоні деформації імпульсами електричного струму (рис. 1). Найбільш технологічними матеріалами для контактного наварювання композиційних покриттів є заздалегідь сформовані матеріали [1].



1 – наварювана деталь; 2 – ролик-елетрод; 3 – присадний матеріал

Рисунок 1 – Схеми контактного наварювання дроту (а), стрічки (б) та порошку (в) на деталі типу “вал”

Методом КН наносяться на зношену поверхню заздалегідь спечені композиційні порошкові матеріали [3]. Однак застосування спечених порошкових стрічок (рис.1, б), у яких містяться залізні порошки типу ПЖ, викликає певні труднощі при відновленні деталей типу “вал” через крихкість стрічки. Разом з тим недоліком прокатаного і спеченого порошкового матеріалу є зменшення активності порошкової системи в результаті зниження її надлишкової енергії в період контактного наварювання, оскільки первинне спікання вже відбулося в процесі виготовлення стрічки [1, 3]. Уникнути цього можна, використовуючи при виготовленні порошкових стрічок додаткових компонентів, що виконують тільки допоміжну роль зв'язки для інших функціональних компонентів покриття, при цьому сполучні компоненти частково або повністю вигоряють при КН.

Проведені дослідження показали можливість використання при контактному наварюванні порошковополімерних стрічок (ППС), при виготовленні яких використовується спиртовий розчин півки полівінілбутиралю або суміш полівінілхлориду та пластифікатору (диоктилфталат).

Одним з важливих технологічних параметрів ППС, що використовується при КН є міцність. Вплив кількості полімеру на міцність стрічки показано на рис. 2. Залежність можна представити лінійною функцією $y = 0,839x - 0,194$.

σ_p ,

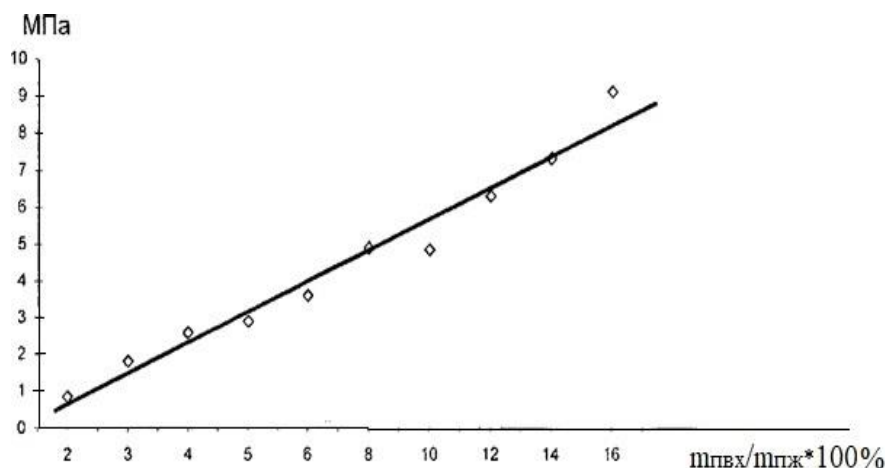


Рисунок 2 – Залежність міцності ППС від відносної кількості сполучного полімеру (полівінілхлориду)

За графіком на рис. 2 можна визначити необхідну кількість сполучного полімеру (полівінілхлориду) для ППС із заданою міцністю, що забезпечить можливість використання стрічки для КН.

Список використаних джерел

1. Аулін В.В., Василенко І.Ф., Красота М.В. Теоретичне обґрунтування експлуатаційних властивостей деталей автомобілів, зміцнених композиційними покриттями, методом кластерних компонентів. Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. Збірник наукових праць. Вип. 3(34). Кропивницький, ЦНТУ, 2020. С. 54-65. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3\(34\).54-65](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2020.3(34).54-65).
2. Василенко І.Ф. Дослідження властивостей композиційних покриттів, нанесених контактним наварюванням порошкових дротів/ Збірник наукових праць КНТУ «Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». – Кіровоград, 2014. Вип. 27. С. 60-67.
3. Теоретичні основи та технологічні процеси відновлення деталей машин. Навчальний посібник / М.І. Черновол, І.В. Шепеленко, І.Ф. Василенко та ін. Харків: «Діса плюс», 2025. 347 с.

ЗМІСТ

☑ ДИНАМІКА СТРУКТУРНИХ ЗМІН ПАРКУ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗА ОКРЕМИМИ ТИПАМИ В ТЕРНОПІЛЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ	
І.Б. Гевко, Б.Р. Гевко, О.П. Цьонь, Т.Д. Навроцька, М.Д. П'єнтак	7
☑ ОСОБЛИВОСТІ НАДАННЯ АВТОСЕРВІСНИХ ПОСЛУГ У СУЧАСНИХ УМОВАХ	
І.В. Шепеленко, М.В. Красота	9
☑ ВИКОРИСТАННЯ ОСЦИЛОГРАФІВ ПРИ ДІАГНОСТУВАННІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ	
Д.М. Бурдейний, М.В. Красота	12
☑ ПРОЄКТУВАННЯ ТРАНСФОРМАЦІЙНИХ ПРИЧЕПІВ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПЛОЩ ЗБЕРІГАННЯ В АВТОТРАНСПОРТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ	
Ів.Б. Гевко, О.Л. Ляшук, Т.А. Довбуш, Р.В. Хорошун, Іг.Б. Гевко,	14
☑ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЦЕСІВ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ В УМОВАХ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА	
Д.В. Голуб, Р.П. Кічура	16
☑ ПОБУДОВА ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОГО ПІДРОЗДІЛУ МОЛОЧНОЇ АГРОФІРМИ	
В. Г. Загорянський	18
☑ ВПЛИВ ФАКТОРІВ ТРАНСПОРТНОЇ РУХЛИВОСТІ АВТОМОБІЛІВ ЕКСТРЕНОЇ МЕДИЧНОЇ ДОПОМОГИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХ ФУНКЦІОНУВАННЯ В МІСЬКИХ УМОВАХ	
Д.В. Голуб, Ю.І. Шульгін, Н.Я. Малюк, Р.О. Сіроменко	21
☑ МОДЕЛЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМИ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ МІСТА	
В. Г. Загорянський	23
☑ ВЗАЄМОДІЯ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	
О.А. Карпенко, С.О. Король	25
☑ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ ПРИ ФАБО ДЕТАЛЕЙ	
А.М. Красота, І.В. Шепеленко, М.В. Красота	27
☑ ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕМІЩЕНЬ НАСЕЛЕННЯ	
О.А. Карпенко, О.О. Шаповал	30
☑ ВПЛИВ ЗНОСУ ШИЙОК КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ НА ДОВГОВІЧНІСТЬ І ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ	
О.М. Маковкін, І.К. Вальчук	32
☑ АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПРИ ІМПОРТІ ТОВАРІВ В УКРАЇНУ	
Д.В. Ломотько, О.В. Кофанов, О.Ф.Афанасова, К.І. Гаманюк	34
☑ СУЧАСНИЙ СТАН ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПАРКУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ СЕКТОРІ РЕГІОНУ	
Д.В. Голуб, О.Ю. Ювженко	36
☑ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ З ВРОЖАЕМ ОВОЧІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ЗМІННИХ АВТОМОБІЛЬНИХ КУЗОВІВ	
А. А. Тесленко, В. Г. Загорянський	38
☑ ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗНОШУВАННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ	
Я.М. Скрипник, Р.А. Осін, М.В. Красота	41
☑ ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	
М.М. Мороз	43
☑ АДАПТАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ТЕХНІЧНИМ СТАНОМ ТРАНСПОРТНОЇ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ В УМОВАХ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ І КОНТРОЛЮ	
В.В. Аулін, О.М. Лівіцький, А.В. Гриньків, Т.М. Надич асп., С.В. Харченко	45
☑ ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	
М.М. Мороз	48

☑ ОПТИМІЗАЦІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В УМОВАХ ІНТЕНСИВНИХ ТРАНСПОРТНИХ І ПІШОХІДНИХ ПОТОКІВ	
Д. Саланський, М.І. Розум, Р.Б. Барщовський, М.В. Буряк	50
☑ ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ RTV VISSIM ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИЦІЙНОЇ РОБОТИ	
М.Ю. Чубаров, С.О. Король	52
☑ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ	
Д.В. Мамай, М.В. Красота	54
☑ ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕНОВАЦІЇ І ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	
В.М. Лопата, І.П. Рибак, В.І. Калініченко, І.Р. Качинська	57
☑ БЕЗПЕКА ТРАНСПОРТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	
М.М. Мороз, Д.В. Молоштан	62
☑ АНАЛІЗ УМОВ РОБОТИ РОЗТИСКНИХ КУЛАКІВ ГАЛЬМІВНИХ МЕХАНІЗМІВ АВТОМОБІЛІВ	
В.О. Овчинников, Р.А. Осін, М.В. Красота	64
☑ ВИКОРИСТАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ПРОЦЕСУ	
М.М. Мороз, Д.В. Молоштан,	66
☑ ОСНОВНІ ВИДИ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	
О.В. Лопата, Л.А. Лопата, А.Є. Солових, С.Є. Катеринич	68
☑ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕРІВНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ПАСАЖИРОПОТОКУ ПРОТЯГОМ ГОДИНИ «ПК»	
М.М. Мороз, О.О. Шаповал	75
☑ ОБГРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	
О.В.Бажинов, Е.М. Кикла	77
☑ ВПЛИВ ВИЇЗДУ ГРОМАДЯН ДО 22 РОКІВ ЗА КОРДОН НА РОБОТУ ТРАНСПОРТУ В УКРАЇНІ	
М.М. Мороз, О.О. Шаповал	80
☑ ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЛОГІСТИКИ «ОСТАННЬОЇ МИЛІ»	
В.М. Никончук	82
☑ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ SON ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ	
А.І. Папінко, М.В. Буряк	84
☑ ДІАГНОСТИКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ШЛЯХОМ АНАЛІЗУ МОТОРНОГО МАСТИЛА	
С.Ф. Посонський, О.П. Бабак, А.А. Вичавка	86
☑ КОМПЛЕКСНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ МАЙБУТНЬОГО З УРАХУВАННЯМ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА БЕЗПЕКИ	
І.О. Хітров.	90
☑ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМОНТУ ШИН ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНОГО ОБЛАДНАННЯ	
А.О. Кухарук, Д.С. Кривогуз, А.С. Гогоц, О.П. Подворняк, М.В. Буряк	92
☑ ДИНАМІЧНІ ОБИЕЖЕННЯ ГІБРИДІВ, СПРИЧИНЕНІ СТАРІННЯМ ВИСОКОВОЛЬТНОЇ БАТАРЕЇ	
А.І. Папінко, М.В. Буряк	94
☑ ОРГАНІЗАЦІЯ, ЗМІНА ТА ЗАКРИТТЯ МАРШРУТІВ (СКЛАДАННЯ ПАСПОРТУ МІСЬКОГО МАРШРУТУ)	
М.О. Сорокіна	97
☑ ДОВГОВІЧНІСТЬ ДВЗ ЗАВДЯКИ ГІБРИДИЗАЦІЇ	
А.І. Папінко, М.В. Буряк	99
☑ ЗАКОНОДАВЧА ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВА БАЗА У СФЕРІ ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	
М.О. Сорокіна, М.М. Мороз	101

☑ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ПЕРІОДИЧНОСТІ ЗАМІНИ ПОВІТРЯНИХ ФІЛЬТРІВ КАРБЮРАТОРНИХ ДВИГУНІВ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ	
Ю. А. Новицький, З. В. Ружи́ло	103
☑ ПОШКОДЖЕННЯ АВТОТРАКТОРНИХ ШИН ТА ОСНОВНІ ПРИЧИНИ ЇХ ВИНИКНЕННЯ	
А.З. Ружи́ло, А.В. Новицький	105
☑ ЕКСПЕДИТОРСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ (ЕКСПЕДИТОР І ЙОГО ЗАДАЧІ)	
М.О. Сорокіна, М.М. Мороз	108
☑ СТРУКТУРА ТА МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ НАПИЛЕНИХ РІЗНОТИПНИМИ ПОРОШКОВИМИ ДРОТАМИ	
Н.З. Мозола, В.М.Гвоздецький, С.І. Маркович, М.М. Студент, Х.Р. Задорожна	109
☑ ОПТИМІЗАЦІЯ МАРШРУТІВ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ	
В.О. Дорошук, Є.Б. Сліпенький, Ю.О. Давідіч	113
☑ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ КАРДАННИХ ВАЛІВ АВТОМОБІЛІВ ШЛЯХОМ ВІДНОВЛЕННЯ ШЛІЦЕВИХ ВТУЛОК ОСАДЖЕННЯМ	
В. В. Мазан, С.І. Маркович, В.І. Ферлій	116
☑ КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ВПЛИВУ ГАРАНТІЙНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ НА НАДІЙНІСТЬ АВТОМОБІЛІВ	
А. В. Новицький, Р. В. Башук	120
☑ ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА НА СУМІШІ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО З ДОБАВКАМИ	
С.М. Герук, С.М. Хоменко	122
☑ АБСТРАКТНІ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ ТА НОВІ ПІДХОДИ ДО УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ В СИСТЕМІ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ	
Д.О. Кульова, Д.П. Косякевич, Д.А. Ліподат	126
☑ IMPROVEMENT OF THE TRANSPORTATION TECHNOLOGY OF REFRIGERATED CONTAINERS THROUGH RISK ASSESSMENT	
D.O. Kulova, M.V. Boiko, S. M. Zhukovskyi	128
☑ ВПЛИВ ДИФУЗІЙНОГО НАСИЧЕННЯ ЕЛЕМЕНТАМИ ВТІЛЕННЯ НА АНТИФРИКЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНІ ТИТАНОВОГО СПЛАВУ ВТ6	
М.М. Студент, О.Г. Лук'яненко, І.М. Погрелюк, В.С. Труш, С.І. Маркович.	129
☑ ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ, ЩО ОБСЛУГОВУЄ ЛОГІСТИЧНІ ПРОЦЕСИ ТОРГІВЕЛЬНОЇ МЕРЕЖІ	
В.В. Аулін, А.В. Гриньків, В.А. Побива, А.В. Кіріченко, В.К. Коваленко	133
☑ МЕТОДИКА СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ ЗОВНІШНЬОЕКОНОМІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА	
В.В. Аулін, А.О. Головатий, І.В. Жилова, А.О. Миронова, М.А. Бакуменко	136
☑ АЛГОРИТМ БАГАТОФАКТОРНОГО АНАЛІЗУ МИТНИХ ОПЕРАЦІЙ ТА ЇХ ОПТИМІЗАЦІЇ	
В.В. Аулін, А.В. Гриньків, Р.В. Волкова, К.О. Молла	139
☑ USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN A MULTI-AGENT APPROACH IN THE TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM	
V.V. Aulin, D.O. Kulova, A.I. Nadtochii, V.V. Fomenko	141
☑ УДОСКОНАЛЕННЯ ПІДВІСКИ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ ШЛЯХОМ ДОСЛІДЖЕННЯ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК	
В.В. Клім, Р.І. Розум	144
☑ ДОСЛІДЖЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ СПРАЦЮВАННЯ ТА РЕСУРСУ БРОНЗОВИХ ВТУЛОК ДВИГУНА ВІДНОВЛЕНИХ ЕЛЕКТРОІСКРОВОЮ НАПЛАВКОЮ	
А.С. Антюк, С.І. Маркович, С.О. Магопєць	146
☑ СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЬНОГО ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ В УКРАЇНІ	
А.В. Гриньків, О.М. Лівіцький, О.Є. Рубан, С.Г. Чаплигін, С.М. Жуковський	152
☑ ФОРМУВАННЯ МЕТОДИКИ ВПРОВАДЖЕННЯ МУЛЬТИАГЕНТНОЇ СИСТЕМИ В ОРГАНІЗАЦІЮ ПРОЦЕСІВ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СИСТЕМИ	
Д.О. Кульова, С.В. Лисенко, П.І. Кращенко, А.О. Плаксі́й	155

☑ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОТОРНИХ ОЛИВ НА НАДІЙНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ	159
М.М. Сорочинський, Р.І. Розум	
☑ КЛАСТЕРНИЙ ПІДХІД ДО МОДЕЛЮВАННЯ РЕГІОНАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ З УЧАСТЮ ЛОГІСТИЧНОГО ЦЕНТРУ	161
В.В. Аулін, проф., О.Л. Ляшук, О.П. Цьонь, В.З. Гудь, І.Б. Гевко, Ю.Я. Вовк	
☑ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТИСКУ НАДДУВУ НА РОБОЧІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА	165
В.А. Мішук, Р.І. Розум	
☑ КЛАСТЕРИ В РЕГІОНАЛЬНІЙ ЕКОНОМІЦІ І ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНІЙ СИСТЕМІ	167
В.В. Аулін, О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко, О.П. Цьонь, М.В. Бабій	
☑ УДОСКОНАЛЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ПЕРЕКИДАННЯ КАБІНИ СІДЕЛЬНОГО ТЯГАЧА	170
В.М. Пухир, Р.І. Розум	
☑ ТРИБОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНОДОВАНИХ ШАРІВ СФОРМОВАНИХ ЗА ІМПУЛЬСНОГО РЕЖИМУ НАКЛАДЕНОЇ НАПРУГИ	172
Д.О. Яремчук, В.М. Гвоздецький, О.Б. Гасій, С.І. Маркович, Х.Р. Задорожна	
☑ FACTORS OF THE INTERNAL ENVIRONMENT CONTRIBUTING TO THE FORMATION OF A REGIONAL TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM AS A PROTOTYPE OF AN INNOVATIVE TRANSPORT AND LOGISTICS CLUSTER	176
O.L. Liashuk, V.V. Aulin, V.V. Hud, Yu.Ya. Vovk, M.V. Babii, V.O. Dziura	
☑ МАТЕМАТИЧНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ ОЦІНКИ РІВНЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ТА ВИРОБНИЧИХ ЛІНІЙ	178
С.Г. Ковальов, В.В. Аулін, А.В. Гриньків, Ю.Г. Ковальов	
☑ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ ПІСЛЯ ЇХ ВІДНОВЛЕННЯ	182
К.В. Жутов, Р.І. Розум	
☑ АНАЛІЗ ЕКЗОТЕРМІЧНИХ РЕАКЦІЙ В ПРОЦЕСІ НАПИЛЕННЯ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ ІЗ ПОРОШКОВИХ ДРОТІВ	184
Н.М. Остапчук, В.М. Гвоздецький, І.М. Гончар, С.І. Маркович	
☑ РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА МЕТОДИКИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОТРЕБИ У ЗАПАСНИХ ЧАСТИНАХ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАДАНОГО РІВНЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЛЕГКОВИХ АВТОМОБІЛІВ	188
С.Ю. Тищенко, А.В. Гриньків, В.В. Аулін, І.В. Жилова, Д.В. Папуша	
☑ ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ЛЕМІШІВ ПЛУГІВ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ЗМІЦНЕННЯ	193
В.В. Дяченко, С.І. Маркович, О.В. Бевз	
☑ METHODOLOGY FOR SELECTING ROBUST VIBRODIAGNOSTIC MODELS UNDER DOMAIN SHIFT AND LABEL NOISE	199
О.О. Matviienko, V.V. Aulin, A.V. Hrynkiv, O.M. Livitskyi	
☑ РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДІАГНОСТУВАННЯ ПЛУНЖЕРНИХ ПАР РОЗПОДІЛЬЧИХ ПАЛИВНИХ НАСОСІВ	202
В. С. Загребельний, А.А. Вербовий, С.І. Маркович	
☑ IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT TECHNOLOGIES IN THE TECHNICAL SERVICE SYSTEM OF WHEELED VEHICLES	207
V.P. Petlenko, S.V. Kharchenko, S.V. Lysenko, A.V. Hrynkiv, O.M. Livitskyi	
☑ ADAPTATION OF TECHNICAL CONDITION MANAGEMENT SYSTEMS FOR TRANSPORT AND AGRICULTURAL MACHINERY UNDER THE GLOBALIZATION OF TECHNICAL DIAGNOSTICS AND CONTROL	211
V.G. Baitsan, A.M. Zaitsev, Ya.V. Tyrsa, V.V. Aulin, S.V. Lysenko	
☑ ВИКОРИСТАННЯ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ПРИ ПРОВЕДЕННІ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ	214
Т.М. Надич, Д.О. Дяченко, В.В. Аулін, А.В. Гриньків, С.Г. Ковальов	
☑ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ	218
Т.М. Надич, В.Г. Байцан, В.Ю. Яценко, В.В. Аулін, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко	

☑ PECULIARITIES OF LEGAL REGULATION OF ROAD TRANSPORT IN UKRAINE	223
A.A. Serhiichuk, Ye.M. Kozachenko, V.V. Aulin, A.V. Hrynkiv	
☑ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ КОМБІНАЦІЙ МЕТОДІВ ЗМІЦНЕННЯ ДЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ ДЕТАЛЕЙ З РІЗНИМ МЕХАНІЗМОМ ЗНОШУВАННЯ	226
M.M. Чумак, Є.В. Манько, В.В. Аулін, С.В. Лисенко	
☑ THE IMPACT OF ENTERPRISES' FOREIGN ECONOMIC ACTIVITY ON THE EFFICIENCY OF THEIR OPERATIONS	229
V.V. Aulin, D.V. Holyb, O.M. Moskovchenko, S.A. Sanzhakov, Yu.I. Sydorenko	
☑ SAFETY ISSUES OF URBAN PUBLIC TRANSPORT STOPS IN THE CITY OF KROPYVNYTSKYI	231
D.V. Holyb, O.M. Livitskyi, V.S. Lytvynenko, Ye.A. Ovcharov	
☑ ТЕОРЕТИЧНІ ПІДХОДИ, ПРИСВЯЧЕНІ ПИТАННЯМ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ДРІБНИХ ПАРТІЙ ВАНТАЖІВ	233
V.V. Аулін, Д.О. Кульова, Н.Я. Рожко, М.В. Бойко, О.А. Носов	
☑ ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЛОВОЇ АКТИВНОСТІ ОРГАНІЗАЦІЙ, ПІДПРИЄМСТВ, ФІРМ, КОМПАНІЙ ГАЛУЗІ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ	237
С.В. Лисенко, Б.Р. Гевко, Т.М. Шлеєнкова, В.К. Коваленко, Р.О. Якименко	
☑ ПРОПУСКНА СПРОМОЖНІСТЬ ЗУПИННИХ ПУНКТІВ У М. КРОПИВНИЦЬКИЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДИКИ HIGHWAY CAPACITY	239
V.V. Аулін, А.В.Гриньків, Д.О.Червоний, Н.М.Яцюк	
☑ DIRECTIONS FOR IMPROVING THE MANAGEMENT SYSTEM OF LOGISTICAL TRANSPORT FLOWS AT ENTERPRISES, FIRMS, AND COMPANIES	241
V.V. Aulin, D.V. Holyb, V.M. Nykonchuk, I.O. Khitrov, O.P. Tson, Yu.Ya. Vovk	
☑ РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПО ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТУ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	244
V.M. Никончук, В.В. Аулін, проф., С.В. Лисенко, Г.І. Стулій, І.С. Сугак	
☑ МЕТОДИКА HIGHWAY CAPACITY MANUAL ДОСЛІДЖЕННЯ ЗУПИННИХ ПУНКТІВ У МІСТАХ КРОПИВНИЦЬКИЙ, РІВНЕ ТА ТЕРНОПІЛЬ	250
V.V. Аулін, І.О. Хітров, М.В. Бабій	
☑ МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЛОГІСТИЧНИМИ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ ПІДПРИЄМСТВА	252
V.V. Аулін, проф., А.В. Гриньків, Ю.Я. Вовк, У.М. Плекан, І.С. Сугак, Д.С. Воронов	
☑ ОПТИМАЛЬНИЙ РОЗМІР ВАНТАЖУ ЗА МІНІМІЗАЦІЄЮ ЛОГІСТИЧНИХ ВИТРАТ	257
С.В. Лисенко, А.В. Гриньків, О.В. Московченко, І.І. Безпалова, І.С. Сугак	
☑ ПОБУДОВА СТРАТЕГІЇ КЛАСТЕРНОГО ФОРМУВАННЯ РИНКУ КОМПЛЕКСНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ПОСЛУГИ ТА ШЛЯХИ ЙОГО РОЗВИТКУ	259
О.Л. Ляшук, В.З. Гудь, Р.М. Рогатинський, В.В. Аулін, Д.О. Кульова, С.В. Лисенко	
☑ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ	265
О.М. Лівіцький, В.В. Аулін, А.В. Гриньків, О.Є. Рубан, С.Г. Чаплигін, С.М. Жуковський	
☑ MULTI AGENT ORGANIZATIONAL MODEL OF ADAPTIVE MANAGEMENT OF A TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEM AND DETERMINATION OF EFFICIENCY CRITERIA FOR THE SYSTEM'S TRANSPORT PRODUCTION PROCESS	267
A.V. Hrynkiv, V.V. Aulin, D.O. Kulova, D.V. Holyb, M.A. Vakumenko	
☑ КЛАСТЕРНИЙ ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ЄДИНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПРОСТОРУ КОМПЛЕКСНИХ ТРАНСПОРТНИХ СЕРВІСІВ	270
О.Л. Ляшук, Д.В. Міронов, І.Б. Гевко, В.В. Аулін, А.В. Гриньків, І.В. Жилова	
☑ ОРГАНІЗАЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНО-ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ ВЗАЄМОДІЇ У СИСТЕМІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЬНОЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ	273
О.В. Лівіцький, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, В.В. Шило, М.А. Дичко.	
☑ OPERATOR WORKPLACE VISIBILITY IN MOBILE MACHINES AS AN ERGONOMIC FACTOR FOR IMPROVING WORK EFFICIENCY	276
M.S. Mahopets, V.V. Aulin	
☑ ГІДРОПРИВІД ПІДЙОМНОГО МЕХАНІЗМУ САМОСКІДНОГО ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ З ПРИСТРОЄМ ЗАПОБІГАННЯ ПЕРЕКИДАННЮ	278
Т.В. Руденко, О.А. Козловський, Ю.В. Кулешков	
☑ ФОРМУВАННЯ КОМПАКТНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ КОНТАКТНОГО НАВАРЮВАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОЛІМЕРІВ	280
І.Ф. Василенко, І.В. Шепеленко, Ю.В. Кулешков, Т.В. Руденко	

НАУКОВО-ІНФОРМАЦІЙНЕ ВИДАННЯ

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
VIII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
"Інноваційні технології розвитку та ефективності
функціонування автомобільного транспорту"
(19-21 листопада 2025 року)

Відповідальні за випуск:

Д.О. Кульова – д-р філос., старший викладач кафедри експлуатації і ремонту машин

Редактор – *В.В. Аулін*, д.т.н., проф., проф. кафедри експлуатації і ремонту машин

Дизайн і верстка – *А.В. Гриньків*, к.т.н., ст. дослідник, старший викладач кафедри експлуатації і ремонту машин; *О.М. Лівіцький*, к.т.н., старший викладач кафедри експлуатації і ремонту машин; *С.Ю. Тищенко*, аспірант кафедри експлуатації і ремонту машин

Телефон:
(0522) 390-473

e-mail:

AulinVV@gmail.com

Контактні особи

Аулін В.В. (095) 055 74 11

Кульова Д.О. (095) 897 86 85

Web: <http://erm.kntu.kr.ua>

Адреса колегії – 25006, Україна, м.Кропивницький, пр. Університетський, 8
Центральноукраїнський національний технічний університет,
Кафедра експлуатації і ремонту машин