

**ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І
ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН, ПРОЦЕСІВ І
СИСТЕМ.
IMPROVING THE RELIABILITY AND
EFFICIENCY OF MACHINES, PROCESSES
AND SYSTEMS**



**April 13-15, 2022
с. Кропивнянський**

Центральноукраїнський національний технічний університет
Міністерство освіти і науки України
Кафедра експлуатації та ремонту машин



ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН, ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

IV Міжнародна науково-практична конференція

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

**13-15 квітня 2022 року
м. Кропивницький**

**Central Ukrainian National Technical University
Ministry of Education and Science of Ukraine
Department of operation and repair of machines**



IMPROVING THE RELIABILITY AND EFFICIENCY OF MACHINES, PROCESSES AND SYSTEMS

IV International scientific and practical conference

CONFERENCE MATERIALS

April 13-15, 2022

c. Kropyvnytskyi

ББК 34.41:39.3
УДК 62-192:656.02

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. – 192 с.

В збірнику представлені матеріали доповідей наукових та науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та студентів, провідних вітчизняних і закордонних вищих навчальних закладів та наукових установ, працівників підприємств та державних установ, в яких розглядаються завершені етапи наукових розробок.

Друкується згідно листа Міністерства освіти і науки України, Державної наукової установи "Інститут модернізації змісту освіти" від 12.01.2022 року №22.1/10-28 "Перелік наукових конференцій з проблем вищої освіти і науки у 2022 рік" та наказу ректора Центральноукраїнського національного технічного університету №8-04 від 25.02.2022 р.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems":

Голова – *В. Кропивний*, канд. техн. наук, проф., ректор Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький;

Заступник голови – *В. Аулін*, д-р техн. наук, проф. кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький;

Секретар – *С. Лисенко*, канд. техн. наук, доц. кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький;

Члени оргкомітету:

Рашид А. Абдулах, професор технічного університету Аль-Тафіла, Йорданія;

Дж. Абдуллах, професор технічного університету Аль-Тафіла, Йорданія;

І. Бешлеага, проф., д-р техн. наук, Державний аграрний університет Молдови, Молдова;

О. Білик, д-р техн. наук, доц., декан факультету машинобудування та зварювання Приазовського державного технічного університету, м. Маріуполь, Україна;

В. Біліченко, д-р техн. наук, проф., ректор Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна;

К. Борак, д-р. техн. наук, доц., проф. кафедри машиновикористання, мобільної енергетики та сервісу технічних систем Поліського національного університету, м. Житомир, Україна;

В. Войтов, д-р техн. наук, проф. завідувач кафедри транспортних технологій і логістики, Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна;

С. Герук, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри агроінженерія, Житомирський агротехнічний коледж, м. Житомир, Україна;

П. Горбачов, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри транспортних систем та логістики Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, Україна;

О. Граковскі, PhD, професор, Інститут транспорту і зв'язку, м. Рига, Латвія;

П. Дашич, професор Вищої технічної школи, м. Трстенець, Сербія;

Л. Девін, д-р техн. наук, проф., Інститут надтвердих матеріалів ім. М.М. Бакуля НАН України, Україна;

О. Диха, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства Хмельницького національного університету, м. Хмельницький, Україна;

І. Кабашкін, PhD, професор, Інститут транспорту і зв'язку, м. Рига, Латвія;

В. Квасніков, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри комп'ютеризованих електротехнічних систем і технологій, Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна;

Б. Кіндратський, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри експлуатації та ремонту автомобільної техніки, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна;

О. Козаченко, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри сільськогосподарських машин Державного біотехнологічного університету, м. Харків, Україна;

А. Кривошея, старший науковий співробітник, Інститут надтвердих матеріалів ім. М.М. Бакуля НАН України, Україна;

М. Кристончук, канд. техн. наук, доц., зав. кафедри транспортних технологій і технічного сервісу Національного університету водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна;

С. Криштопа, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобільного транспорту, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна;

Ю. Кузнєцов, д-р техн. наук, проф., Національний технічний університет

України "Київський політехнічний інститут" ім. І. Сікорського, Україна;

Р. Кузьмінський, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри експлуатації та технічного сервісу машин ім. професора Семковича О.Д. Львівського національного аграрного університету, м. Дубляни, Україна;

О. Лобашов, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри транспортних систем і логістики Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова, м. Харків, Україна;

С. Лузан, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри зварювання Національного технічного університету "ХПІ", м. Харків, Україна;

О. Ляшук, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автомобілів Тернопільського національного технічного університету, м. Тернопіль, Україна;

Анас М. Аль-Орайкат, професор університету Тайба, Королівство Саудівська Аравія;

С. Магопець, канд. техн. наук, доц., зав. кафедри експлуатації та ремонту машин Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький;

М. Марчук, канд. техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобілів та автомобільного господарства, Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна;

В. Матейчик, д-р техн. наук, професор, декан автомеханічного факультету, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна;

Ю. Монастирський, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автомобільного транспорту Криворізького національного університету, м. Кривий Ріг, Україна;

І. Мурований, канд. техн. наук, доцент, декан факультету транспорту та механічної інженерії, Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна;

Є. Нагорний, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри транспортних технологій Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, м. Харків, Україна;

Я. Немировський, д-р техн. наук, Центральноукраїнський національний технічний університет, Україна;

А. Невчас, PhD, професор, Люблінський технологічний університет, м. Люблін, Польща;

А. Новицький, канд. техн. наук, доц., зав. кафедри надійності техніки Національного університету біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна;

Р. Пальшиатіс, PhD, професор, Вільнюський технічний університет імені Гедимінаса, м. Вільнюс, Литва;

М. Підгурський, д-р техн. наук, проф., проф. кафедри інжинірингу машинобудівних технологій Тернопільського національного технічного університету імені І. Пулюя, м. Тернопіль, Україна;

О. Полянський, д-р техн. наук, професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна;

Е. Посвятенко, д-р техн. наук, професор, Національний транспортний університет, Україна;

І. Роговський, д-р техн. наук, с.н.с, завідувач кафедри технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П. Момотенка, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна;

В. Савуляк, д-р техн. наук, проф., проф. кафедри галузеве машинобудування Вінницького національного технічного університету, м. Вінниця, Україна;

В. Сахно, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри автомобілів, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна;

М. Свірень, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький, Україна;

Л. Тарандушка, д-р техн. наук, доцент, завідувачка кафедри автомобілів та технологій їх експлуатації, Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна;

Л. Тимофєєва, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технології виготовлення матеріалів Українського державного університету залізничного транспорту, м. Харків, Україна;

Є. Формальчик, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри транспортних технологій, Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна;

Р. Хабутдінов, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри транспортних технологій Національного транспортного університету, м. Київ, Україна;

С. Цимбал, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна;

В. Чигарьов, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри металургії та технології зварювального виробництва Приазовського державного технічного університету, м. Маріуполь, Україна;

Л. Шлапак, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри зварювання конструкцій та відновлення деталей машин Івано-Франківського національного університету нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна;

В. Яцун, канд. техн. наук, доц., декан факультету будівництва та транспорту Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький, Україна;

О. Смірнов, керівник методично-організаційного відділу Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький;

Л. Резнік, фахівець I категорії методично-організаційного відділу Центральноукраїнського національного технічного університету, м. Кропивницький.

Секції конференції:

Секція 1. Фізичні та математичні основи надійності і ефективності машин і обладнання.

Секція 2. Трибологія вузлів деталей, систем і агрегатів, робочих органів машин і обладнання.

Секція 3. Підвищення зносостійкості деталей та вузлів сільськогосподарської та транспортної техніки.

Секція 4. Технологічні методи підвищення надійності деталей машин і обладнання.

Секція 5. Конструкторські рішення підвищення надійності вузлів деталей, систем і агрегатів та робочих органів.

Секція 6. Експлуатаційна надійність та ефективність використання сільськогосподарської та транспортної техніки.

Секція 7. Підвищення надійності та ефективності транспортних систем та транспортних засобів і забезпечення належного рівня якості пасажирських та вантажних перевезень.

Секція 8. Логістика виробничих та транспортних підприємств, фірм, компаній.

Секція 9. Економіка та управління підприємствами, фірмами, компаніями.

Секція 10. Системи та стратегії технічного сервісу сільськогосподарської та транспортної техніки.

Секція 11. Підвищення надійності та ефективності функціонування систем, вузлів, агрегатів, машин інтелектуалізацією їх елементів.

Секція 12. Інформаційні технології в розв'язанні проблеми і завдань надійності і ефективності машин, процесів і систем.

ЛОГІСТИКА ТА BLOCKCHAIN – ПЕРЕДУМОВИ СТВОРЕННЯ, ПЕРСПЕКТИВИ РЕАЛІЗАЦІЇ

Д. О. Музильов, доц., канд. техн. наук, докторант

М. В. Карнаух, доц., канд. техн. наук

Н. О. Рибалка, магістрант

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

На сьогоднішній день технологія blockchain стає все популярнішою і знаходить своє практичне застосування в різних сферах людської діяльності. Зокрема, з'явилася значна кількість стартапів, які передбачають використання або вже існуючих блокчейнів (Bitcoin, Ethereum, Solana, HECO та ін.), або базуються на власних системах (Terra (LUNA), Kusama, Polkadot, FLOW, Metaversve (Мета Всесвіту) та ін) [1]. Основною відмінністю останніх є наявність автономної мережі, яка характеризується низкою особливостей у порівнянні з існуючими. До таких відмінностей належать:

- Наявність індивідуального стейблкоїну, тобто гарантовані монети або токени, які є основною валютою мережі. Дозволяє знизити емісію та прив'язати курс інших монет, що підтримуються мережею до гаранта.
- Можливість мати найвищий рівень екологічності, який насамперед проявляється в мінімізації споживаної енергії, яка необхідна для забезпечення працездатності мережі.
- Інтеграція з якомога більшою кількістю інших блокчейнів, тобто наявність уніфікованого мосту для передачі токенів, що підтримуються власною мережею, в альтернативні мережі та навпаки.
- Розробка власного NFT, який виступає в ролі інноваційної валюти (тобто навіподіб віртуальної акції). Утримувач такого NFT-токену може розраховувати на певні дивіденди у майбутньому.
- Лістинг Stablecoin на кількох великих біржах. При цьому необхідна можливість торгівлі монетою-гарантом хоча б на одній з бірж, що входить до ТОП-10 або 20.

Успіхи реалізації та запуску власного блокчейну в різних галузях життєдіяльності людини [2] визначають ряд перспектив для інтеграції даної системи в логістичні процеси. Створення мережі для вирішення питань доставки вантажів чи пасажирів дозволить отримати такі перспективи:

- Своєчасність проведення розрахунків завдяки можливості резервування суми контракту після підписання договору між учасниками логістичного процесу.
- Мінімізація комісійних зборів при здійсненні взаєморозрахунків між сторонами договору доставки вантажів [3], а також під час проведення будь-яких інших транзакцій сторонніми організаціями та іншими особами (як фізичними, так і юридичними), які опосередковано пов'язані з логістичними питаннями.
- Децентралізований принцип взаємодії, відсутність контролюючих органів, що спрощує процедурні моменти та знижує часові та інші види витрат.

Також власники стейблкоїну можуть гарантувати собі отримання суттєвого профіту при подорожчанні монети-гаранта, що стане додатковим приводом для придбання основної монети мережі на ранньому етапі запуску. Для цього необхідно якісно уявити перспективність запуску Blockchain для вирішення логістичних проблем [4, 5].

При цьому слід зазначити, що чим перспективніший проект, тим більше про нього говорять і пишуть, використовуючи різні інтернет-ресурси, насамперед соціальні мережі.

Наразі лідером у просуванні блокчейнів є Twitter. Наявність активної компанії з просування власне ключової ідеї проекту та чіткий опис місії дозволяє фоловерам (а серед

них можуть бути не лише учасники проекту, а й потенційні інвестори) ознайомитись детально з місією проекту, з основними нюансами та чітко вивчити roadmap [6]. Саме дорожня карта дозволяє зорієнтувати всі ком'юніті на ключові моменти, а саме надати реалізації та час досягнення намічених цілей.

Одним із основних моментів для досягнення успіхів при створенні та запуску перспективної блокчейн-мережі для вирішення завдань, які пов'язані з логістикою, є проведення повномасштабної рекламної кампанії для залучення необхідного обсягу інвестицій у фіатній валюті.

Список використаних джерел

1. Muzylyov, D., Shramenko, N.: Blockchain Technology in Transportation as a Part of the Efficiency in Industry 4.0 Strategy. In: Tonkonogyi V. et al. (eds) *Advanced Manufacturing Processes. InterPartner 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham, 216–225 (2020). https://doi.org/10.1007/978-3-030-40724-7_22.
2. Javaida, M., Haleema, A., Singhb, R.-P., Khanc, S., Suman, R.: Blockchain technology applications for Industry 4.0: A literature-based review. *Blockchain: Research and Applications*, Volume 2, Issue 4, December 2021, 100027, <https://doi.org/10.1016/j.bcra.2021.100027>.
3. Medvediev Ie., Muzylyov D., Shramenko N., Nosko P., Eliseyev P., Ivanov V.: Design Logical Linguistic Models to Calculate Necessity in Trucks during Agricultural Cargoes Logistics Using Fuzzy Logic. *Acta Logistica - International Scientific Journal about Logistics*, vol.: 7, Issue: 3, pp. 155–166 (2020). <https://doi.org/10.22306/al.v7i3.165>.
4. Muzylyov D., Shramenko N., Karnaukh M. Choice of Carrier Behavior Strategy According to Industry 4.0. 4th International Conference on Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange. June 8-11, 2021. Lviv, Ukraine. Springer, Cham. P. 213–222.
5. Vojtov V., Kutiya O., Berezhnaja N., Karnaukh M., Bilyaeva O. Modeling of reliability of logistic systems of urban freight transportation taking into account street congestion. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. Vol. 4, no. 3 (100), pp. 15–21. 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.175064>.
6. Benz, D., Hamzah, M., Ghazali, M.F., Asli, M.F. (2022). Bringing Blockchain Technology in Innovating Industries: A Systematic Review. In: Al-Emran, M., Al-Sharafi, M.A., Al-Kabi, M.N., Shaalan, K. (eds) *Proceedings of International Conference on Emerging Technologies and Intelligent Systems. ICETIS 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 322. Springer, Cham, pp 391–416. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85990-9_33.
7. Аулін В.В., Голуб Д.В., Замуренко А.С., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Дьяченко В.О. Теоретичний системно-спрямований підхід до визначення інтегрального показника ефективності реалізації операцій в транспортних системах // *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2021. Вип. 4(35). С.232-247.
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. 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.
10. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ КУЛЬТИВАТОРНИХ ЛАП

В.Ю.Штих, ст. гр.401 Тс

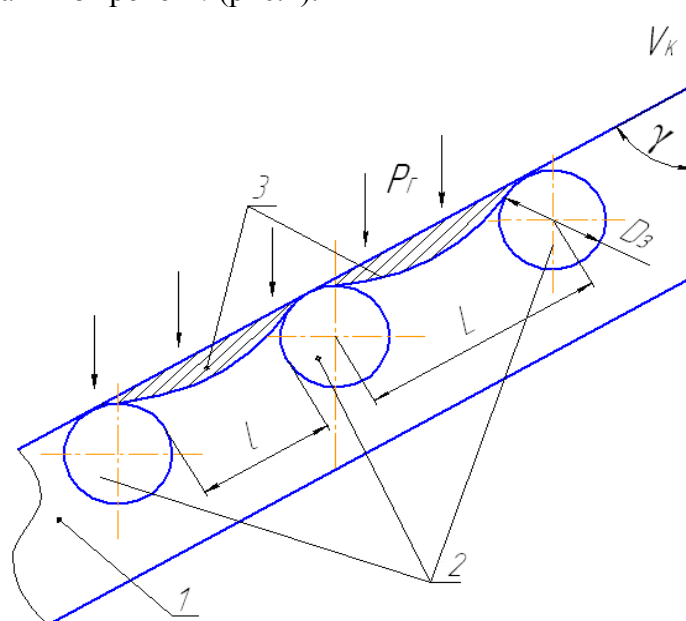
О.В.Козаченко, проф., д-р техн. наук

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Сучасні технології поверхневого обробітку ґрунту при вирощуванні сільськогосподарських культур передбачають застосування культиваторів різного призначення та конструктивного виконання. При цьому загальною проблемою їх ефективного використання за призначенням є довговічність робочих органів, що зумовлено взаємодією їх з абразивним ґрунтовим середовищем і інтенсивним зношуванням різальних елементів. Дана робота стосується визначення раціональних параметрів локального зміцнення культиваторних лап твердосплавним матеріалом з подальшим формуванням зубчатого профілю при зношуванні леза робочого органу.

Виходячи з аналізу виконаних теоретичних досліджень обґрунтування раціональної форми та локального зміцнення лапи культиватора з урахуванням властивостей ґрунтового середовища та режимів руху при виконанні технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту є доцільним проведення експериментальних досліджень визначення оптимальних параметрів локального зміцнення леза.

Поверхня різальних елементів культиваторних лап оснащена по довжині леза елементами локального зміцнення твердосплавним матеріалом у вигляді кіл певного діаметру d і розташованих з кроком l (рис.1).



1 – основний матеріал; 2 – локальне зміцнення; 3 – зони зношування леза
Рисунок 1 – Розрахункова схема локально зміцненого леза лапи культиватора

В роботі прийнята робоча гіпотеза, що зношування леза відбувається під дією нормального тиску ґрунту і залежить від поточного значення кута розхилу лапи культиватора та параметрів локального зміцнення. Це змінює в процесі роботи параметри потоку ґрунту та зумовлює утворення зубчастого леза і визначає характер і інтенсивність зношування робочої поверхні.

Експериментальні дослідження проводилися на розробленому експериментальному круговому стенді. Дослідження процесу формоутворення поверхні локально зміцненого леза

проводились за трьома факторами. Факторами експерименту були обрані діаметр зміцнення (x_1), крок зміцнення (x_2) і кут розхилу (x_3). Діапазони і рівні факторів представлені в таблиці.

Таблиця 1 – Кодовані значення факторів і рівні їх варіювання

Позначення факторів	x_1	x_2	x_3
Найменування факторів	Діаметр зміцнення D , мм	Крок зміцнення L , мм	Кут розхилу γ , °
Нульовий рівень	7,5	15	45
Інтервал варіювання	2,5	5	25
Верхній рівень фактору	10	20	70
Нижній рівень фактору	5	10	20

Критеріями оцінки досліджень були абсолютний знос локально зміцнених зразків Δi та швидкості зношування $\partial I_v / \partial t$. Згідно результатів досліджень були отримані значення абсолютного зносу локально зміцнених зразків Δi для кожного з дослідів. Враховуючи значення шляху тертя $S = 5000$ м і швидкість переміщення $V_p = 1,5$ м/с отримані результати швидкості зношування поверхні локально зміцненого леза $\partial I_v / \partial t$ для кожного з дослідів.

Швидкість зношування $\partial I_v / \partial t$ визначалася за формулою:

$$\frac{\partial I_v}{\partial t} = \frac{S \cdot \Delta i}{V}$$

де S – шлях тертя, м; V – лінійна швидкість переміщення локально зміцнених зразків, м/с.

За результатами проведених експериментальних досліджень було визначено оптимальні параметри локального зміцнення леза лапи культиватора твердосплавним матеріалом: діаметр $D = 6,5$ мм і крок $L = 11,7$ мм зміцнення.

Список використаних джерел

1. Аулін, В. В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах : монографія / В. В. Аулін. - Кіровоград : ТОВ "КОД", 2014. - 369 с.
2. Аулін, В. В. Динамика износа режущих элементов рабочих органов почвообрабатывающих машин при взаимодействии с почвой / В. В. Аулин, А. А. Тихий // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. - 2016. - Vol.18. № 2. - P. 41-48.
3. Козаченко О.В. Дослідження конструкцій і режимів роботи робочих органів культиваторів [Текст] / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль // Техніка і енергетика АПК: Науковий вісник НУБІП України. – Київ: НУБІП, 2010. – Вип. 144, ч.4. – С. 122-127.
4. Козаченко О.В. Вплив параметрів леза на довговічність лап культиватора [Текст] / . – 2013, Vol.15.- О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, О.В. Блезнюк та ін. -MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture No 7. 63-67.
5. Козаченко О.В. Забезпечення ефективності робочих органів культиваторів: монографія / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, В.С. Каденко. – Харків: ПромАрт, 2021. 238 с.
6. Панков, А. А. Технические средства процесса высева на основе элементов пневмоники : монографія / А. А. Панков, В. В. Аулін, М. И. Черновол. - Кіровоград : Лысенко В. Ф., 2016. - 241 с.
7. Аулін, В. В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами : монографія / В. В. Аулін, А. А. Тихий ; за ред. В. В. Ауліна. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2017. - 278 с.

РОЗРАХУНОК ВАЛА БАРАБАНА СЕПАРАТОРА

В.Б. Савченко, доц., канд. техн. наук

О.А. Свіргун, доц., канд. техн. наук

В.В. Свіргун, асп.

М.В. Марченко, студ.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Комплексний барабанний сепаратор призначається для попереднього, первинного та вторинного очищення зернобобових, круп'яних культур, кукурудзи та соняшника.

Сепаратор (рис.1) в своєму складі має ситовий та аспіраційний блоки. Ситовий блок складається із корпусу, решітного барабана, механізму зміни кута його нахилу та привода. Об'єктом дослідження є вал решітного барабану сепаратора. Барабан (рис.1) є основним робочим органом зерноочисного сепаратора, призначеного для розділення на фракції зернового вороху на зернопереробних підприємствах.

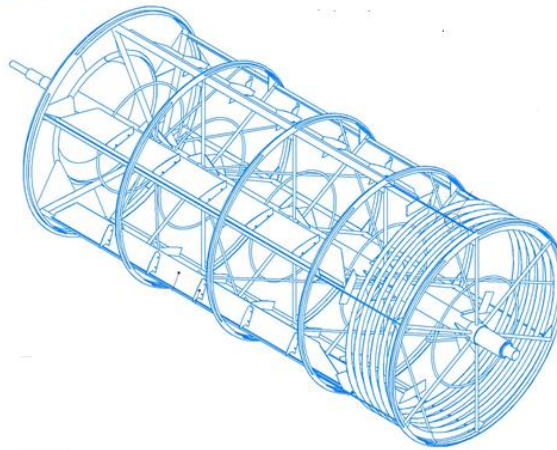


Рисунок 1 – Барабан сепаратора

Барабан встановлений на двох підшипникових опорах, з кутом нахилу $0,5^\circ$ відносно горизонтальної площини, з можливостями обертатися відносно своєї осі, та змінювати кут нахилу від $0,5^\circ$ до 5° . Очищуваний продукт подається до барабану зі сторони лівого підшипникового вузла, на перше решето та, під час обертання барабану навколо осі, просипається через усі решіта (рис.2).

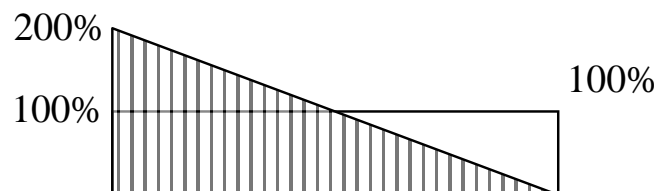


Рисунок 2 – Розподілення зернової суміші по довжині барабану

Об'єктом дослідження є вал решітного барабану сепаратора. Для розрахунку вала на згин з крученням було розроблено модель вала барабану в системі тривірмірного твердотільного та поверхневого параметричного проектування Autodesk Inventor (рис.3).

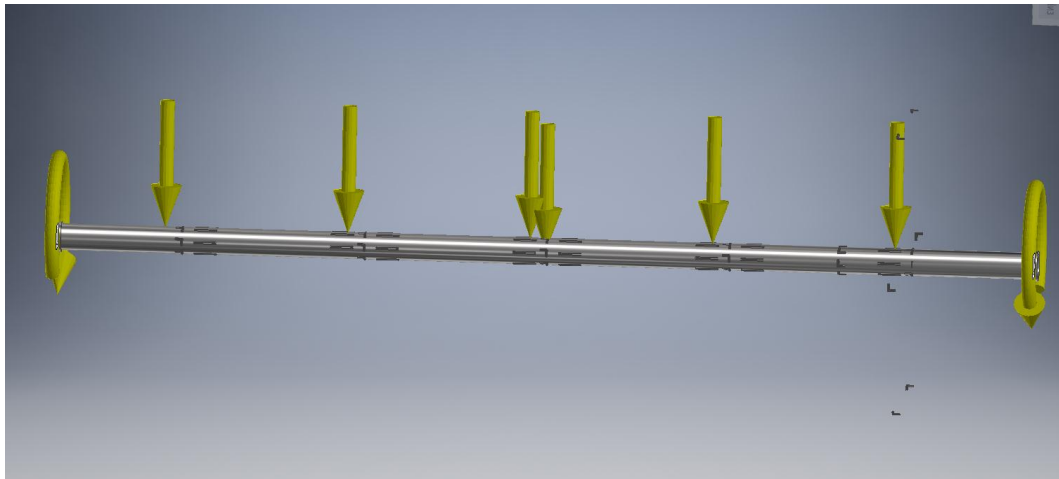


Рисунок 3 – Модель валу решітного барабану сепаратора

Аналіз напружено-деформованого стану валу барабану сепаратора (рис 4) при статичному навантаженні показує, що при прийнятій розрахунковій схемі, вал має значний запас міцності. Виключення, як і очікувалось, становлять зони зварних швів. Враховуючи вплив повторно-змінних навантажень, які виникають при обертанні валу, цього може бути недостатньо. Тому, необхідно зробити розрахунок, який визначає достатність коефіцієнту запасу при циклічному навантаженні [1].

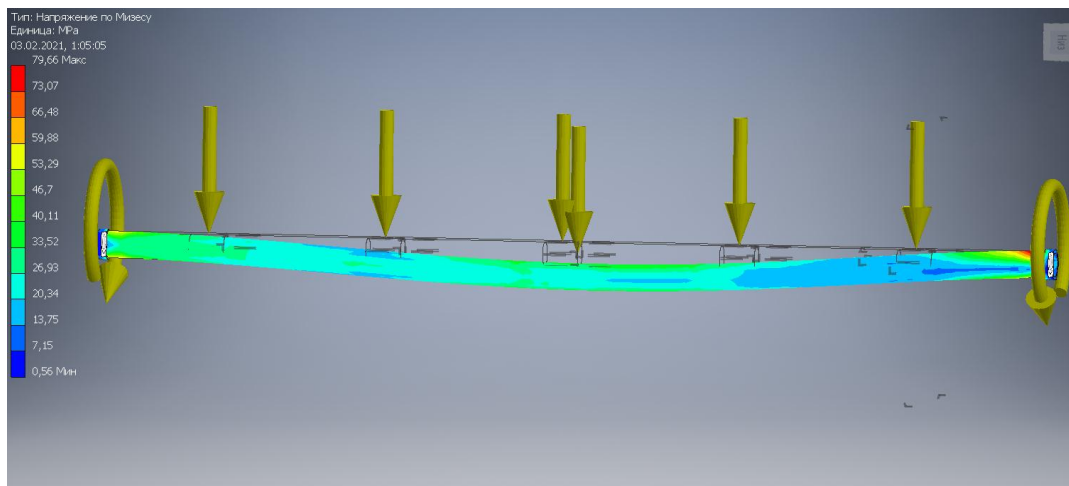


Рисунок 4 – Вала барабана. Розподіл напружень по Мізесу

Вал барабану сепаратора виконано зі сталі 30ХГСА. Це високоякісна середньолегована конструкційна сталь, із класу сталей хромансиль. Особливістю сталі 30ХГСА є чутливість до концентрації напружень, яка виникає в місцях зварювання [2]. Виникає питання, на який термін служби даної конструкції можна розраховувати.

Мірою міцності металу при багатоцикловій витривалості є розмах напружень. Підхід, заснований на номінальних напруженнях, включений в ДБН В.2.6-198:2014. «Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу»[3].

Розрахункові амплітудні номінальні напруження σ_{na} повинні бути меншими за напруження, які допускаються $[\sigma_{na}]$:

$$\sigma_{na} \leq [\sigma_{na}]. \quad (1)$$

Характеристики опору втомі елементів конструкцій зі зварними з'єднаннями, визначають за ймовірністю відмови, враховуючи параметри $\bar{\sigma}_R$, S_{σ_R} розподілу межі

втривалості і параметри $\bar{\sigma}_R$, A_R , B_R рівняння медіанної (відповідної ймовірності відмови 50%) кривої втоми:

$$\sigma = \bar{\sigma}_R \cdot e^{\frac{A_R}{N+B_R}}. \quad (2)$$

Рівняння, яке описує розрахункову криву втоми вузла зі зварним з'єднанням, що побудоване для ймовірності відмови $P\%$, має вигляд:

$$\sigma(P, N) = R_R \cdot e^{\frac{A_R}{N+B_R}}. \quad (3)$$

Розрахункову границю витривалості R_R визначають залежно від допустимої ймовірності відмови P

$$R_R = \bar{\sigma}_R - z_P S_{\sigma_R}. \quad (4)$$

де z_P – квантіль нормального розподілу для ймовірності P .

На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки.

1. Існуюча конструкція валу барабана сепаратора за геометричними характеристиками відповідає вимогам, необхідним для неруйнівної надійної експлуатації сепаратора. Максимальні еквівалентні напруження не перевищують допустимих значень, а коефіцієнт запасу є достатнім для надійної роботи валу.

2. Наявність зварного з'єднання, та робота останнього при циклічному навантаженні, призводить до зниження коефіцієнту запасу до значення 0,89 що є неприпустимим значенням для динамічної експлуатації.

3. Враховуючи схильність сталі 30ХГСА до утворення гарячих та холодних тріщин при зварюванні, покращити технологію зварювання.

Список використаних джерел

1. Писаренко Г.С. Опір матеріалів / Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Є.С. – К.: Вища шк., 2004. – 655 с.
2. Особливості зварності сталі 30ХГСА/ В. М. Палаш, А. Р. Дзюбик, І. Б. Хомич, Ю. В. Федик// Науковий вісник НЛТУ України, 2017, т. 27, №9
3. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 205 с.
4. Савченко В. Б., Полтавченко О. В., Попко К. Г. Аналіз умов роботи і розрахунок валу сепаратора КБС 1240 на статичну міцність. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства, Вип. 205 «Проблеми надійності машин». 2019. С. 330-338.
5. Свіргун О.А. Котляр А. В. Аналіз втомної міцності валу барабану сепаратора КБС 1270.4.00 //Матеріали міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених "Експлуатаційна та сервісна інженерія". - Харків, ХНТУСГ, 2020.

ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МОРСЬКИХ ПОРТІВ, ЯК ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ

А.В. Солонець, ст. гр. ТТ 19-1,

І.О. Кузєв, старший викладач

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук,
Україна*

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Морський транспортний комплекс є багатофункціональною структурою, що задовольняє потреби національної економіки у транспортному забезпеченні. Морські порти є складовою частиною транспортної і виробничої інфраструктури держави з огляду на їх розташування на напрямках міжнародних транспортних коридорів. Від ефективності функціонування морських портів, рівня їх технологічного та технічного оснащення, відповідності системи управління та розвитку інфраструктури сучасним міжнародним вимогам залежить конкурентоспроможність вітчизняного транспортного комплексу на світовому ринку.

В Україні, як і в усьому світі, нині зростає попит на перевезення внутрішнім водним транспортом. Вантажовласники, насамперед металовиробники і зернотрейдери, в умовах економічної нестабільності, зростання цін на паливо, збільшення випадків перебоїв у роботі залізничного та автомобільного транспорту через конфлікт на сході країни намагаються скоротити транспортні витрати та покращити логістику перевезень. Для економіки будь якої держави важливість морських портів складно переоцінити. Крім задоволення внутрішніх проблем, порти є активними учасниками процесу обслуговування вантажопотоків транзиту, міжнародних транспортних коридорів. Посилення процесів глобалізації та екологізації економіки особливо позначилися на вимогах до розвитку та ефективного функціонування портів. Ефективність роботи портів, є предметом заінтересованості для багатьох країн та міжнародних організацій.

Мета роботи - вивчення тенденцій та пропорцій реформування портової сфери під впливом процесів, що утворюються на світових товарних ринках та зміненням міжнародного законодавства, з метою виявлення невідповідності транспортного законодавства України цим трансформаціям.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. З точки зору суспільних переваг, розвиток річкового транспорту в Україні та включення його в систему мультимодальних перевезень дозволить не тільки знизити енергетичні витрати та скоротити шкідливі викиди в атмосферу, але й транспортувати товари суднами типу «ріка-море» між великими промисловими центрами країни та чорноморськими портами без додаткового перевантаження. На сьогоднішній день контейнерні перевезення є найбільш розповсюдженим засобом доставки вантажу. Морський транспорт є виключенням – більше половини вартості в міжнародній морській торгівлі займають контейнерні вантажі. У 2015 році контейнерообіг для країн, що розвиваються виріс, за оцінками, на 7,2 відсотків до 308 тис. TEU. Це зростання нижче на 15,8 відсотка, ніж у попередньому році, коли підприємства поповнювали запаси через невизначеності, пов'язані зі світовою економічною кризою. Темп зростання контейнерообігу в країнах, що розвиваються в 2015 році як і раніше слабкий, оцінюється у 5,2 відсотка. Для розвинених країн ці показники значно вищі. Такий стан речей створює потребу у додаткових елементах інфраструктури. Недавнє дослідження про масштаби майбутнього попиту інфраструктури, розглянуто дев'ять країн (Бразилія, Китай, Франція, Німеччина, Індія, Японія, Мексика, Великобританія, і Сполучені Штати Америки), на які в сукупності припадає 60 відсотків світового ВВП, і виявили, що їхні щорічні витрати на довгострокові інвестиції склали \$ 11,7 трлн в 2014 році.

Екстраполюючи ряд прогнозів зростання та інвестиційних прогнозів із зовнішніх джерел, дослідження показало, що країни, що розвиваються, будуть мати потребу в щорічних інвестиціях у розмірі \$ 18800 млрд. в реальному вираженні, для того щоб до 2022 року досягти навіть помірних темпів економічного зростання.

У зв'язку зі збільшенням внутрішніх перевезень, як очікується, в період до 2019 року, має бути створена відсутня інфраструктура, а існуючі елементи – вдосконалені з метою залучення потенціалу коротких морських перевезень. Були створені чотири коридори, так звані «автомагістралі моря», які теж створили додаткові функції для портів. Ці коридори забезпечують одну істотну частину проекту: «плаваючі інфраструктури» європейських морів. Для того щоб морські магістралі успішно і ефективно функціонували, необхідно забезпечити необхідну концентрацію вантажопотоків у портах і в коридорах, всі учасники ланцюжка поставок повинні бути зафіксовані в цих проектах. Такі перетворення в уявленні про транспортування вантажів створили потребу у розгляді нових функцій портів. Ціллю розвитку сучасної європейської транспортної системи є її здатність сприяти торгівлі у динамічній світовій економіці, функціонування як єдиного цілого і розробка політики під поняття "транспортного планування".

Основним напрямком розвитку є транс-європейська транспортна мережа. У рамках більш широкої стратегії мережі, є два важливі керівних принципи, що стосуються морського транспорту:

- управління зростанням внутрішнього вантажообігу вимагає максимального використання можливостей морського транспорту, який має найнижчі витрати на одиницю продукції, найнижчі екологічні витрати;

- заохочення мультимодального транспорту для внутрішніх перевезень значно сприяє плануванню мультимодальних транспортних розв'язок у або поблизу портів. З цього випливає, що порти можуть бути одним з ключових вирішальних чинників для успішності стратегії транс-європейських транспортних мереж.

Сучасні європейські порти є життєво важливими транспортними вузлами, що зв'язують транспортні коридори з усім світом. Порти також відіграють важливу роль, як в товарообміні на внутрішньому ринку, так і в ув'язці периферійних і острівних районів з материком. Але порти не тільки відмінно підходять для переміщення товарів по всьому світу, вони також створюють робочі місця. Проте, сектор стикається з серйозними проблемами в плані насичення, зростання трафіку та інвестицій.

ВИСНОВКИ. Великі зміни портів тривають, незважаючи, на недавню невизначеність в світовій торгівлі. Порти, як правило, вважаються довгостроковою інвестицією, яка передбачає стійке джерело доходів. Водночас порти також стають все більш капіталомістким із зростанням міст, що створюють просторові обмеження, які змушують планувати розширення далі в море, ускладнюються вантажно-розвантажувальне устаткування та операції, також збільшуючи вартість програм розвитку. Країни, що розвиваються, проте, виграють і від необхідності інвестування в довгострокові стабільні підприємства і від досвіду міжнародних операторів терміналів, які вдосконалювали свої методи на деяких з найбільш об'ємних портах світу і від зацікавленості в нових ринках для інвестицій. Без портових реформ країнам буде не просто виводити продукцію на ринки на конкурентоспроможному рівні цін, а також для забезпечення їх потреб за розумними цінами.

Список використаних джерел

1. Kuziev I., Maloshtan D., Dragobetskiy V., Shlyk S. , Shchetynin V. Material saving reserves in sheet stamping production, Norwegian Journal of development of the International Science No 56/2021.
2. Кузев І.О., Загорянський В.Г., Мороз М.М., Хорольський В.Л., Король С.О. Визначення оптимальної кількості автомобілів для збирання врожаю зернових на прикладі господарства Полтавської області. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського Вип. 1 С. 6–16.
3. Драгобецький В.В., Кузев І.О. Шлик С.В., Наумова О.О. Математична модель вибуховоударного навантаження зміцнюваних елементів гірничого устаткування. Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні

- технології та обладнання обробки матеріалів у машинобудуванні та металургії, № 12(1337), 2019.
4. Moroz, M.M., 2015. Defining the term and the volume of investments on reduction to necessary structure of rolling stock of passenger public transport (Kremenchuk city case study) // *Actual Problems of Economics*, Vol. 166 (4), p235–243.
 5. Мороз М.М., Левковець П.Р., Мороз О.В. Удосконалення перевезень пасажирів м. Кременчук // *Управління проектами, системний аналіз і логістика: науковий журнал*. – Вип. 7. – К.: НТУ, 2010. – С. 304–308.
 6. Мороз М.М. Підвищення ефективності технологічного процесу транспортного обслуговування м. Кременчук // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 43. – С. 103–109.
 7. 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.
 8. Korol, S.O., Moroz, M.M., Korol, S.S., Serhienko, S.A., 2017. Method and device for increasing weight charging of four-stroke engine cylinders. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), pp. 56–61.
 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., Markevych A., Shramenko N. Development of technology of urban forwarding service of small consignment customers / *Norwegian Journal of Development of the International Science / Випуск 58-1. – Global Science Center LP*, 2021. – p. 54-58.
 11. Moroz, M., Moroz O., Korol S., Yelistratov V., Korol K. and Zahorianskyi V. Device for Stabilizing the Electrical Power of a Diesel Generator in Transport / *2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*, Kremenchuk, Ukraine, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/PAEP49887.2020.9240910.
 12. Moroz, M., Vasytkovska, K.V., Vasytkovskyi, O.M., Sviren, M.O., Petrenko, D.I. Determining the parameters of the device for inertial removal of excess seed / *INMATEH – Agricultural Engineering*. – 2019, 57(1), p. 135–140.
 13. 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.
 14. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Король С.О., Хорольський В.Л., Кузев І.О. Моделювання складу групи вантажних автомобілів для оптимального обслуговування свиногокомплексу / *Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of machine and equipment reliability*. – p. 241.
 15. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Бойко Ю.О., Коноваленко О.Д. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник – Харків: Друкарня Мадрид, 2015.
 16. Мороз М.М. Організація перевезення гірничої маси на ПАТ Кременчуцьке кар'єроуправління Кварц / *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*. – Випуск 2. – КрНУ, 2014 С.171–180.
 17. 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.
 18. Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Zahorianskaya O., Moroz O. Management of the Logistics Component of the Grain Harvesting Process with Consideration of the Choice of Automobile Transport Technology Based on the Energetic Criterion / *IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. – 2021. – P. 1-5.
 19. 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.
 20. 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.
 21. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Чаплінський В.С. Впровадження інформаційних технологій в організацію міських перевезень / *Вісник КДПУ*. – 2008. – Випуск 1. – С. 48.
 22. 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.

ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

А.О. Кострецов, ст. гр. ТТ 18-1,

О.В. Мороз, доц., канд. екон. наук

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук,
Україна*

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Мета роботи будь-якого підприємства полягає у максимізації прибутку. Досягти цього можна за допомогою ефективного використання ресурсів. Сільськогосподарське виробництво має свою специфіку і особливості у перевезеннях продукції. Оскільки на сьогоднішній день агропродукція займає значний відсоток у валовому внутрішньому продукті України. Тобто визначення особливостей ефективності при перевезенні вантажів сільськогосподарської продукції є актуальною темою.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Ефективність – це здатність приносити ефект, результативність процесу, проекту тощо, які визначаються як відношення ефекту, результату до витрат, що забезпечили цей результат.

Ефективність визначається відношенням результату (ефекту) до витрат, що забезпечили його отримання. Ефективність розкриває характер причинно-наслідкових зв'язків виробництва. Вона показує не сам результат, а те якою ціною він був досягнутий. Тому ефективність найчастіше характеризується відносними показниками, що розраховуються на основі двох груп характеристик (параметрів) – результату і витрат. Це, втім не виключає використання і абсолютних значень вихідних параметрів. Найважливішим якісним показником суспільного виробництва є його ефективність.

Ці показники встановлюють закономірний зв'язок між елементами транспортного виробництва й кількісною зміною транспортної продукції. Система показників роботи транспортних засобів (ТЗ) покладена в основу організації і планування діяльності транспортних підприємств. Ефективність функціонування транспорту визначається, насамперед (рис.1): рівнем організації перевезення вантажів; ступенем використання транспортних засобів (парк ТЗ і його використання, час роботи ТЗ і його виробниче використання, вантажопідйомність ТЗ і його використання, швидкість руху ТЗ, пробіг ТЗ і ступінь виробничого використання). Рівень техніко-експлуатаційних показників залежить від таких факторів: 1) типу й вантажопідйомності транспортних засобів; 2) роду й характеру перевезених вантажів; 3) методів організації перевезень; 4) технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів; 5) умов роботи транспортних засобів на лінії; 6) стану доріг, природних, кліматичних умов, у яких виконуються перевезення; 7) технічної оснащеності транспортних підприємств; умов організації і оплати праці працівникам транспортного підприємства та інших факторів.

У аграрних підприємствах обсяг вантажів у тонах визначають за технологічними картами вирощування сільськогосподарських культур і виробництва продукції тваринництва з одночасним урахуванням перевезень різних матеріалів, обсягу робіт по обслуговуванню соціальної сфери. Знайдений обсяг вантажів множать на коефіцієнт повторності їх перевезень і в такий спосіб одержують обсяг транспортних робіт (вантажоперевезень) у тонах. Коефіцієнти повторності розраховують по кожному виду вантажів діленням загального обсягу перевезень певного виду продукції (виду вантажу) на обсяг її виробництва. Наприклад, якби зерно від комбайна транспортували прямо на елеватор, то коефіцієнт повторності становив би одиницю. Але оскільки зерно транспортується спочатку на тік, а потім після доробки – на елеватор, вкорму, а з комори – в кормоцех, на поле (насіння), на

ринок і т. д., коефіцієнт повторності значно зростає. Як свідчить практика, цей коефіцієнт по зерну є в межах 2–2,4, по картоплі – 1,6–1,8, овочах, фруктах – 1,5–1,6, кормових коренеплодах – 1,7–2,0, сіну з сіяних трав – 1,5– 1,7, зеленій масі – 1,1–1,2, мінеральних добривах – 1,8, по будівельних матеріалах – 1 і т. д. Залежно від питомої ваги вантажів і зумовленого нею коефіцієнта використання вантажопідйомності транспортних засобів розрізняють п'ять таких класів. До першого класу відносять вантажі, які забезпечують використання вантажопідйомності на 100 % (зерно, крім вівса і кукурудзи в качанах, картопля свіжа, борошно, фрукти свіжі в ящиках, камінь, цемент, добрива мінеральні тощо), до другого – з використанням вантажопідйомності на 99–71 % (вовна пресована, зелень городня в ящиках, капуста свіжа, комбікорм, кукурудза в качанах, сіно і солома пресовані, насіння соняшнику тощо), до третього – на 70–51 % (вовна непресована, молоко свіже в бідонах і автоцистернах, нафтопродукти, силосна маса, тютюн, худоба домашня велика тощо), до четвертого – на 50–41 % (зелень городня навалом, розсада овочева без упаковки, худоба домашня дрібна тощо), до п'ятого класу – з використанням вантажопідйомності менше ніж на 41 % (бавовна).



Рисунок 1 – Схема техніко-експлуатаційних показників роботи транспорту

Транспортні роботи в аграрних підприємствах виконуються такими видами транспорту: автомобільним, тракторним і в незначних обсягах – трубопровідним (водопроводи, молокопроводи). Важливо також пам'ятати, що автомобілі економічно не вигідно використовувати для перевезень вантажів на відстань менше 3 км. Чим вища вантажопідйомність автомобілів, тим раціональніше їх використання на далеких відстанях. Як свідчить практика, в сучасних умовах найефективнішим є застосування автомобілів вантажопідйомністю 4 – 6 т.

Витрати на транспортні роботи включаються в собівартість сільськогосподарської продукції і здорожчують її виробництво. Знизити ці витрати можна лише завдяки ефективнішому використанню транспортних засобів, насамперед вантажних автомобілів. Для оцінки й аналізу рівня їх використання застосовують ряд техніко-економічних показників, що відображають специфіку транспортного процесу, продуктивність, умови і режим роботи транспортних засобів.

Рівень техніко-економічних показників при перевезенні сільськогосподарської продукції коливається приблизно в таких межах: коефіцієнт використання автопарку – 0,70–0,75, технічної готовності – 0,81–0,85, використання пробігу – 0,50–0,55, використання вантажопідйомності – 0,85–0,90, середньотехнічна швидкість – 22–26 км/год, середньоексплуатаційна – 13–16 км/год, середня відстань перевезень – 18–23 км, виробіток

на середньооблікову автотонну – 900–1200 т і 15– 25 т.

ВИСНОВКИ. Ефективність перевезень сільськогосподарської продукції полягає у врахуванні специфічних особливостей процесу перевезень цих вантажів, що дає можливість здійснювати ефективне обслуговування сільськогосподарських підприємств. Оскільки ефективність визначається відношенням результату (ефекту) до витрат, що забезпечили його отримання, то особливо важливо оптимізувати технологічний процес перевезення сільськогосподарської продукції, як основний показник, що значно впливає на її кінцеву вартість. Також суттєво на ефективність здійснення таких перевезень впливає підбір рухомого складу, який повинен відповідати особливостям вантажу, який транспортується.

Список використаних джерел

1. 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.
2. Korol, S.O., Moroz, M., Korol, S.S., Yelistratov, V., Moroz, O. (2019) Development of a Moderator of the Pump Controlled Drive for the 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.
3. Markevych A., Moroz, M., Shramenko N. Development of technology of urban forwarding service of small consignment customers / Norwegian Journal of Development of the International Science / Випуск 58-1. – Global Science Center LP, 2021. – p. 54-58.
4. Korol S., Moroz, M., Korol K., Moroz O., Yelistratov V. and Zahorianskyi V. Device for Stabilizing the Electrical Power of a Diesel Generator in Transport / 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/PAEP49887.2020.9240910.
5. Markevich A., Moroz, M., Moroz O., Vasylykovskiy O. Results of Social-Transport Monitoring of Passenger Transportation Kremenchuk City / Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences, 2019, Col.2(33) 76-90.
6. 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. – p. 241.
7. Загорянський В.Г., Мороз М.М., Хорольський В.Л., Король С.О., Кузев І.О. Визначення оптимальної кількості автомобілів для збирання врожаю зернових на прикладі господарства Полтавської області / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. ХНТУСГ. – 2019. № 18. С. 6-16.
8. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Бойко Ю.О., Коноваленко О.Д. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник – Харків: Друкарня Мадрид, 2015.
9. Мороз М.М. Організація перевезення гірничої маси на ПАТ Кременчуцьке кар'єроуправління Кварц / Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Випуск 2. – КрНУ, 2014 С.171–180.
10. Moroz, M.M., 2015. Defining the term and the volume of investments on reduction to necessary structure of rolling stock of passenger public transport (Kremenchuk city case study) // Actual Problems of Economics, Vol. 166 (4), p235–243.
11. 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.
12. Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Zahorianskaya O., Moroz O. Management of the Logistics Component of the Grain Harvesting Process with Consideration of the Choice of Automobile Transport Technology Based on the Energetic Criterion / IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). – 2021. – P. 1-5.
13. 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.
14. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Чаплінський В.С. Впровадження інформаційних технологій в організацію міських перевезень / Вісник КДПУ. – 2008. – Випуск 1. – С. 48.
15. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, С. В. Лисенко [та ін.]. - Кропивницький : СПД ФО Лисенко В. Ф., 2021. - 503 с.
16. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.

ФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ ТРАНСПОРТНО-ВАНТАЖНИХ КОМПЛЕКСІВ МИТНИХ ВАНТАЖІВ

В.В. Марушак, *ст. зр. ТТ 19-1,*

І.О. Кузєв, *ст. викл.,*

Д. В. Молоштан, *ст. викл.*

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м Кременчук,
Україна*

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Якщо частина товарів надходить на розподільчий склад з-за кордону, він може включати митний склад або склад тимчасового зберігання – для розміщення вантажів на період їх митного оформлення. Транспортно-вантажні комплекси для митних вантажів створюються в пунктах перетину державного кордону України зовнішньоторгівельними вантажопотоками. Вони являють собою поєднання митних складів та митних органів, які контролюють відповідність вантажів встановленим правилам перетину державного кордону, виконують митне оформлення вантажів, визначають митну вартість вантажів і відповідно до неї нараховують податки, мита і збори за митне оформлення вантажів.

Мета роботи – розглянути основні питання організації митного складу, типи митних складів, технологічні вимоги до облаштування, обладнання та місця розташування митного складу, технологічні схеми роботи митного складу.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Митні склади поділяють на три типи: просто митні склади, вільні склади і склади тимчасового зберігання (СТЗ). На митні склади і вільні склади вантажі поміщаються для подальшого продажу, а на СТЗ – тільки на період їх митного оформлення. Митні склади оснащуються в основному так само, як і звичайні склади відповідних вантажів, але до них висувають більш суворі вимоги щодо збереження вантажів і транспортних засобів, що перебувають під митним контролем, такі як неприпустимість доступу сторонніх осіб і прийому-видачі вантажів без митного оформлення. Митні склади призначені для перетворення зовнішньоторговельних вантажопотоків: експортних перед відправкою вантажів за кордон і імпорتنих – для підготовки транспортних партій вантажів до транспортування в межах країни, продажу або використання споживачами [4]. Термін зберігання вантажів на митних складах може бути від одного року до трьох років. Власником митного складу може бути юридична особа (підприємство, організація, компанія), фізична особа або митний орган. Для того, щоб створити митний склад, власник повинен подати заяву за встановленою формою і отримати ліцензію від митного органу (якщо власником митного складу є митний орган, то цього не потрібно). Ліцензія видається терміном на три роки. За неї власник митного складу сплачує збір.

Митний склад може бути відкритого типу (якщо він призначений для переробки товарів різних підприємств) і закритого типу (якщо він призначений для переробки товарів певних підприємств). Побудова митного складу має забезпечувати збереження товарів і виключати можливість надходження товарів і видачі їх зі складу поза митним контролем. Територія складу повинна бути огорожена. Якщо митний склад включає лише частину будівлі, розташовані під'їзні шляхи і розвантажувальні майданчики, то решта будівлі повинна виключати можливість доступу сторонніх осіб до товарів, що перебувають під митним контролем. Митний склад повинен бути оснащений навантажувально-розвантажувальним і складським обладнанням, засобами транспорту, зв'язку та оргтехніки, меблями. Для співробітників митного органу повинні бути безкоштовно надані необхідні для митного контролю та митного оформлення обладнані приміщення, засоби зв'язку, транспортні засоби.

Митний склад може використовуватися тільки для товарів, поміщених під режим митного складу. На складі можуть розміщуватися будь-які товари за винятком тих, які заборонені до ввезення в Україну. Товари, що вимагають особливих умов зберігання, розміщуються в спеціально пристосованих приміщеннях. Товари поміщаються до митного складу в присутності або з відома працівників митного органу. При прийомі товарів на митний склад вони повинні пройти декларування, тобто на них повинна бути представлена вантажна митна декларація (ВМД) і прикладені всі необхідні правилами документи, зазначені вище. Вантажна митна декларація є основним документом, в якому митному органу повідомляються всі відомості про вантажі, які підлягають митному оформленню.

Пред'являти сертифікат на товари не вимагається, поки вони будуть зберігатися на складі. При приміщенні на митний склад вантажів рослинного і тваринного походження виконують їх фітосанітарний і ветеринарний контроль. За час зберігання на митному складі з товарами дозволяється виконувати такі операції для збереження їх якості та підготовки до транспортування та використання: чистка, провітрювання, сушка, охолодження, заморожування, підігрів, захисна упаковка, нанесення захисної фарби, мастила, консервантів, антикорозійного покриття, введення запобіжних присадок; дроблення і формування транспортних партій і відправок, сортування, упакування та перепакування, маркування, навантаження, вивантаження, перевантаження, доукомплектація, доведення до робочого стану; переміщення в межах складу з метою раціонального розміщення, установка на демонстраційні стенди, тестування. Операції з вантажами виконуються з дозволу митного органу.

Митні склади закритого типу утворюються для зберігання товарів, призначених для специфічної професійної діяльності власника складу, для зберігання власних товарів (в тому числі – якщо власник складу одночасно є перевізником) або товарів третіх осіб, заявлених при заснуванні митного складу.

Особливості митних складів полягають в основному в тому, що вони повинні бути ізольовані від інших складів, має бути забезпечене збереження вантажів і недоступність вантажів, транспортних засобів та самих складів для сторонніх осіб, а також передбачені спеціальні оснащені приміщення для працівників митниці. Митні склади та СТЗ можуть розміщуватися на митній території або поза нею.

Наприклад, такою митною територією може бути весь майданчик вантажного терміналу в морському порту (зокрема так оснащують контейнерні термінали в портах). Якщо ж митний склад знаходиться за межами митної території, він повинен мати всі ці пристрої окремо. Адміністративна будівля митного складу, в якому розміщуються і приміщення митного поста, можуть стояти окремо або бути заблокованими з будівлею митного складу.

За технологією і механізацією навантажувально-розвантажувальних і транспортно-складських робіт митні склади не відрізняються від звичайних складів. Однак в них повинні бути передбачені спеціальні ділянки для митного огляду (без розпакування) і митного огляду (з розпакуванням) вантажів. Крім цього, потрібно враховувати, що на митні склади вантажі можуть надходити і зберігатися великими транспортними партіями. Тому на митних складах більш доцільні блокові способи складування у в'їзних або пересувних стелажах, що обслуговуються електронавантажувачами або мостовими кранами-штабелерами. Висоту складування вантажів на СТЗ доцільно робити не більше 6...8 м (з огляду на порівняно невеликі терміни зберігання), а в митних складах – до 10...12 м і більше, в залежності від термінів зберігання вантажів і вартості земельної ділянки, на якій будується митний склад. При цьому склади оснащуються так само, як інші склади тарно-штучних, великовагових і контейнерних вантажів.

ВИСНОВКИ. Значення митного складу для підприємництва і зовнішньої торгівлі визначається, перш за все, тим, що товар, поміщений під цей режим, з одного боку, повністю потрапляє під дію загального митного і податкового регулювання, а з іншого боку, за допомогою спеціальних митних процедур надається можливість сплачувати митні мита або

піддаватися нетарифних заходів регулювання (квотування, ліцензування, спеціальні дозволи) тільки за фактом конкретної угоди. У практиці зовнішньої торгівлі в ряді випадків на момент імпорту товарів буває невідомо, яким чином розпорядяться ввезених товарів. Приміщення товару на митний склад полегшує здійснення зовнішньоторговельних операцій, оскільки дозволяє комерсанту вибрати між перевідправленням іноземного товару за кордон або збутом його на національному ринку, узгоджуючи свій вибір з кон'юнктурою відповідного товарного ринку та іншими факторами.

Список використаних джерел

1. Журавлев Н. П., Маликов О. Б. Транспортно-грузовые системы. Москва: Маршрут, 2006. 386с.
2. Логистические транспортно-грузовые системы / В. И. Апатцев и др.; под. ред. В.М. Николашина. Москва: Издательский центр «Академия», 2003. – 304с.
3. Мороз М.М. Підвищення ефективності технологічного процесу транспортного обслуговування м. Кременчук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 43. – С. 103–109.
4. 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.
5. Мороз М.М. Шляхи вдосконалення пасажирських перевезень транспортом загального користування // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». – Вип. 28. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С. 57–63.
6. 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.
7. Markevych A., Moroz, M., Shramenko N. Development of technology of urban forwarding service of small consignment customers / Norwegian Journal of Development of the International Science / Випуск 58-1. – Global Science Center LP, 2021. – p. 54-58.
8. Vasytkovska, K.V., Moroz, M., Vasytkovskyi, O.M., Sviren, M.O., Petrenko, D.I. Determining the parameters of the device for inertial removal of excess seed / INMATEH – Agricultural Engineering. – 2019, 57(1), p. 135-140.
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. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Хорольський В.Л., Король С.О., Кузев І.О. Визначення оптимальної кількості автомобілів для збирання врожаю зернових на прикладі господарства Полтавської області / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. ХНТУСГ. – 2019. № 18. С. 6-16.
11. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Бойко Ю.О., Коноваленко О.Д. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник – Харків: Друкарня Мадрид, 2015.
12. 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.
13. Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Zahorianskaya O., Moroz O. Management of the Logistics Component of the Grain Harvesting Process with Consideration of the Choice of Automobile Transport Technology Based on the Energetic Criterion / IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). – 2021. – P. 1-5.
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. 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.

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. 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.
19. 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.
20. 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.
21. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.

ВИКОРИСТАННЯ НА АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ СУПУТНИКОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НАВІГАЦІЇ ТА ЗВ'ЯЗКУ

А.В. Солонець, ст. гр. ТТ 19-1,

І.О. Кузєв, ст. викл.,

Мороз М.М., проф., д-р техн. наук

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук,
Україна*

Бешлеага Игорь, проф., д-р техн. наук

Государственный Аграрный Университет Молдовы, Молдова

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Ефективність рішень, що приймаються керівниками транспортних підприємств, багато в чому залежать від знання точного місцезнаходження транспортних засобів, їх технічного стану. Без систем глобального позиціонування рішення цієї задачі вкрай ускладнено, або ж і практично неможливо. Тому застосування GPS-технологій є незамінним в індустрії транспортних перевезень. Перевізникам система супутникової навігації надає інформацію про вантаж у будь-який момент часу на вимогу замовника. Крім того, існують системи, які дозволяють замовникам самостійно спостерігати за рухом вантажу через систему Internet. Це сприяє підвищенню довіри до фірми з боку клієнтів. Насьогодні недостатньо тільки визначати, де знаходиться об'єкт у даний момент часу чи бачити його місцезнаходження на електронній карті. Необхідно також знати, чи має він там перебувати в цей час? Автомобіль може відставати від графіка, випереджати його, відхилятися від маршруту. Такі дані необхідні диспетчеру, щоб мати можливість відкоригувати рух автомобіля або заздалегідь попередити замовника про затримку доставки вантажу. Таким чином, потрібна не лише система контролю, але й система обробки інформації.

Мета роботи – проаналізувати застосування систем зв'язку та навігації на автомобільному транспорті в якості складової логістичних та інформаційних систем транспортного обслуговування як фактору підвищення ефективності міжнародних перевезень.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Ефективне управління перевезеннями залежить від наявності систем зв'язку з автомобілями і контролю за їх рухом.

Знаючи місце знаходження і термін прибуття автомобіля, можна більш ефективно планувати перевезення і завантаження автомобіля. Можливе переключення автомобіля на більш вигідні замовлення. Скорочуються простой під завантаженням-розвантаженням, якщо диспетчер повідомить клієнта про точний час прибуття автомобіля. Для водія можна своєчасно замовити пором, технічний сервіс, номер у готелі.

Наявність систем зв'язку з водієм дозволяє контролювати рух вантажу. Це приваблює клієнтів, особливо при перевезенні цінних чи не безпечних вантажів. Крім того, постійний контроль рух транспортних засобів знижує ризик страховика, і можуть бути знижені страхові внески.

Використовуються такі основні типи засобів і систем зв'язку:

- радіозв'язок;
- ближній зв'язок у діапазоні 27 МГц;
- короткохвильовий (КХ);
- ульткороткохвильовий (УКХ);
- транкінговий;
- стільниковий мобільний зв'язок;

- супутниковий мобільний зв'язок.

Радіозв'язок у діапазоні 27 МГц широко застосовується водіями. Цей вид зв'язку найбільш дешевий і доступний. Автомобільні радіостанції працюють від 12 В, споживана потужність 4-12 Вт, вартість радіостанції 150-450 \$. Фірми, які торгують радіостанціями діапазону 27 МГц, повинні мати ліцензію. Радіостанції повинні бути зареєстровані. Але, наприклад, російські дозволи не визнаються за кордоном. Потрібні спеціальні міждержавні угоди.

Зв'язок в діапазоні 27 МГц зручний для спілкування водіїв між собою в колоні чи групі. Радіостанції мають від 40 до 400 частотних каналів. З їх допомогою можна зв'язуватися з правоохоронними органами. Данні зв'язку (у містах – 1-5 км, на відкритій місцевості – до 15 км) не може забезпечити зв'язок з диспетчером.

КХ – радіозв'язок через велику завантаженість має багато перешкод. Надійність зв'язку залежить від погоди і часу доби. Дальність зв'язку не перевищує 50 км. Потребується установка потужних передавачів. Інтенсивне радіовипромінювання шкодить здоров'ю людей.

Реєстрація КВ-передавачів потребує часу і грошових витрат. Орієнтовна вартість одної рухомої радіостанції 80 тис. €, а центральної станції – 140 тис. €.

УКХ-радіозв'язок потребує установки ретрансляторів через 20-50 км по всій лінії передачі відомостей. Висота вежі ретранслятора 60- 80 м. Установка коштує дуже дорого. Наприклад, примірна вартість оснащення траси Москва – Брест складає 0,5 млн. \$. Мобільний комплект радіостанції коштує приблизно 5 тис. \$. Для установки за кордоном потрібно узгодження на міждержавному рівні. При використанні УКХ-радіостанцій значно ускладнений одночасний зв'язок кількох абонентів. УКХ-радіозв'язок використовує технологію множинного доступу з частотним поділом FDMA.

Транкінговий зв'язок також використовує технологію FDMA. Термін «транк» передбачає наявність окремих каналів радіозв'язку, кожен з яких забезпечується парою частот – одна для прийому, друга – для передачі. Вибір каналу виконує автоматика, яка сканує частотні канали і обирає вільний, по якому і здійснюється зв'язок між абонентами. Переваги такого зв'язку: порівняно значна область обслуговування (з радіусом до 50 км), порівняно малі витрати на розгортання системи. Транкінговий зв'язок дещо дешевий, ніж стільниковий. До недоліків слід віднести недостатню якість зв'язку.

Стільниковий мобільний зв'язок забезпечує якісний та надійний мовний зв'язок. Система рухомого зв'язку працює за допомогою приймально- передавальних станцій у місті чи вздовж автомагістралі; кожна зі станцій відповідає за певний сектор території. Стільниковий зв'язок може виходити і на супутникові канали, але, незважаючи на це, має територіальні обмеження через необхідність у наземних ретрансляторах.

Супутниковий зв'язок – один із видів радіозв'язку що ґрунтується на використанні штучних супутників Землі в якості ретрансляторів. Супутниковий зв'язок здійснюється між наземними станціями, які можуть бути як стаціонарними, так і рухомими.

Супутниковий мобільний зв'язок дозволяє визначати координати місцезнаходження об'єкта. За координатами супутників і відстанями до них однозначно визначаються координати об'єкта на земній поверхні. Система дозволяє також визначити висоту над рівнем моря, напрямок та швидкість руху об'єкта.

Перевагами систем диспетчерського управління з використанням супутникового зв'язку над іншими засобами телекомунікації є:

- зменшення витрат на переговори по мобільному телефону між водієм та диспетчером для визначення місцезнаходження автомобіля;
- зниження вартості страхування автомобіля приблизно на 20%;
- можливість визначення місцезнаходження автомобіля в будь-який момент часу;
- відсутність зон «недосяжності об'єкта» (на відміну від мобільного зв'язку);
- можливість одержання інформації про стан автомобіля та вантажу в будь-який момент

часу.

Ринкові відносини вимагають, щоб використання транспортних засобів було раціональним і ефективним. Практика показує, що запровадження таких систем суттєво підвищує ефективність використання автопарку, адже з'являється прямий економічний ефект – за рахунок підвищення продуктивності праці та якості обслуговування.

Економічна ефективність впровадження таких систем включає в себе:

- скорочення експлуатаційних витрат за рахунок підвищення продуктивності праці при перевезенні вантажів;
- скорочення експлуатаційних витрат за рахунок економії паливно-мастильних матеріалів;
- зменшення збитків від ДТП за рахунок більш безпечного функціонування вантажного транспорту, включаючи:
- скорочення витрат на медичне обслуговування постраждалих;
- зменшення виплат страхових сум постраждалим;
- скорочення витрат на відновлення рухомого складу;
- зниження собівартості перевезень за рахунок:
- економії палива на 5 % завдяки скороченню часу рухомого складу на маршруті;

ВИСНОВКИ. Знання точного місцезнаходження транспортних засобів, їх технічного стану багато в чому визначає ефективність рішень, що приймаються керівниками транспортних підприємств. Без систем глобального позиціонування рішення цієї задачі вкрай ускладнено, або ж і практично неможливо. Тому застосування супутникових технологій навігації і зв'язку незамінним в індустрії транспортних перевезень. Таким образом, застосування супутникової навігації і зв'язку на автотранспорті значно поліпшує його комплексне обслуговування, просуваючи Україну у світове співтовариство цивілізованих перевізників.

Список використаних джерел

1. Беляєвський Л. С., Левковець П.Р., Топольськов Є. О., Сердюк А. А., Дегтярьова О.М. Глобальні супутникові системи навігації та зв'язку на транспорті. Київ: Видавництво «ДажБог», 2009. – 216с.
2. Moroz, M.M., 2015. Defining the term and the volume of investments on reduction to necessary structure of rolling stock of passenger public transport (Kremenchuk city case study) // Actual Problems of Economics, Vol. 166 (4), p235–243.
3. 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.
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. Мороз М.М. Підвищення ефективності технологічного процесу транспортного обслуговування м. Кременчук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 43. – С. 103–109.
6. Мороз Н.Н. Проблемы пассажирского транспорта общего пользования г. Кременчуг // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 44. – С. 103–108.
7. 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.
8. Мороз М.М. Шляхи вдосконалення пасажирських перевезень транспортом загального користування // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». – Вип. 28. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С. 57–63.
9. 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.
10. 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.

11. Markevych A., Moroz, M., Shramenko N. Development of technology of urban forwarding service of small consignment customers / *Norwegian Journal of Development of the International Science* / Випуск 58-1. – Global Science Center LP, 2021. – p. 54-58.
12. Vasytkovska, K.V., Vasytkovskyi, O.M., Sviren, M.O., Moroz, M., Petrenko, D.I. Determining the parameters of the device for inertial removal of excess seed / *INMATEH – Agricultural Engineering*. – 2019, 57(1), p. 135-140.
13. Markevich A., Moroz, M., 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.
14. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Король С.О., Хорольський В.Л., Кузев І.О. Моделювання складу групи вантажних автомобілів для оптимального обслуговування свиногокомплексу / Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of machine and equipment reliability. – p. 241.
15. Загорянський В.Г., Мороз М.М., Хорольський В.Л., Король С.О., Кузев І.О. Визначення оптимальної кількості автомобілів для збирання врожаю зернових на прикладі господарства Полтавської області / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. ХНТУСГ. – 2019. № 18. С. 6-16.
16. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Бойко Ю.О., Коноваленко О.Д. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник – Харків: Друкарня Мадрид, 2015.
17. Мороз М.М. Організація перевезення гірничої маси на ПАТ Кременчуцьке кар'єроуправління Кварц / Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Випуск 2. – КрНУ, 2014 С.171–180.
18. 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.
19. Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Zahorianskaya O., Moroz O. Management of the Logistics Component of the Grain Harvesting Process with Consideration of the Choice of Automobile Transport Technology Based on the Energetic Criterion / *IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. – 2021. – P. 1-5.
20. 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.
21. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / *Вісник КДПУ*. – Кременчук. – 2009.–Вип. 5. – С. 58-60.
22. 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.
23. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Чаплінський В.С. Впровадження інформаційних технологій в організацію міських перевезень / *Вісник КДПУ*. – 2008. – Випуск 1. – С. 48.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПРОДТОВАРІВ ЗА РАХУНОК ФОРМУВАННЯ МАРШРУТІВ В УМОВАХ СЕЗОННОГО ПОПИТУ НА ДОСТАВКУ

В.В. Андреев, ст. гр. ТТ 21-1м,

О.В. Мороз, доц., канд. екон. наук

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В даний час доставка вантажів здійснюється на 62% з використанням мережі Інтернет (розміщення заявок на перевезення в транспортних порталах), в 25% – з використанням відомчого транспорту та в 13% – перевезення особистим транспортом (використовуючи в якості перевізника власника вантажного транспортного засобу). Всі ці передумовивизначили необхідність в розробці віртуально-логістичної системи доставкитоварів народного споживання в умовах сезонного попиту на доставку вантажів.

На сучасному етапі одним з визначальних чинників конкурентоспроможності підприємства стає забезпечення ефективної системи обслуговування споживачів. Сьогодні підприємства, які конкурують виключно на підставі технічних характеристик товару, рано чи пізно виявляються в невідповідній для себе ситуації в порівнянні з фірмами, які зміцнюють свою ринкову позицію, підвищуючи якість обслуговування вантажовласників і перевізників.

З огляду на загальний стан проблематики, для побудови ефективної системи доставки товарів народного споживання необхідно, в першу чергу, звернути увагу на створення віртуальних перевезень, робота яких заснована на зборі інформації про параметри вантажопотоку в БД, моделі прогнозування, моделі розробки альтернативних віртуальних маршрутів. Модель прогнозування пропонується розробляти з використанням сучасного математичного апарату «нейронні мережі». Даний апарат дозволяє розробляти самоосвітні моделі з мінімальною помилкою прогнозу, які відрізняються від існуючих наочністю і простотою використання, а також можливістю враховувати різні імовірнісні фактори і невизначеність надходження інформації про параметри системи.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Первинний аналіз функціональних залежностей дозволяє стверджувати, що існують такі значення параметрів попиту на доставку ТНС в умовах сезонного попиту на доставку вантажів, при яких вибір найбільш ефективного варіанту обслуговування потоку заявок з трьох розглянутих альтернативних є неоднозначним, тобто існують області ефективного використання варіантів технологічного процесу обслуговування.

Так, при значеннях параметрів потоку $mQ = 0,3$ і $\mu T = 8$ год існують такі значення відношення ризику для випадкової величини інтервалу надходження заявок, при яких найбільш ефективною технологією обслуговування потоку заявок є запропонований алгоритм кільцювання заявок, при цьому також існує область значень відношення ризику, для яких найбільш ефективно використовувати змішаний варіант обслуговування.

Також при значеннях параметрів потоку $mQ = 0,3$ та $\lambda I = 0,5$ год⁻¹ існує інтервал значень математичного очікування для випадкової величини граничного часу очікування виконання заявок, для якого найбільш ефективним варіантом обслуговування є доставка вантажів по розвізним маршрутам, при цьому також існує інтервал значень зазначеного параметра попиту, для яких найбільш ефективним є змішаний варіант обслуговування потоку заявок.

Для значень параметрів потоку заявок $\mu T = 10$ год і $\lambda I = 0,2$ год⁻¹ існують такі значення медіани випадкової величини партії вантажу, при яких найбільш ефективним варіантом є використання запропонованої технології кільцювання заявок, крім того, можна виділити інтервал значень медіани партії вантажу, при яких найбільші значення рівня

обслуговування досягаються за рахунок обслуговування потоку заявок по змішаного варіанту; також можна виділити такий діапазон значень партії вантажу, для якого найбільш ефективним є варіант обслуговування з формуванням розвізних маршрутів доставки вантажів. З метою визначення областей найбільш ефективного використання розглянутих альтернативних варіантів обслуговування потоку заявок на доставку ТНС в умовах сезонного попиту на доставку вантажів оцінюються точки перетину відповідних кривих.

Таким чином, при $mQ = 0,3$ і $\mu T = 8$ год найбільш ефективним є варіант обслуговування з використанням запропонованої технології кільцювання заявок для значень відношення ризику інтервалу надходження заявок до $0,26 \text{ год}^{-1}$, а для значень відношення ризику $\lambda > 0,26 \text{ год}^{-1}$ найбільш ефективним є змішаний варіант обслуговування (рис.1).

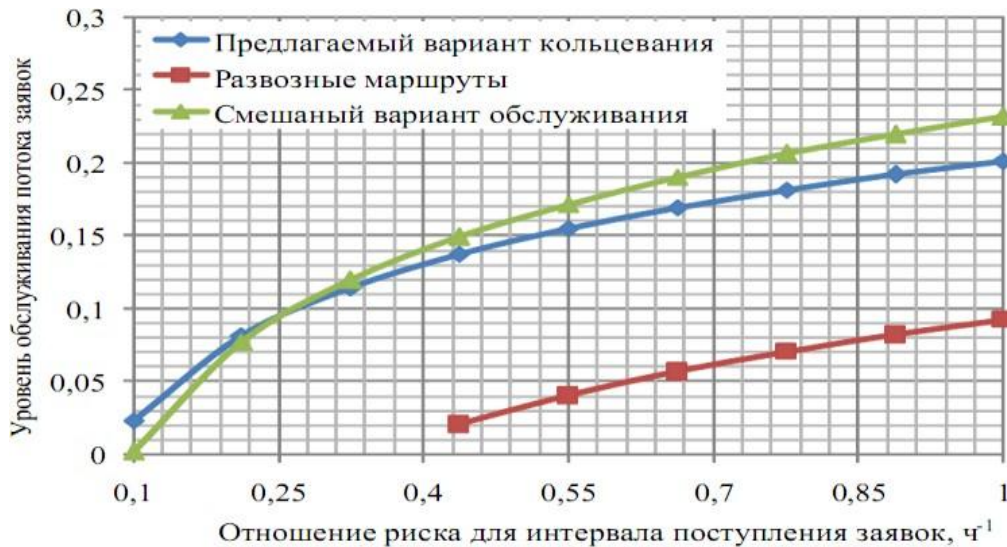


Рисунок 1 – Залежність рівня обслуговування потоку від відношення ризику для величини інтервалу надходження заявок

Для потоку заявок з параметрами $mQ = 0,3$ та $\lambda I = 0,5 \text{ год}^{-1}$ найбільш ефективним варіантом обслуговування є доставка ТНС по розвізних маршрутах для середнього значення граничного часу очікування до $14,55$ год, а для значень математичного очікування $\mu T > 14,55$ год найбільш ефективним варіантом є обслуговування по змішаного варіанту (рис.2).

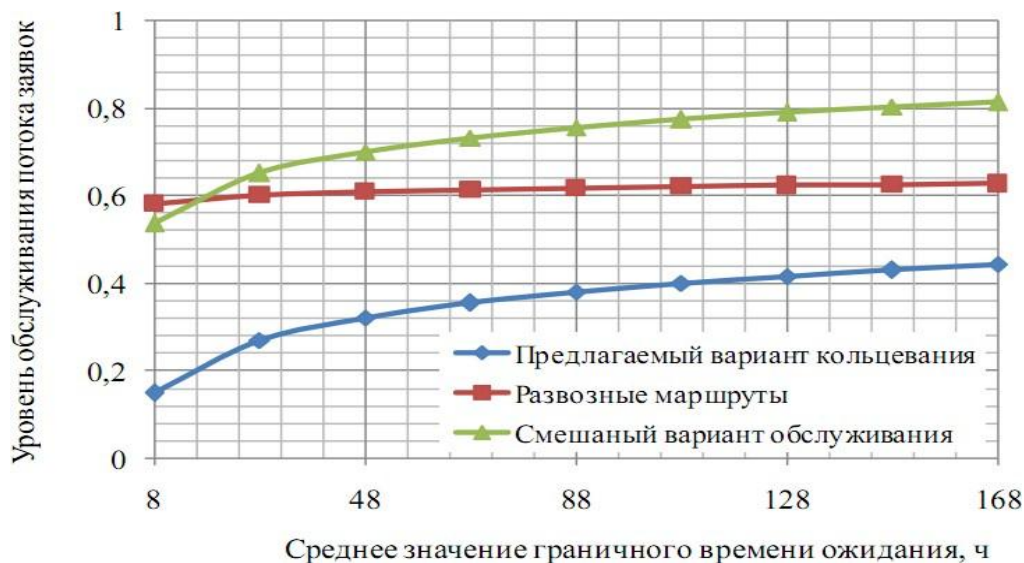


Рисунок 2 – Залежність рівня обслуговування потоку від середнього значення граничного часу очікування

Для потоку заявок з параметрами $\mu T = 10$ год і $\lambda I = 0,2 \text{ год}^{-1}$ при значеннях медіани

обсягу партії вантажу, менших 0,35 т, найбільш ефективним варіантом обслуговування потоку заявок на доставку ТНС є пропонувані варіант кільцювання; для інтервалу значень $0,35 \text{ т} \leq mQ < 2,32 \text{ т}$ найбільш ефективним є використання змішаного варіанту обслуговування; а для значень медіани партії вантажу, більше 2,32 т, найбільш ефективною є доставка по розвізних маршрутах (рис.3).

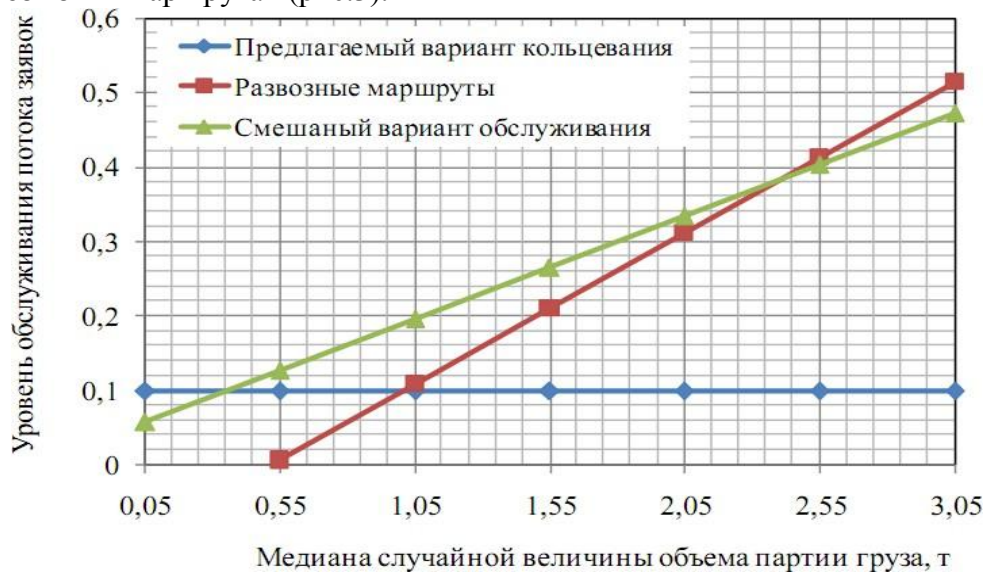


Рисунок 3 – Залежність рівня обслуговування потоку від медіани величини об'єму партії вантажу

ВИСНОВКИ. Для оцінки ефективності процесу формування маршрутів доставки ТНС доцільно використовувати технологічний показник, що відображає ефективність обслуговування потоку заявок. В якості такого показника в дослідженнях процесу формування маршрутів доставки пропонується використовувати рівень обслуговування – відношення кількості обслужених заявок до загальної кількості заявок, що надійшли. Запропонована методика формування віртуальних маршрутів доставки ТНС в умовах сезонного попиту на доставку вантажів дозволяє вирішити задачу максимізації критерію ефективності в наведеній постановці, який, на відміну від існуючих, дозволяє визначити траси маршрутів в поточному режимі для стохастичних параметрів попиту на доставку з урахуванням описаних обмежень і припущень.

Список використаних джерел

1. Дунаев О. Н. Проблемы управления транспортом в регионе в условиях перехода к рынку Государственная академия управления им. С. Орджоникидзе. - 1991. - 219 с.
2. Тимашова Л. А., Рамазанов С. К., Бондар Л. А., Лещенко В. А. Организация виртуальных предприятий. Луганск: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2004. 368 с.
3. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки. К.: Вища школа, 1986. – 447 с.
4. 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.
5. 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.
6. Мороз М.М. Удосконалення транспортної системи пасажирських перевезень м. Кременчук // Збірник наукових праць (галузево машинобудування, будівництво).– Вип. 2 (41). – Полтава: ПолтНТУ, 2014. – С. 156–164.
7. Мороз М.М. Підвищення ефективності технологічного процесу транспортного обслуговування м. Кременчук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 43. – С. 103–109.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
 11. 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.
 12. Markevych A., Moroz, M., Shramenko N. Development of technology of urban forwarding service of small consignment customers / Norwegian Journal of Development of the International Science / Випуск 58-1. – Global Science Center LP, 2021. – p. 54-58.
 13. Markevich A., Moroz, M., 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.
 14. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Король С.О., Хорольський В.Л., Кузев І.О. Моделювання складу групи вантажних автомобілів для оптимального обслуговування свиногокомплексу / Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of machine and equipment reliability. – p. 241.
 15. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Хорольський В.Л., Король С.О., Кузев І.О. Визначення оптимальної кількості автомобілів для збирання врожаю зернових на прикладі господарства Полтавської області / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. ХНТУСГ. – 2019. № 18. С. 6-16.
 16. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Бойко Ю.О., Коноваленко О.Д. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник – Харків: Друкарня Мадрид, 2015.
 17. Мороз М.М. Організація перевезення гірничої маси на ПАТ Кременчуцьке кар'єроуправління Кварц / Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Випуск 2. – КрНУ, 2014 С.171–180.
 18. 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.
 19. Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Zahorianskaya O., Moroz O. Management of the Logistics Component of the Grain Harvesting Process with Consideration of the Choice of Automobile Transport Technology Based on the Energetic Criterion / IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). – 2021. – P. 1-5.
 20. 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.
 21. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / Вісник КДПУ.– Кременчук. – 2009.–Вип. 5. – С. 58-60.
 22. 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.
 23. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Чаплінський В.С. Впровадження інформаційних технологій в організацію міських перевезень / Вісник КДПУ. – 2008. – Випуск 1. – С. 48.
 24. 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.
 25. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, С. В. Лисенко [та ін.]. - Кропивницький : СПД ФО Лисенко В. Ф., 2021. - 503 с.
 26. 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.
 27. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ ЗА РАХУНОК СТВОРЕННЯ ОБ'ЄДНАНИХ ПІДПРИЄМСТВ

В.В. Лаврик, *ст. гр. ТТ 21-1м,*
І.О. Кузєв, *старший викладач,*
М.М. Мороз, *проф., д-р техн. наук*

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук,
Україна*

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В умовах ринкових відносин, надійна та ефективна робота міського пасажирського транспорту (МПТ) загального користування є одним з найважливіших показників соціально-політичної та економічної стабільності держави. МПТ загального користування забезпечує основну частину поїздок населення, безпосередньо впливаючи на ефективність функціонування системи міського господарства, підприємств, організацій та всіх галузей економіки країни. Задача визначення раціональної кількості транспортних засобів, у складі ОТП, полягає в розрахунку їх потрібної кількості для роботи на кожному з маршрутів, що знаходяться в зоні обслуговування. В Кременчуці функціонують 20 автобусних маршрутів, які обслуговують 9 приватних перевізників. Пропонується створити об'єднане транспортне підприємство на базі ТОВ «АТП-15307».

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Відповідно до методики визначення раціональної кількості ТЗ у складі ОТП, першочерговим завданням виступає розділення зони обслуговування ОТП на транспортні мікрорайони. Розбиваємо місто на 14 умовних мікрорайони. Транспортний мікрорайон – це певний об'єкт маршрутної мережі з просторовим відношенням, що служить для управління даними, а також, для аналізу пішохідної доступності. Визначаємо Щільність транспортної мережі, середню пішохідну доступність в кілометрах та середню пішохідну доступність в хвилинах. Пішохідна доступність транспортних мікрорайонів нормується містобудівними нормативами і не повинна перевищувати 10 хвилин від його центру. В нашому випадку тільки 2 мікрорайони – 2-й Занасип та Лашки виходять за межі 10 хвилин але відхилення незначне. Тому розбивку на мікрорайони можна вважати вірною. З метою встановлення середнього значення частки, яку займає маршрут при обслуговуванні зупиночних пунктів проведено обстеження їх пасажирообміну в зоні обслуговування ОТП. Використовуючи отримані дані, можливо визначити середнє значення частки, яку займає маршрут при обслуговуванні зупиночних пунктів в зоні дії ОТП.

Перш ніж визначити потрібну кількість ТЗ для роботи на маршруті потрібно розрахувати динамічний коефіцієнт наповнення салону та коефіцієнт змінюваності пасажирів. Результати розрахунку зведено в таблицю, звідки видно, що для задоволення потреб населення необхідно 235 одиниць транспорту.

Оцінка ефективності полягає у розрахунку економічних та результативних показників, котрі визначають вплив зміни організації перевезень на комплексний критерій ефективності.

Таблиця 1 – Результати розрахунку потрібної кількості ТЗ для роботи на маршрутах в межах зони обслуговування ОТП

Номер маршруту	Динамічний коефіцієнт наповнення салону ТЗ	Кількість пасажирів, що оберуть маршрут	Коефіцієнт змінюваності пасажирів на маршруті	Потрібна кількість ТЗ для роботи на маршруті
1	0,9	75	1,875	2
2	0,85	184	4,6	12
2В	0,8	181	4,525	10
3А	0,94	106	2,65	14
3Б	0,95	180	4,5	20
4	0,79	118	2,95	3
9	0,88	181	4,525	12
10	0,91	48	1,2	2
11	0,86	212	5,3	20
12	0,95	80	2	2
13	0,77	77	1,925	3
14	0,91	22	0,55	1
15	0,84	291	7,275	19
15Б	0,93	233	5,825	17
16	0,95	175	4,375	9
16Б	0,75	161	4,025	9
17	0,82	238	5,95	20
18	0,79	233	5,825	17
25	0,91	188	4,7	8
28	0,9	214	5,35	20
30	0,87	255	6,375	15
Всього				235

Отже, для комплексного критерію ефективності функціонування ОТП, K_k визначено складові показники, за допомогою яких його можна представити таким чином:

$$K_{ком} = K_{мун} \beta_{мун} + K_{пер} \beta_{пер} + K_{нас} \beta_{нас} \quad (1)$$

де $\beta_{мун}$, $\beta_{пер}$, $\beta_{нас}$ – вагові коефіцієнти компонентів критеріїв ефективності.

ВИСНОВКИ. Запропоновані теоретичні основи удосконалення функціонування пасажирського транспорту загального користування в містах полягають в наданні кількісних та ймовірнісних оцінок методикам визначення раціонального парку рухомого складу, єдиного розкладу руху та тарифу, які ґрунтуються на вподобаннях пасажирів при виборі способу та маршруту переміщення. Запропонований підхід враховує особливості функціонування вітчизняних ОТП в містах та дозволяє отримувати адекватні дані показників ефективності учасників перевізного процесу. Запропонований підхід до удосконалення функціонування пасажирського транспорту загального користування в містах за рахунок створення ОТП у м. Кременчуці дозволив підвищити комплексний критерій ефективності на 9,9% у порівнянні з існуючим варіантом. При цьому, протягом досліджуваного періоду, спостерігалось підвищення критерію ефективності з точки зору пасажирів, при функціонуванні ОТП, на 15%, критерію ефективності з точки зору перевізника на 6%, критерію ефективності з точки зору муніципалітету на 10%.

Список використаних джерел

1. Мороз Н.Н. Проблемы пассажирского транспорта общего пользования г. Кременчуг // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 44. – С. 103–108.
2. Вукич В. Транспорт в городах, удобных для жизни. Москва: Территория будущего, 2011. – 403 с.
3. Самойлов Д.С. Научные основы организации пассажирского транспорта в городах. Москва, 1972. 295 с.
4. Горбачев П.Ф., Дмитриев И.А.. Основы теории транспортных систем / Харьков: ХНАДУ, 2002. 202 с.
5. Moroz, M. M., Khorolskyi, V. L., Moroz, O. V., Vasytkovska, K. V., Herasymchuk V. V. 2018. 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). - 7(4), p. 206-210.
6. 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.
7. Moroz, M.M., 2015. Defining the term and the volume of investments on reduction to necessary structure of rolling stock of passenger public transport (Kremenchuk city case study) // Actual Problems of Economics, Vol. 166 (4), p235–243.
8. 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.
9. Мороз М.М., Левковець П.Р., Мороз О.В. Удосконалення перевезень пасажирів м. Кременчук // Управління проектами, системний аналіз і логістика: науковий журнал. – Вип. 7. – К.: НТУ, 2010. – С. 304–308.
10. 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.
11. Мороз М.М. Підвищення ефективності технологічного процесу транспортного обслуговування м. Кременчук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 43. – С. 103–109.
12. Мороз М.М. Шляхи вдосконалення пасажирських перевезень транспортом загального користування // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». – Вип. 28. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С. 57–63.
13. 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.
14. 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.
15. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Бойко Ю.О., Коноваленко О.Д. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник – Харків: Друкарня Мадрид, 2015.
16. 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.
17. Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Zahorianskaya O., Moroz O. Management of the Logistics Component of the Grain Harvesting Process with Consideration of the Choice of Automobile Transport Technology Based on the Energetic Criterion / IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). – 2021. – P. 1-5.
18. 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.
19. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / Вісник КДПУ.– Кременчук. – 2009.–Вип. 5. – С. 58-60.
20. 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.
21. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Чаплінський В.С. Впровадження інформаційних технологій в організацію міських перевезень / Вісник КДПУ. – 2008. – Випуск 1. – С. 48.
22. 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.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОСТАЧАНЬ ВАНТАЖІВ ШЛЯХОМ ФОРМУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ РОЗПОДІЛЬЧОЇ СИСТЕМИ

Є. Бардаков, *ст. гр. ТТ 21-1м,*

О.В. Мороз, *доц., канд. екон. наук,*

Т.В. Гайкова, *доц., канд. техн. наук*

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук,
Україна*

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В результаті проведеного аналізу існуючих науково-методологічних підходів опису процесів в розподільчих системах та ланцюгах постачань товарів показано, що підвищення ефективності процесу доставки продукції у розподільчій системі можливо досягти за рахунок комплексного вирішення задач формування структури системи постачань, раціонального управління поставками і вибору технології автомобільних перевезень. Обрано модель мінімізації сумарних витрат на доставку продукції для моноцентричної розподільчої системи різних ієрархічних рівнів із орендованою інфраструктурою, що дозволяє адекватно представити розподільчу систему як комплекс взаємопов'язаних між собою топологічної структури, технологій перевезень та методів управління поставками з урахуванням впливу зовнішніх факторів у вигляді тривалості технологічних транспортних операцій та імобілізації коштів. В рамках цієї моделі запропоновано метод обслуговування групи складів при повноавтомобільних відправленнях на основі об'єднаного страхового запасу та оперативного його управління. Для дворівневої розподільчої системи встановлені залежності для визначення оптимальної кількості розподільчих центрів та обсягу партії постачань.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Існують наступні структурно-технологічні схеми розподільчих систем постачань 1) моноцентрична радіальна; 2) моноцентрична радіальна із транспортними зв'язками одного рівня; 3) моноцентрична радіальна із транспортними зв'язками різних рівнів; 4) багаточентрична радіальна. В цілому структура розподільчої системи визначається метриками: шириною та довжиною. Ширину визначають кількість ланцюгів, а довжину – кількість ланок або рівнів, що проходить товар, перш ніж дійде до кінцевого споживача. Загальна структура фізичної моделі складається із наступних елементів: виробник продукції, розподільчі центри різних рівнів, де накопичують та формують партії відправлень вантажів нанижчі рівні, реалізатори продукції (споживачі).

Для оцінки ефективності процесу формування маршрутів доставки ТНС доцільно використовувати технологічний показник, що відображає ефективність обслуговування потоку заявок. В якості такого показника в дослідженнях процесу формування маршрутів доставки пропонується використовувати рівень обслуговування – відношення кількості обслужених заявок до загальної кількості заявок, що надійшли. Запропонована методика формування віртуальних маршрутів доставки ТНС в умовах сезонного попиту на доставку вантажів дозволяє вирішити задачу максимізації критерію ефективності в наведеній постановці, який, на відміну від існуючих, дозволяє визначати траси маршрутів в поточному режимі для стохастичних параметрів попиту на доставку з урахуванням описаних обмежень і припущень. Одним із важливих аспектів розбудови розподільчої системи є встановлення кількості її рівнів. Для цього розглянемо наступну задачу. Нехай у регіон площею S з-за кордону постачають продукцію з інтервалом часу T . Інтенсивність споживання товару становить λ з одиниці площі S . В регіоні діє ієрархічна система з N складів, які забезпечують потреби споживачів. Всі склади одного ієрархічного рівня обслуговують однакову площу (район) та апроксимуються колами. Визначимо умову доцільності впровадження дворівневої розподільчої системи. Дворівнева система відрізняється від однорівневої тільки витратами на перевантаження вантажу та перевезення у

межах регіону.

Перехід з однорівневої розподільчої системи на дворівневу визначається вартістю вантажних робіт, параметром складової вартості від вантажопідйомності автотранспортного засобу, величиною території, масою поставки одному споживачу та їх кількістю. При регіональних перевезеннях за умови $qp = gN$ та з урахуванням вантажопідйомності автомобілів, що знаходяться у експлуатації був одержаний графік, що дозволяє за основними параметрами розподільчої системи діагностувати можливість збільшення її ієрархічних рівнів (рис.1).

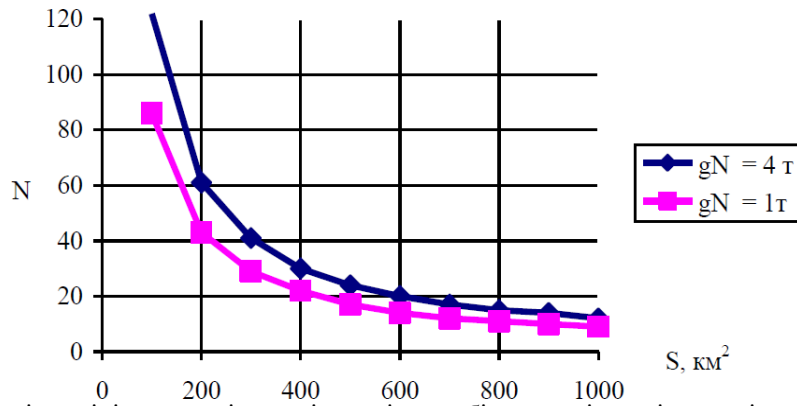


Рисунок 1 – Залежність мінімальної кількості складів для збільшення ієрархічного рівня системи від площі регіону та партії постачання

З рисунка видно, що із зменшенням партії постачання мінімальний поріг у кількості складів для однієї площі зменшується. В цілому із збільшенням території та зменшенням величини постачання товару доцільність підвищення рівня розподільчої системи зростає.

На основі вихідних даних розрахунку однорівневої розподільчої системи, був виконаний розрахунок дворівневої розподільчої системи з одним розподільчим складом. Співставлення результатів розрахунку свідчить на користь дворівневої системи. Необхідно зазначити, що подвійне збільшення витрат на вантажні операції та додаткові витрати на оренду та експлуатаційні витрати були з надлишком компенсовані за рахунок зменшення обсягів страхового запасу без зменшення надійності обслуговування клієнтів, а також зменшення вартості регіональних перевезень за рахунок різниці у тарифних ставках міжнародних і національних перевезень. В результаті виконаних розрахунків були визначені залежності між елементами дворівневої розподільчої системи постачань товарів. Вони вказують на те, що при формуванні міжнародної розподільчої системи із автомобільним забезпеченням постачань товарів основними формуючими факторами є відстань перевезень, площа обслуговування, що охоплена системою, вантажопідйомність автомобіля та обсяг перевезень.

ВИСНОВКИ. За результатами проведених досліджень для дворівневої розподільчої системи визначено оптимальну кількість розподільчих центрів та обсяг партії постачань, що забезпечують мінімальні витрати в системі.

Аналіз розрахунків свідчить про лінійний характер впливу на загальні витрати таких структурно-технологічних параметрів дворівневої розподільчої системи, як кількість складів, площі обслуговування, страхового запасу та коефіцієнту іммобілізації товару. Так, зокрема, збільшення кількості складів у системі у 1,5 рази призведе до збільшення витрат на 1,08 %, а розширення площі обслуговування у 1,5 рази – лише 0,3 %. Підвищення вартості товару на 50 % викликає зростання витрат на 0,8 %.

Список використаних джерел

1. Мороз М. М. Шляхи вдосконалення пасажирських перевезень транспортом загального користування // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». – Вип. 28. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С. 57–63.
2. 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.
3. Захаров К. В., Цыганок А. В., Бочарников В. П., Захаров А. К. Логистика эффективность и риски. Киев: ИНЭКС, 2001. 237 с.
 4. Миротин Л. Б. Интегрированная логистика накопительно- распределительных комплексов. Москва: Из-во «Экзамен», 2003. 448 с.
 5. Кальченко А. Г., Кривенко В. В. Логістика : навч. посіб. Київ: КНЕУ, 2006. 472 с.
 6. Линдерс М. Р., Харольд Е. Ф. Управление снабжением запасами. Санкт-Петербург: 1999. 768 с.
 7. Moroz, M. M., Khorolskyi, V. L., Moroz, O. V., Vasytkovska, K. V., Herasymchuk V. V. 2018. Organization and provision of buses operation on the routetaking into account the expenditures of participants of the transportation process. - International Journal of Engineering and Technology(UAE). - 7(4), p. 206-210.
 8. 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.
 9. Мороз М.М. Підвищення ефективності технологічного процесу транспортного обслуговування м. Кременчук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 43. – С. 103–109.
 10. 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) Сєвєродонецьк 2018 – С.100-105.
 11. 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.
 12. Markevych A., Moroz, M., Shramenko N. Development of technology of urban forwarding service of small consignment customers / Norwegian Journal of Development of the International Science / Випуск 58-1. – Global Science Center LP, 2021. – p. 54-58.
 13. Vasytkovska, K.V., Vasytkovskyi, O.M., Sviren, M.O., Moroz, M., Petrenko, D.I. Determining the parameters of the device for inertial removal of excess seed / INMATEH – Agricultural Engineering. – 2019, 57(1), p. 135-140.
 14. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Король С.О., Хорольський В.Л., Кузєв І.О. Моделювання складу групи вантажних автомобілів для оптимального обслуговування свиногокомплексу / Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of machine and equipment reliability. – p. 241.
 15. Загорянський В.Г., Мороз М.М., Хорольський В.Л., Король С.О., Кузєв І.О. Визначення оптимальної кількості автомобілів для збирання врожаю зернових на прикладі господарства Полтавської області / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. ХНТУСГ. – 2019. № 18. С. 6-16.
 16. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Бойко Ю.О., Коноваленко О.Д. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник – Харків: Друкарня Мадрид, 2015.
 17. Мороз М.М. Організація перевезення гірничої маси на ПАТ Кременчуцьке кар'єроуправління Кварц / Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Випуск 2. – КрНУ, 2014 С.171–180.
 18. 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.
 19. Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Zahorianskaya O., Moroz O. Management of the Logistics Component of the Grain Harvesting Process with Consideration of the Choice of Automobile Transport Technology Based on the Energetic Criterion / IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). – 2021. – P. 1-5.
 20. 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.
 21. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / Вісник КДПУ.– Кременчук. – 2009.–Вип. 5. – С. 58-60.
 22. 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.
 23. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Чаплінський В.С. Впровадження інформаційних технологій в організацію міських перевезень / Вісник КДПУ. – 2008. – Випуск 1. – С. 48.
 24. Мороз М., Норцов О., Кальченко 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.
 25. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, С. В. Лисенко [та ін.]. - Кропивницький : СПД ФО Лисенко В. Ф., 2021. - 503 с.

УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАНЬ НА ЕТАПІ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА І ЗБУТУ

Д. Самойлов, *ст. гр. ТТ 21-1м,*
Т.В. Гайкова, *доц., канд. техн. наук*
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук,
Україна

Процес управління ланцюгами поставок (Supply Chain Management, SCM) забезпечує рух сировини, компонентів і готової продукції підприємства для зв'язку між собою систем закупівель, виробництва та продажів. Фактично система SCM – це кровоносна система будь-якої компанії. Її успішність оцінюється за трьома критеріями: працездатність (забезпечення роботи без зривів), скорочення витрат і скорочення часу оборотності одиниці продукції всередині системи.

Зв'язуючи між собою виробництво і збут, система управління ланцюгами поставок повинна гнучко підлаштовуватися під стратегію компанії та адаптуватися до існуючої економічної моделі. Прикладів тому чимало: індустріалізація кінця XIX століття сприяла кардинального збільшення розмірів торговельних суден і появи цілої галузі залізничних вантажних перевезень. Глобалізація і масове споживання другої половини XX століття породили контейнеризацію. Вертикально-інтегровані компанії кінця XX століття створили комплексні системи управління ланцюгами поставок, що на основі прогнозів і планів регулюють всі матеріальні та інформаційні потоки всередині величезних холдингів.

Цифрова трансформація – це перехід підприємства до моделі, що передбачає цифровізацію і інтеграцію процесів в рамках всієї компанії: починаючи від розробки продуктів і закінчуючи виробництвом, закупками, збутом (продажем), логістикою і обслуговуванням. При цьому переважно формування особливого підходу до виконання завдань, коли над проектом працює не окремий структурний підрозділ компанії, а кожен раз відбувається формування команди з фахівців різних підрозділів, тобто виникнення, так званої, «плоскої» управлінської структури. Іншими словами, цифрова трансформація – це не стільки технологічний процес, скільки процес зміни мислення і культури в компанії.

Чому вже не можна управляти ланцюгами поставок по-старому? Як було зазначено вище, успішність системи SCM оцінюється за трьома критеріями: працездатність, скорочення витрат і скорочення часу оборотності одиниці продукції. На основі аналізу провідних компаній з логістичних послуг показує, що сильний ефект поліпшення цих показників досягається перебудовою логістичної мережі підприємства. Потрібен глибокий аналіз для визначення основних напрямків: місць виробництва, кількості виробничих потужностей, платформ і складів, що визначають фізичні потоки між різними учасниками в ланцюзі постачань і впливають на оптимальний розподіл готової продукції в потрібних стоках для подальшої доставки споживачеві. Фактично, це робота, яку необхідно зробити до планування і виконання операцій, і оновлювати з певною періодичністю.

Всі характеристики ланцюгів поставок моделюються і прораховуються (витрати на транспорт або виробництво, виробничі, операційні або складські обмеження). На основі симуляцій розробляється модель оптимізованої логістичної мережі, включаючи економічне обґрунтування цієї моделі і її детальний огляд (потоки між виробничими точками, виробничі потужності підприємств). Створюється ряд симуляцій, наприклад, підприємство може відвантажувати на 10% більше товару на добу і як це вплине на інші частини ланцюга.

Після проведеного редизайну система управління ланцюгами поставок починає ефективніше планувати і виконувати операції – як добре налагоджений інструмент. Можна сперечатися про те, яку вигоду приносить правильно проведена перебудова логістичної

мережі. Все залежить від того, на якому рівні знаходиться управління ланцюгах поставок підприємства. Відомі приклади скорочення логістичних бюджетів до 50%, хоча в середньому можна говорити про 5-10% оптимізації бюджету коректно працюючого підрозділу SCM.

З плином часу в компанії відбуваються зміни, які пов'язані з запуском нової продукції, зміною її характеристик, ринків збуту, кон'юнктури на сировинних ринках. Логістична мережа розбудовується і починає менш ефективно планувати і виконувати операції. Однак система все ж працює. І люди, що знаходяться всередині неї, не реагують на макротренди з належною увагою і швидкістю, вирішуючи нагальні транспортні завдання.

В цьому і криється секрет. Потенційні втрати або недоотримана оптимізація від застарілого або неоптимального дизайну логістичної мережі в багато разів перевищує будь-які тимчасові вигоди від «успішно проведеного перевезення».

В епоху цифрової трансформації змінюються правила гри, що роблять ситуацію більш напруженою. Щоб бути конкурентоспроможними, компанії будуть переходити на унікальну продукцію, яка виготовлюється спеціально під конкретного клієнта (концепція Batch Size One): як в області товарів народного споживання, так і в галузях важкого машинобудування і поставок сировини. Клієнт має можливість замовляти товар або послугу в будь-який час, в будь-якому місці, будь-яким способом (офлайн або онлайн). Самі товари перестають представляти цінність самі по собі, які замінюються комплексними послугами, що базуються на цих товарах.

За версією Deloitte, відповідаючи на постійно мінливі умови, класичні ланцюга поставок будуть перетворюватися в цифрові «мережі постачань» матричного типу, в яких кожна ланка в кожен момент часу впливає на всю мережу в цілому і змінює її.

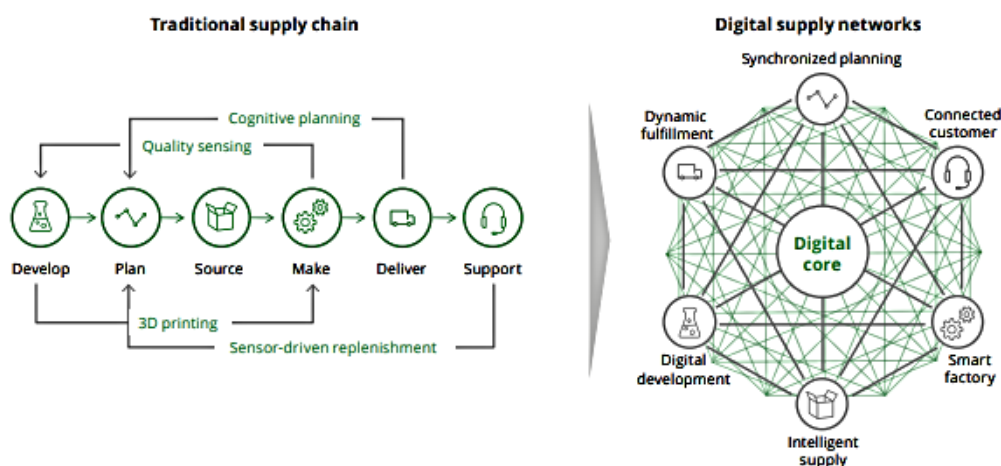


Рисунок 1 – Трансформація класичного ланцюга поставок в цифрову «мережу постачань» за версією Deloitte

Настає ера гібридного управління ланцюгами поставок. Таким чином, природним рішенням для бізнесу, що здійснює трансформацію, буде скорочення періоду потреби в переналадженні логістичних ланцюгів. Цю модель називають «супермережевою логістикою» (Supergrid Logistics). Дане управління може здійснюватися командою з 5-6 фахівців, ґрунтуючись на новітніх знаннях і технологіях. Компанії повинні будуть акумулювати в собі три головні компетенції: аналітика та управління даними; логістична експертиза; взаємодія із замовником і глибоке розуміння його постійно мінливих потреб.

Трансформація управління ланцюгами поставок – невід’ємна частина процесу цифрової трансформації всієї світової економіки. Структурні зміни логістичної галузі, які пов’язані не стільки з технічними способами виконання замовлень, скільки з трансформацією процесу прийняття рішень і швидкістю адаптації системи до різноманітних змін загальної стратегії компанії та зовнішнього середовища.

Список використаних джерел

1. Digital Technology. – Режим доступу: <http://technologyin.org/digital-technology>.

2. Скіцько В.І. Цифрові технології сучасної логістики та управлінням ланцюгами постачання. Маркетинг і цифрові технології. 2018, том 2, № 3, С.48-63.
3. 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.
4. Moroz, M.M., 2015. Defining the term and the volume of investments on reduction to necessary structure of rolling stock of passenger public transport (Kremenchuk city case study) // *Actual Problems of Economics*, Vol. 166 (4), p235–243.
5. Мороз М.М., Левковець П.Р., Мороз О.В. Удосконалення перевезень пасажирів м. Кременчук // *Управління проектами, системний аналіз і логістика: науковий журнал*. – Вип. 7. – К.: НТУ, 2010. – С. 304–308.
6. Мороз М.М. Підвищення ефективності технологічного процесу транспортного обслуговування м. Кременчук // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 43. – С. 103–109.
7. 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.
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. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Король С.О., Хорольський В.Л., Кузев І.О. Моделювання складу групи вантажних автомобілів для оптимального обслуговування свинокомплексу / Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of machine and equipment reliability. – р. 241.
10. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Хорольський В.Л., Король С.О., Кузев І.О. Визначення оптимальної кількості автомобілів для збирання врожаю зернових на прикладі господарства Полтавської області / *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. ХНТУСГ*. – 2019. № 18. С. 6-16.
11. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Бойко Ю.О., Коноваленко О.Д. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник – Харків: Друкарня Мадрид, 2015.
12. Мороз М.М. Організація перевезення гірничої маси на ПАТ Кременчуцьке кар'єроуправління Кварц / *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*. – Випуск 2. – КрНУ, 2014 С.171–180.
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. Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Zahorianskaya O., Moroz O. Management of the Logistics Component of the Grain Harvesting Process with Consideration of the Choice of Automobile Transport Technology Based on the Energetic Criterion / *IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. – 2021. – P. 1-5.
15. 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.
16. Мороз М.М., Чапенко О.С. Визначення структури рухомого складу для пасажирських перевезень м. Кременчука / *Вісник КДПУ*. – Кременчук. – 2009.–Вип. 5. – С. 58-60.
17. 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.
18. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Чаплінський В.С. Впровадження інформаційних технологій в організацію міських перевезень / *Вісник КДПУ*. – 2008. – Випуск 1. – С. 48.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОВАНТАЖІВОК НА КОНТАКТНИХ ЛІНІЯХ ПРИ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ

А. Леонтович, *ст. гр. ТТ 18-1,*
Т.В. Гайкова, *доц., канд. техн. наук*
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук,
Україна

У сучасних умовах оптимальна транспортна система, яка дозволяє здійснювати перевезення з мінімальною собівартості, набуває вирішального значення.

Однією з них є система перевезень, на основі гібридного транспорту «тролейбусних» вантажівок, яка здійснюватиме перевезення контейнерів та тарно-штучних вантажів на території України. Тема на сьогоднішній день являється досить актуальною, оскільки передбачає створення інфраструктури контактних ліній та виробництво гібридних машин, що зможуть за наявності дротів над асфальтом переходити на електричну тягу. Але для того, щоб проект набув інвестиційної привабливості, був схвалений в експертному середовищі та державних органах, потрібно довести ефективність та надійність обраного способу тяги.

Отримані результати проведених досліджень базуються на досвіді інших країн за основними критеріями часу доставки вантажів на території України з використанням теорії ймовірностей та математичної статистики.

Провідні європейські виробники вантажних автомобілів зобов'язалися з 2040 року припинити виробляти дизельні вантажівки. Йдеться про такі компанії як Scania, Daimler Truck, Volvo Group, CNH Industrial, MAN Truck & Bus, DAF Trucks і Ford Trucks. Всі вони домовилися сформувані комплексні заходи щодо переходу з дизельних вантажівок на вантажівки з нульовим рівнем викидів.

Як показують роботи, що були проведені у Великій Британії щодо прокладки повітряної електричної лінії для електровантажівок у рамках серії досліджень з використання вантажівок шведської марки Scania, обладнаних пантографами (струмоприймачами з підйомним механізмом) Siemens, аналогічними тим, що використовуються у поїздах та трамваях, мали великий успіх. До кінця 2030-х років подібні траси з'являться на всій території країни. На їх будівництво планують витратити 19 млрд фунтів стерлінгів (22,5 млрд. євро). За розрахунками, за рахунок плати за електрику ці витрати окупляться вже через 15 років. Також вантажівки використовуватимуть меншу батарею, заряду якої повинно вистачати для подолання першого та останнього ділянки шляху до автостради.

Аналогічні дослідження проведені у Німеччині, Швеції та Італії. Технологія eHighway дозволяє спеціально адаптованим вантажним автомобілям підключатися до тягової мережі та рухатися за допомогою електроенергії. Після того, як електрифікована ділянка закінчується, і електровантажівка від'єднується для подальшого руху в автономному режимі, виявляється, що акумулятор заряджений на 100%.

В Україні головною проблемою є доступ до електромереж з достатньою потужністю. Є транспортні компанії, що готові інвестувати в електричні рішення, але відсутність інфраструктури ускладнює цей процес.

У дослідженні, яке було проведено з приводу доставки вантажів з міста Кременчук до міста Київ, результатом якого стало техніко-економічне обґрунтування доріг з контактними лініями для живлення. Йдеться про ті ділянки автомагістралей, над якими спеціально для фур протягнуті електричні дроти. В результаті вантажівки можуть рухатися як тролейбуси, одночасно користуючись можливістю швидкої зарядки батарей просто на ходу.

Одним із варіантом технології роботи системи «вантажний тролейбус» буде прокладання шляху за існуючим автомобільним маршрутом Кременчук - Київ:

Кременчук–Хорол на автономному режимі;
Хорол–Київ на електричній тязі.



Рисунок 1 – Вантажівки з пантографами

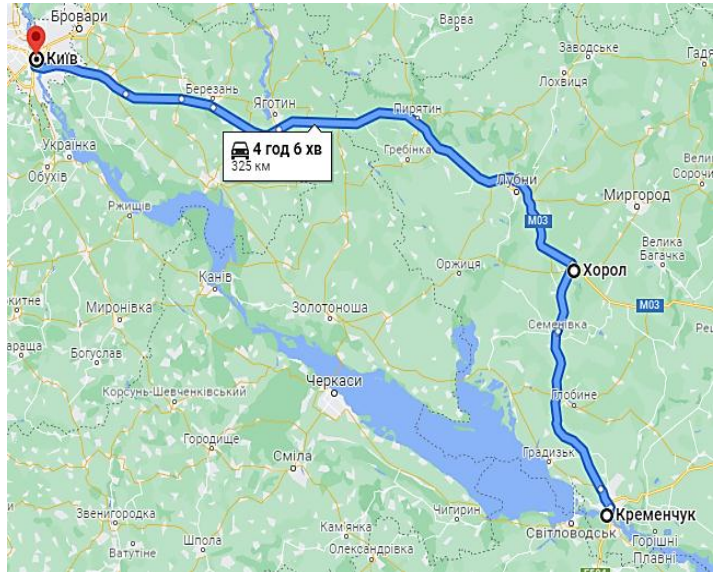


Рисунок 2 – Маршрут руху електровантажівок за напрямком Кременчук-Київ

На рис. 2 наведено оптимальний варіант маршруту руху перевезення контейнерів вантажними тролейбусами за напрямом Кременчук-Київ. Відстань за маршрутом Київ-Кременчук ~ 325 км, приблизний час у дорозі ~ 4 год.

Вибір даного напрямку обумовлено економічним взаємозв'язком Кременчука і Києва. В Кременчуці розташований великий порт, куди річкою приходять контейнера з товарами. Київ – столиця України і діловий центр країни, де розташовані найбільші торгові підприємства. Вартісні показники перевезень наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Вартість доставки контейнера в у. о.

Звідки	Куди	20DV			2x20DV (спарка)			40DV - 40НС		
		12 т	24 т	30 т	12 т	24 т	30 т	12 т	24 т	30 т
Кременчук	Київ	980	980	1020	1840	1840	1935	980	980	1020

Розглянемо цільову функцію для вибору системи перевезень.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \rightarrow \min,$$

де C_1 – витрати на простої, грн.; C_2 – експлуатаційні витрати, грн.; C_3 – витрати на додаткові операції, грн.

Розпишемо кожний з елементів функції:

$$C_1 = f(x_1, x_2, x_3), \text{ де } x_3 - \text{ час простою (змінна складова).}$$

$$C_2 = f(x_1, x_3) = \text{const};$$

$$C_3 = f(x_2, x_3) = \text{const};$$

Введемо для даної цільової функції систему обмежень:

$$\begin{cases} x_{1\min} \leq x_1 \leq x_{1\max} \\ x_{2\min} \leq x_2 \leq x_{2\max} \\ x_{3\min} \leq x_3 \leq x_{3\max} \end{cases}$$

Розглянемо функцію на прикладі кожного виду транспорту:

– перевезення залізничним транспортом

$$C = 670 + 1950 + 2900 = 5520 \text{ грн.}$$

– перевезення автомобільним транспортом

$$C = 100 + 1300 + 0 = 1400 \text{ грн.}$$

– перевезення за допомогою системи «вантажний тролейбус»

$$C = 100 + 450 + 0 = 550 \text{ грн.}$$

Побудуємо графік, для вибору системи перевезень ТШВ та контейнерів, рис.3:

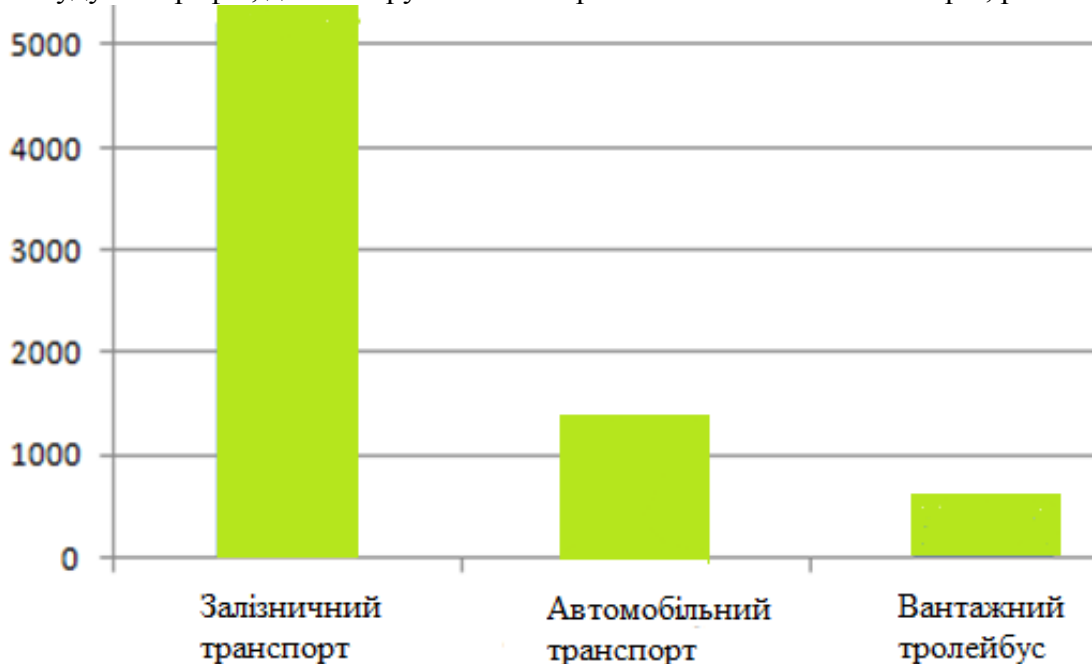


Рисунок 3 – Вибір системи перевезень вантажів

Після проведення розрахунків та побудови графіка ми бачимо, що виходячи з цільової функції, яка прямує до мінімуму витрат на перевезення контейнера, найбільш вигідною системою перевезень тарно-штучних вантажів та контейнерів є система «вантажний тролейбус». Тому проблема започаткування зазначеної системи та якнайшвидше застосування її на різних маршрутах руху залишається актуальною.

Основним завданням розвитку транспортної системи є створення мереж транспортних зв'язків, що відповідають оптимальній організації перевезення вантажів. На основі аналізу існуючої ситуації у містах щодо сьогодення є необхідність впровадження нових конструктивних рішень, які спрямовані на поліпшення роботи транспорту в сфері перевезень вантажів та транспортної системи в цілому.

Список використаних джерел

1. Європейські виробники вантажівок переведуть свої авто на електротягу. – Режим доступу: <https://autogeek.com.ua/providni-ievropejski-vyrobnyky-vantazhivok-do-2040-roku-perevedut-svoi-avto-na-elektrotiahu/>
2. Дорогу з електричною лінією для вантажівок з пантографами. – Режим доступу: <https://autogeek.com.ua/u-velykij-brytanii-pobuduiut-dorohu-z-elektrychnoiu-liniiieu-dlia-vantazhivok-z-pantohrafamy/>
3. Scania у дослідженні ефективності електровантажівок. – Режим доступу: <https://logist.fm/news/scania-vizme-uchast-u-doslidzhenni-efektivnosti-elektrovantazhivok-na-kontaktnih-liniyah>
4. Вартість перевезень контейнера. – Режим доступу: <http://www.imextrans.com.ua/price/kremenchuk/kyiv>
5. Загорянский В. Г., Гайкова Т.В., Хорольський В. Л., Кузев І. О. Моделирование склада збирально-транспортного комплексу для врожаю зернових як системи масового обслуговування. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2019. Вип. 2 (115). С. 146–151. Doi: 10.30929/1995-0519.2019.2.146-151
6. Markevych A., Moroz, M., Shramenko N. Development of technology of urban forwarding service of small consignment customers / Norwegian Journal of Development of the International Science / Випуск 58-1. – Global Science Center LP, 2021. – p. 54-58.
7. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Бойко Ю.О., Коноваленко О.Д. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник – Харків: Друкарня Мадрид, 2015.
8. 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.

9. Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Zahorianskaya O., Moroz O. Management of the Logistics Component of the Grain Harvesting Process with Consideration of the Choice of Automobile Transport Technology Based on the Energetic Criterion / IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES). – 2021. – P. 1-5.
10. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Чаплінський В.С. Впровадження інформаційних технологій в організацію міських перевезень / Вісник КДПУ. – 2008. – Випуск 1. – С. 48.
11. 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.
12. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем : монографія / В. В. Аулін, А. В. Гриньків, С. В. Лисенко [та ін.]. - Кропивницький : СПД ФО Лисенко В. Ф., 2021. - 503 с.
13. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ РОБІТ З МЕТОЮ МІНІМІЗАЦІЇ ВТРАТ КАРТОПЛІ В ПІСЛЯЗБИРАЛЬНИЙ ПЕРІОД

М.М. Мороз, проф., д-р техн. наук,
В. Загорянський, доц., д-р техн. наук

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук,
Україна*

Актуальність теми. За обсягом виробництва картоплі, відповідно до наявної на даний час статистики ФАО (Продовольча та сільськогосподарська організація Організації Об'єднаних Націй), Україна займала в 2020 році 4-е місце в світі (21,8 млн. т), після Китаю (99,1 млн. т), Індії (43,8 млн. т) і Російської федерації (31,1 млн. т) [1].

Загальний обсяг виробництва картоплі в Україні розподіляється в останні роки наступним чином [2]: на споживання – більше 30%, на корм – також більше 30%, на насіння – 25%. Незначна частка йде на переробку і зовсім мало на експорт.

Основні площі товарної картоплі в Україні зосереджені в областях Полісся і Заходу (біля 4/5 загальних площ і валового збору), а також навколо великих міст центральної та північної частини країни [3, 4]. Більше 90% загальної кількості картоплі вирощується в особистих підсобних господарствах населення.

В південних областях вирощують ранню картоплю. Потреби цих областей в картоплі на протязі року задовольняються в основному за рахунок доставки із північних областей: Чернігівської, Житомирської, Рівненської, Волинської, Сумської.

Таким чином, наявні два великі сезонні вантажопотоки: транспортування ранньої картоплі з південних областей в інші регіони, і транспортування картоплі в період масового збирання з північних і західних областей в інші регіони країни.

Картопля є високотонажною і малотранспортабельною культурою. На рівень собівартості та ефективності виробництва картоплі негативно впливає те, що її зберігання вимагає значних початкових витрат і супроводжується великими втратами [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій за темою. Картоплю класифікують за термінами дозрівання – ранні, середньоранні, середньопізні та пізні сорти (за ДСТУ 4875:2007 Картопля. Терміни та визначення понять, або ГОСТ 23493-79 Картофель. Термины и определения) і за призначенням (столові, технічні, кормові, універсальні та спеціальні сорти) [6]. Всього в країні вирощується 36 сортів картоплі [8].

За методикою оцінки якості бульб після варіння, яку прийняло Міжнародне Європейське товариство з вивчення картоплі, виділяють чотири типи продовольчої картоплі: тип А – для вінегретів, тип В – для смаження та переробки, тип С – для приготування більшості страв, тип Д – для пюре, з дуже борошністою м'якоттю [5].

Населення Німеччини, Австрії, Франції, Швейцарії, Бельгії, Нідерландів надає перевагу картоплі типів А і В з жовтою м'якоттю, в Чехії і Словаччині і подекуди в Польщі – більше до смаку картоплі типів В і С з жовтою м'якоттю, у Великобританії – типів В і А з білою м'якоттю [7].

В Україні більш схильні до якостей картоплі типів А і Д з білою і розсипчастою м'якоттю, хоча у вирощуванні традиційно поширені сорти, які мають бульби з ознаками, близькими до типу С [4].

Післязбиральний етап виробництва картоплі нерозривно пов'язаний з процесом збирання. Для збереження товарного вигляду та якості вирощеної картоплі до її реалізації потрібно її дбайливе транспортування з поля до сховища, бережні доробка і закладання на зберігання, дотримання оптимальних умов зберігання.

Післязбиральна доробка картоплі включає такі операції: транспортування,

відокремлення домішок і некондиційних бульб, сортування, завантаження в тару, транспортні засоби або на конвеєри завантажувачів сховищ [6].

Відзначимо, що обсяг втрат картоплі при транспортуванні залежить від цілого ряду чинників, серед яких початкові умови вирощування та збирання, вид тари і упаковки, спосіб виконання навантажувально-розвантажувальних робіт, вид транспорту, режим його руху та деяких інших.

Постановка завдання. Таким чином, метою роботи є визначення можливих шляхів зниження втрат врожаю картоплі в післязбиральний період при транспортуванні та супутніх операціях шляхом аналізу основних чинників, що призводять до цих втрат.

Виклад основного матеріалу дослідження. Товарну картоплю поділяють в залежності від призначення – на заготовлену, реалізовану і для промислової переробки; за термінами заготівлі та відвантаження, відповідно до ГОСТ 7176-85 Картофель свежий продовольственный, заготовляемый и поставляемый. Технические условия, – на ранню (до 1 вересня) і пізню (після 1 вересня). Реалізована картопля в залежності від показників якості ділиться на ранню – 2-х класів (1-й і 2-й) і пізню – 3-х (Екстра, 1-й і 2-й). Пізня заготовлена картопля ділиться на 3 сорти: добірний високоцінних сортів, добірний і звичайний.

Відмітимо, що в російському стандарті ГОСТ Р 51808-2013 Картофель продовольственный. Технические условия, визначення дещо розширені, а саме, визначається, що картопля рання – це картопля, зібрана до закінчення терміну її дозрівання, що надходить у продаж відразу після збору (до 1 вересня), шкірка якої легко видаляється тертям. Картоплю ранню отримують з надранніх і ранніх ботанічних сортів і/або збирають на початку сезону в країні походження. Картопля пізня – це картопля, зібрана після закінчення терміну її дозрівання, що надходить у продаж з 1 вересня, призначена для тривалого зберігання.

В залежності від призначення картоплі вимоги до її якості, упаковки, транспортування та зберігання в нашій країні визначають наступні нормативні документи: ГОСТ 6014-68 Картофель свежий для переработки; ГОСТ 7176-85 Картофель свежий продовольственный, заготовляемый и поставляемый; ГОСТ 26832-86 Картофель свежий для переработки на продукты питания, и ГОСТ 7194-81 Картофель свежий. Правила приемки и методы определения качества [7].

Крім того, корисною є інформація щодо упаковки, транспортування та зберігання картоплі, наведена в російському стандарті Р 51808-2013 Картофель продовольственный. Технические условия.

Залежно від способу збирання, зберігання та призначення врожаю картоплі застосовують три найбільш поширені технологічні схеми її збирання, післязбиральної доробки, транспортування і зберігання [6, 8]:

– потокову: картоплекомбайн – автосамоскид – сортувальний пункт – нагромаджувач відсортованих бульб – сховище або реалізація;

– потоково-перевалочну: картоплекомбайн-автосамоскид – тимчасовий кагатосортувальний пункт – автосамоскид (контейнер) – сховище. Цю схему найбільше застосовують при збиранні й зберіганні насінневої картоплі;

– потоково-безперевалочну (збирання із закладанням на зберігання без сортування): картоплекомбайн – контейнер – сховище. Ця схема придатна для збирання і зберігання насінневої картоплі усіх сортів, а також продовольчої. Впровадження її зумовлюється наявністю у господарстві достатньої кількості контейнерів і капітальних сховищ.

Залежно від технології збирання та використовуваної техніки застосовуються різні способи транспортування прибраної картоплі з поля [9].

При комбайновому способі збирання застосовуються автомашини-самоскиди, автомашини з напівпричепами, тракторні самоскидні причепа, напівпричепа і контейнеровози при використанні контейнерів. За останній час переважно застосовують отримують транспортні засоби підвищеної місткості, як більш ефективні.

Основні вимоги до транспортних засобів, що використовуються при збиранні

картоплі, полягають в мінімізації рівня пошкоджень перевезених бульб і в більш продуктивному їх використанні за рахунок збільшення місткості та зниження простоїв при навантаженні та розвантаженні.

Для зниження тиску ходових систем працюючих машин і причепів на ґрунт полів на тракторах, збиральних машинах і транспортних засобах використовують широкопрофільні шини, багатівісні та гусеничні колісні системи.

У загальному сенсі найбільш складну проблему в збереженні якості плодоовочевої продукції становлять пошкодження, які підвищують небезпеку їх псування [10]. Особливий вплив на якість продукції чинять вплив умови транспортування.

Механічні пошкодження картоплі зумовлені недосконалістю збиральної техніки, навантажувально-розвантажувальних робіт, транспортування та сортування [5]. Механічні пошкодження (порізи, вириви, тріщини, ум'ятини) нормуються стандартами.

Скористаємося класифікацією факторів, що впливають на якість плодоовочевої продукції під час перевезення рухомим складом автомобільного транспорту [10].

На етапі навантаження картоплі мають вплив способи навантаження (механізований або немеханізований, кількість навантажень, тип тари та упаковки, висота навантаження (зумовлює небезпеку ударів), кваліфікація працівників.

На етапі розвантаження впливають ті ж самі чинники, за виключенням тари та упаковки.

На етапі транспортування кількість чинників значно зростає. Це тип транспортного засобу (спеціалізований або неспеціалізований), тип і рівність дорожнього покриття, швидкісний режим руху, відстань перевезення, час транспортування, обшивка кузова, тип тари і упаковки, кількість шарів укладання вантажу, природне зменшення продукції, природно-кліматичні умови, кваліфікація водіїв.

Ранню (молоду) картоплю при перевезенні залізничним і водним транспортом упаковують в жорстку тару.

Картоплю, призначену для переробки, упаковують в дощаті ящики, ящикові піддони, тканинні або сітчасті мішки.

Втрати від пошкоджень бульб картоплі при навантажувально-розвантажувальних роботах складають в середньому більше 15%. Ці проблеми вирішуються за рахунок укрупнення вантажних одиниць (пакети, контейнери, безтарні перевезення), а також раціонального вибору навантажувально-розвантажувальних засобів.

Продовольчу картоплю упаковують:

– в ящики з деревини і полімерних матеріалів за ДСТУ 4971:2008. Ящики полімерні багатооборотні для овочів і фруктів. Технічні умови (або ГОСТ 27324-87 Ящики полимерные многооборотные. Общие технические условия, ГОСТ Р 51289 Ящики полимерные многооборотные. Общие технические условия); ГОСТ 10131-93 Ящики из древесины и древесных материалов для продукции пищевых отраслей промышленности, сельского хозяйства и спичек. Технические условия; ГОСТ 17812-72 Ящики дощатые многооборотные для овощей и фруктов. Технические условия;

– спеціальні ящикові піддони за ДСТУ 2052-92 Піддони ящикові спеціалізовані для картоплі, овочів, фруктів та баштанних культури. Технічні умови (або ГОСТ 21133-87 Поддоны ящичные специализированные для картофеля, овощей, фруктов и бахчевых культур. Технические условия);

– тканинні мішки за ГОСТ 30090 -93 Мешки и мешочные ткани. Общие технические условия;

– пакети з полімерних і комбінованих матеріалів за ДСТУ 7275:2012. Пакети з полімерних та комбінованих матеріалів (або ГОСТ 12302-2013 Пакеты из полимерных пленок и комбинированных материалов. Общие технические условия) або інші види тари з інших матеріалів, інші види транспортної упаковки, яка відповідає за показниками вимогам безпеки.

Параметри ящикових піддонів для упакування, транспортування і зберігання картоплі,

відповідно до ДСТУ 2052-92 Піддони ящикові спеціалізовані для картоплі, овочів, фруктів та баштанних культури. Технічні умови (відповідає міждержавному стандарту ГОСТ 21133-87 Поддоны ящичные специализированные для картофеля, овощей, фруктов и бахчевых культур), наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристики спеціалізованих ящикових піддонів для перевезення картоплі
Table 1 – Characteristics of specialized box pallets for transportation of potatoes

Номер піддону	Маса брутто, т	Місткість, м ³	Габаритні розміри, мм			Внутрішні розміри, мм		
			довжина	ширина	висота	довжина	ширина	висота
2	0,6	0,68	1240	835	910	1180	775	740
3	0,6	0,65	1240	835	880	755	755	750
4	0,6	0,68	1240	835	900	798	798	725
6	0,95	1,12	1270	900	1300	828	828	1115

Застосування таких піддонів в єдиному технологічному процесі від збирання та зберігання до реалізації картоплі дозволяє знизити кількість перевалок врожаю картоплі на 6–7 в першому циклі внутрішньогосподарських робіт і на 4–5 при доставці картоплі на торговельні бази або при товарній обробці. Це дає можливість виключити в післязбиральний період сортування картоплі на пунктах сортування, застосування бункерів-накопичувачів для завантаження самоскидних транспортних засобів, завантаження та розвантаження засіків або сховищ при навальному розміщенні картоплі та ряд інших технологічних операцій.

В європейських країнах широко застосовують нерозбірні жорсткі дерев'яні «євроконтейнери» із суцільними стінками і ґратчастим дном, місткістю 1–5 т [9]. Відомо застосування контейнерів місткістю 12 т для внутрішньогосподарських перевезень бульб з поля під час збирання і подальшого зберігання (фірма FRIWEIKA, Німеччина). Ці контейнери встановлюють у сховищі в сім ярусів по висоті.

Для кращого використання вантажного автомобільного транспорту, що перевозить зібраний урожай, використовуються великі бункери для тимчасового зберігання товарних бульб [11]. Щоб запобігти ушкодженню бульб через досить великі висоти падіння під час завантаження транспортних засобів слід проводити всі вищевикладені заходи.

Для перевезення та зберігання бульб також використовують мішки великої місткості (до 1,5 т). Коли вони складені на платформах, їх можна пересувати за допомогою ручного підйомного візка або вилкового навантажувача. Зазначається [11], що тривале зберігання картоплі в таких мішках неефективно, тому що погано використовуються площі сховища. Тому ними користуються в основному для транспортування картоплі на великі відстані, наприклад ранньої картоплі або призначеної для переробки.

Насінневі бульби зазвичай реалізують упакованими в мішки, які складають на піддони за допомогою навантажувачів. При внутрішньогосподарському використанні насінневих бульб їх зберігають в мішках або контейнерах великої місткості.

Завантажувати картоплю для її подальшого зберігання в піддонах можна в полі або в сховищах [11]. Піддони великої місткості завантажують бульбами прямо з копачів-підбирачів та доставляють в сховище, запобігаючи додатковим пошкодженням від перевантажень з ємності в ємність і падіння з висоти. Але значна висота бічних стінок піддонів великої місткості (наприклад, відповідно до табл. 1, піддон 6 має висоту стінок більше 1,1 м) теж створює небезпеку пошкодження бульб. Тому і при заповненні таких піддонів і їх перевезенні треба вживати всіх заходів для запобігання ушкоджень бульб.

Запобігання пошкодженню бульб є необхідною умовою при навантаженні та розвантаженні бульб в транспортні засоби. З підвищенням ємності транспортного засобу збільшуються розміри бортів, а отже і висота падіння бульб.

Допустима висота скидання картоплі, орієнтовно, м: на деревину, сталь – 0,3–0,5, на дерев'яну решітку – 0,1–0,2, на прогумовану решітку – 0,5–0,7, на картоплю – 1,0–1,2, на ґрунт середньої рихлості – 2,0 [12].

До способів зниження небезпеки пошкодження бульб відносяться: обшивка днища транспортних засобів, установка відбивних вітрил і відбивачів падіння, обладнання копачів-підбирачів такими пристроями, як перекидні виходи з бункерів, гідравлічна перестановка висоти платформи.

Мінімальні пошкодження бульб спостерігаються при навантаженні призначених для подальшого зберігання піддонів безпосередньо на копачі-підбирачі. На практиці вибір типу піддонів залежить від їх вартості і від системи вентиляції в сховищі. При перевезенні зібраної картоплі в піддонах потрібно враховувати, щоб зберігання його було економічно вигідним.

У сховищах розвантаження і завантаження піддонів проводять за допомогою вилоквих навантажувачів.

Для перевезення зібраного врожаю картоплі при великій продуктивності збирання (до 10 га/день) потрібні добре організовані транспортні роботи [11]. Залежно від типу збиральної техніки (бункер або перевантажувальний конвеєр з транспортом, що йде паралельно), навантаження бульб проводять безперервно під час роботи копачів, з зупинками в полі або на його краю. Відповідно до цього підбирати транспорт для перевезення бульб практично можна незалежно один від одного. При збиранні копачами-навантажувачами для використання їх високої продуктивності на одиницю площі необхідно забезпечити постійний прийом бульб у візки, кузови і т. д., що йдуть паралельно. Це вимагає наявності достатньої кількості транспортних засобів з водіями. При перевезенні бульб насипом використовують переважно самоскиди з боковим або заднім перекиданням.

Відомі результати вібраційних випробувань [13-26], які показали, що в кузові автомобільного транспортного засобу бульби картоплі зі збільшенням відстані по висоті шару картоплі відчувають вертикальні прискорення, а отже і переміщення, які спочатку дещо зменшуються в 1,27–1,6 рази до середини шару, а потім збільшуються в 3–3,4 рази зверху.

Висновки. Мета післязбиральних операцій з картоплею полягає, за можливістю, у повному зберіганні зібраного врожаю на тривалий строк, до його реалізації. Для цього потрібно враховувати вплив післязбиральних технологічних процесів, які впливають на збереження якості картоплі, таких як післязбиральна доробка, транспортування, навантажувально-розвантажувальні роботи на усіх ланках переміщення картоплі від поля до місця зберігання або реалізації. Розглянутий вплив основних чинників, що впливають на якість картоплі з точки зору недопущення ушкоджень під час перевезення рухомих складом автомобільного транспорту на етапах навантаження-розвантаження та транспортування.

Список використаних джерел

1. Сельскохозяйственные культуры. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединенных наций. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.fao.org/faostat/ru/#data/QC>. – Дата обращения : 17 января 2018.
2. Економіка і підприємництво, менеджмент / С. М. Рогач, Т. А. Гуцул, В. А. Ткачук [та ін.]. – К.: ЦП «Компринт», 2015. – 714 с.
3. Регіональна економіка / Є. П. Качан, Г. П. Баб'як, Л. П. Запорожан [та ін.]; за ред. Є. П. Качана. – К.: Знання, 2011. – 670 с.
4. Улянич О. И. Динамика производства картофеля и овощей в Украине / О. И. Улянич, В. Н. Наумчук, Н. В. Воробьева // Овощи и фрукты. – 2015. – № 1. – С. 14–19.
5. Товарознавство. Продовольчі товари / О. Г. Бровко, О. В. Булгакова, Г. С. Гордієнко [та ін.]. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2008. – 619 с.
6. Овочівництво / Лихацький В. І., Улянич О. І., Гордій М. В. [та ін.]. – Вінниця: ФОП Бондарець С.С., 2012. – 453 с.
7. Голуб О. В. Товароведение и экспертиза плодов и овощей / О. В. Голуб, О. А. Рязанова. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004. – 101 с.
8. Кононюк В. А. Довідник агронома / В. А. Кононюк, О. К. Медведовський, П. І. Витриховський; за ред. Л. Л. Зіневича. – К.: Урожай, 1985. – 762 с.
9. Машинные технологии и техника для производства картофеля / Туболев С. С., Шеломенцев С. И., Пшеченков К. А., Зейрук В. Н. – М.: Агроспас, 2010. – 316 с.

10. Пути снижения травмируемости плодоовощной продукции при внутривозвратных перевозках / И.А. Успенский, И.А. Юхин, К.А. Жуков и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2014 – № 02 (096). – С. 360–372. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/02/pdf/26.pdf>.
11. Картофель (возделывание, уборка, хранение): монография / Шпаар Д., Быкин А., Дрегер Д. [и др.]; под ред. Д. Шпаара. – Мн.: ЧУП «Орех», 2004. – 465 с.
12. Автотранспортные и тракторные перевозки / Дидманидзе О. Н., Рыбаков К. В., Митягин Г. Е. [и др.]. – М.: УМЦ «ТРИАДА», 2005. – 552 с.
13. Темирханов Б. Э. Теоретическое и техническое обоснование обеспечения сохранности плодоовощной продукции при погрузке и разгрузке / Б. Э. Темирханов // Транспортное обслуживание агропромышленного производства: сборник статей. – Т. 121. – М.: ВИМ, 1989. – С. 121–126.
14. Мороз М.М. Підвищення ефективності технологічного процесу транспортного обслуговування м. Кременчук // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ «ХПІ», 2014. – № 43. – С. 103–109.
15. 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.
16. Korol, S.O., Moroz, M.M., Korol, S.S., Serhiienko, S.A., 2017. Method and device for increasing weight charging of four-stroke engine cylinders. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), pp. 56-61.
17. Moroz, M., Markevych A., Shramenko N. Development of technology of urban forwarding service of small consignment customers / *Norwegian Journal of Development of the International Science* / Випуск 58-1. – Global Science Center LP, 2021. – p. 54-58.
18. Moroz, M., Vasylykovska, K.V., Vasylykovskiy, O.M., Sviren, M.O., Petrenko, D.I. Determining the parameters of the device for inertial removal of excess seed / *INMATEH – Agricultural Engineering*. – 2019, 57(1), p. 135-140.
19. Moroz, M., Markevich A., Moroz O., Vasylykovskiy O. Results of Social-Transport Monitoring of Passenger Transportation Kremenchuk City / *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, 2019, Col.2(33) 76-90.
20. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Король С.О., Хорольський В.Л., Кузев І.О. Моделювання складу групи вантажних автомобілів для оптимального обслуговування свиногокмплексу / Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of machine and equipment reliability. – p. 241.
21. Мороз М.М., Загорянський В.Г., Хорольський В.Л., Король С.О., Кузев І.О. Визначення оптимальної кількості автомобілів для збирання врожаю зернових на прикладі господарства Полтавської області / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. ХНТУСГ. – 2019. № 18. С. 6-16.
22. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Бойко Ю.О., Коноваленко О.Д. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник – Харків: Друкарня Мадрид, 2015.
23. Мороз М.М. Організація перевезення гірничої маси на ПАТ Кременчуцьке кар'єроуправління Кварц / Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва. – Випуск 2. – КрНУ, 2014 С.171–180.
24. 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.
25. Trunina I., Moroz M., Zahorianskyi V., Zahorianskaya O., Moroz O. Management of the Logistics Component of the Grain Harvesting Process with Consideration of the Choice of Automobile Transport Technology Based on the Energetic Criterion / *IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*. – 2021. – P. 1-5.
26. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Чаплінський В.С. Впровадження інформаційних технологій в організацію міських перевезень / Вісник КДПУ. – 2008. – Випуск 1. – С. 48.
27. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.
28. 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.
29. 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.

ВПРОВАДЖЕННЯ НАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ НА ТРАНСПОРТІ

С.Р. Олексієнко, *ст. гр. ТТ 18-1,*

С.О. Король, *доц., канд. техн. наук*

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук, Україна

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. У сучасних процесах перевезень одну з головних ролей грає те, на скільки якісно, обережно, а головне швидко буде здійснено навантаження (розвантаження) транспорту. Складовою та найбільш трудомісткою частиною транспортного процесу є навантажувально-розвантажувальні роботи (НРР), на виконання яких припадає не менше 35...40% всіх затрат на транспортування вантажів. Тому, цей процес є найбільш ефективним з використанням спеціальних засобів для НРР, що дозволяють зменшити затрати сил, енергії та часу робітників та підвищити ефективність роботи на початкових, перевалочних та кінцевих пунктах доставки вантажу. Дуже важливо при цьому досягти збереження вантажів та, по можливості, при доставці сільськогосподарської продукції з поля виключити одночасне завантаження в кузови транспортних засобів супутнього вантажу.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Навантажувально-розвантажувальні роботи – це комплекс заходів, спрямованих на підняття різноманітних вантажів з метою їх навантаження за допомогою вантажопідіймальних кранів та машин, мобільних підйомників.

Навантажувально-розвантажувальний засіб – машини, механізми та пристрої, що забезпечують механізоване навантаження, розвантаження, транспортування та складування вантажів у разі керування цими операціями з одного пульта.

До вантажно-розвантажувального інвентарю та пристосувань відносяться перехідні (переїзні) містки, сходні драбини, лати, піддони, стелажі, апарелі, похилі, пристосування для відкривання дверей критих вагонів, закривання люків піввагонів і інше.

Перехідні (переїзні) містки укладають для перекриття зазору між підлогою вагона і рампою складу. При збігу рівнів підлоги і рампи користуються плоскими містками. Якщо різниця в рівнях значна (250-400 мм), встановлюють так звані двох панельні містки. Довжина кожної панелі 1 800 мм, ширина 1 700 мм. Настил містка виконують з рифлених сталевих листів товщиною 5-6 мм.

Трапи використовують в тому випадку, якщо підлога складу розташований на рівні головки рейки і нижче, а також при укладанні вантажів у штабелі висотою більше 2 м.

Лати (похилі) застосовують при вивантаженні з вагонів круглого лісу і інших катно-бочкових вантажів. Їх виготовляють із колод діаметром не менше 15 см не нижче II сорту. При переміщенні великовагових вантажів використовують лати більшого діаметра. До верхніх кінців лат за допомогою болтів кріплять гаки для захоплення за дверні рейки вагона. Лати можуть бути одинарними і подвійними. Одинарні лати встановлюють при переміщенні довгомірних вантажів, подвійні - при переміщенні короткомірних.

Піддони служать для пакування на них вантажів і подальшої перевантаження пакетами за допомогою навантажувачів або візків. У складах застосовуються одно- і двох настільні піддони розміром в плані 800X1200 мм. Піддони можуть бути чотири західними, коли вила навантажувача можуть бути введені з будь-якого боку піддону, і двох західні, коли вила можуть бути введені тільки з двох протилежних сторін.

Металеві апарелі застосовуються при навантаженні-вивантаженні великовагових вантажів, частіше на колісному гусеничному ходу, там, де відсутні високі платформи. Апарелі комплектуються з секцій. Торцова апарель складається з однієї секції, бічна - з чотирьох або більше секцій. Кожну секцію збирають з окремих елементів - марок.

Тепер розглянемо засоби завдяки яким здійснюються НРР та переміщення вантажів до місць очікування чи наступного виду транспорту для подальшого транспортування.

Фронтальний навантажувач Т 156Б-09 - призначений для навантаження сипучих і дрібнокускових матеріалів в транспортні засоби, вантажопідйомність складає 3 т., а висота навантаження 2,9 м.

Автомобільний кран КС 4574А на шасі КрАЗ-65101 (КрАЗ-65053) призначений для будівельних, монтажних та навантажувально-розвантажувальних робіт з максимальною вантажопідйомністю до 22,5 т., а висота підйому вантажу досягає 20 м.

Навантажувач тракторний універсальний ПТ. Призначений для навантаження і перевезення вантажів на відкритих рівних площадках. Вантажопідйомність 1 т., висота підйому вантажу 2,8 м.

У морських портах для переміщення контейнерів зазвичай використовують навантажувачі Телескоп кран чи причальні крани-перевантажувачі що підіймають контейнери безпосередньо з кораблів.

При розвантаженні та навантаженні вагонів на залізничних станціях використовують різні засоби базуючись на типі вагону. Для НРР вагонів з боковим під'їздом можна використовувати електронавантажувачі ЕП-103(вантажопідйомність 1 т, висота підйому вантажу 2,8 м), для вагонів з відкритим верхом, наприклад для вугілля, використовують стаціонарні стрічкові конвеєри або бункерні ваги. Якщо необхідно завантажити труби або ліса на відкриті вагони застосовують кліщові захвати.

ВИСНОВКИ. Було розглянуто та проаналізовано різні види навантажувально-розвантажувальних засобів на різних видах транспорту, від автомобільного до морського. У кожного з них є свої особливості для певного типу вантажу та роботи з ним. Всі ці засоби різної форми, мають великі розбіжності в габаритних розмірах, вантажопідйомності вантажів, але без них був би набагато складнішим процес навантаження розвантаження, що в свою чергу приводило до великих затрат часу, черг у пунктах навантаження (розвантаження) та тяжких умов праці для персоналу. Всі ці фактори впливали б на процес перевезення вантажів. Отже, сучасні засоби дозволяють спростити процеси навантажувально-розвантажувальних робіт, мають менші затрати але більшу частку робочого процесу що є великою перевагою перед ручною працею.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 2609-94 «Вантажні автомобільні перевезення. Терміни та визначення».
2. Склад і техніка. Журнал / Вид-во ТОВ «Ріа» 2003.
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. Korol, S.O., Moroz, M.M., Korol, S.S., Serhienko, S.A., 2017. Method and device for increasing weight charging of four-stroke engine cylinders. Naukovi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 5, pp.56-61
5. Moroz, M., Korol, S., Chernenko, S., Boiko, Y., Vasylykovskiy, O. 2018. Driven camshaft power mechanism of the vehicle diesel engine fuel pump. - International Journal of Engineering and Technology(UAE). - 7(4), p. 135-139.
6. Григор'єв О.Л., Король С.О. Стабілізація показників упорскування палива на режимах зовнішньої швидкісної характеристики високообертового автомобільного дизеля // Теплоенергетичні установки та екологія на залізничному транспорті. Зб. наук. праць. – Харків, ХарДАЗТ. – 2000 – Вип. 43. – С. 28 – 35.
7. Григорьев А.Л. Король С.А. Испытания топливного насоса автомобильного дизеля с неравномерно вращающимся кулачковым валом // Вестник НТУ "ХПИ". Сборник научных трудов. – Харьков, 2001 - Вып. 7.– С. 46-55.
8. Король С.О. Обгрунтування нового способу управління кутом запізнення закриття впускного клапана двигуна внутрішнього згоряння. //Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. - Кременчук: КДПУ, 2006. - Вип. 1/(36) – С. 78-80
9. Григорьев А.Л., Король С.А. Новый метод снижения частоты холостого хода тепловозного дизеля // Високі технології в машинобудуванні. Зб. наукових праць ХДПУ – Харків, 2000 - Вип. 1 (3) – С. 79 - 84.
10. Григорьев А.Л., Король С.А. Использование регулируемого неравномерного вращения вала топливного насоса автомобильного дизеля для стабилизации основных показателей впрыскивания // Авиационно-космическая техника и технология. – Харьков: Гос. аэрокосм. ун-т “Харьк. авиац. ин-т”; 2001. – Вып. 26.

– С. 110-113.

11. Загорянский В. Г., Гайкова Т. В., Хорольский В. Л., Кузев И. О. Оптимизационная модель выбора технических средств контейнерных перевозок и их рационального сочетания. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2018. Вип. 3 (110). С. 46–51.
12. Загорянский В. Г., Мороз М. М., Хорольский В. Л., Король С.О., Кузев І. О. Визначення оптимальної кількості автомобілів для збирання врожаю зернових на прикладі господарства Полтавської області. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2020. № 18. С. 6–16.
13. Єлістратов В.О., Король С.О. Привід вала паливного насоса високого тиску дизеля на основі кулачково-синусних механізмів *Машинознавство*. – 2003. – № 9 (75) – С.40-44.
14. Барвинок В.Г., Король С.А. Влияние ряда передаточных чисел на скоростные свойства и топливную экономичность городского автобуса с дизельным двигателем. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету*. Вип. 2/2003 (19) т.3– С.125-128
15. Барвинок В.Г., Король С.А. Исследование процессов переключения передач и их влияние на скоростные свойства и топливную экономичность городского автобуса с дизельным двигателем. *Нові технології. Наук.вісник Інституту економіки та нових технологій ім. Ю.І. Кравченка*. Вип. 3(6)/2004 - С. 149 - 152.
16. Єлістратов В.А., Король С.А. Современные способы повышения топливной экономичности дизелей на частичных скоростных режимах и режимах холостого хода. *Нові технології. Науковий вісник Інституту економіки та нових технологій імені Ю.І. Кравченка*. Вип. 3(6)/2004 - С. 145 - 149.
17. Єлістратов В.О., Король С.О. Вплив величини регульованого нерівномірного обертання кулачкового вала паливного насоса високого тиску дизеля на кінематичні та геометричні характеристики кулачково-синусного привода. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету*. Вип. 4/2004 (27)– С.127-129.
18. Єлістратов В.О., Король С.О., Кривенко О.І., Крігіна Т.Л. Комбінована паливна система дизеля. *Нові технології. Науковий вісник Інституту економіки та нових технологій імені Ю.І. Кравченка*. Вип. 3(9)/2005 - С. 236 - 239.
19. Григорьев А.Л., Дериенко А.И., Король С.А. Численно-аналитический метод расчета колебаний пружины с учетом трения в опорах. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету*. Вип. 5/2006 (40)– С.83-85.
20. Марченко А.П., Король С.А., Григорьев А.Л. О целесообразности комбинированного управления приводами вспомогательных систем дизеля. *Двигатели внутреннего сгорания. Всеукраинский научно-технический журнал Национального технического университета "Харьковский политехнический институт"*. – Харьков: Нац. техн. ун-т «ХПИ», 2006. – Вып. 2– С.136-139.
21. Григорьев А.Л., Дериенко А.И., Король С.А. Экспериментальное и расчетное исследование выделения тепла в пружинах дизельной топливной аппаратуры. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету*. Вип. 2/2006 (37) – С.46-48.
22. Загорянский В. Г., Гайкова Т. В., Хорольский В. Л., Кузев І. О. Моделирование складу збирально-транспортного комплексу для врожаю зернових як системи масового обслуговування. *Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського*. 2019. Вип. 2 (115). С. 146–151.
23. Григорьев А.Л., Дериенко А.И., Король С.А. Уточненная модель внешнего трения для пружин клапанов дизельной топливной аппаратуры. *Двигатели внутреннего сгорания. Всеукраинский научно-технический журнал Национального технического университета "Харьковский политехнический институт"*. – Харьков: Нац. техн. ун-т «ХПИ», 2007. – Вып. 2 – С.55-62.
24. M. Moroz, S. O. Korol, V. Yelistratov, O. Moroz, K. Korol and V. Zahorianskyi, Device for Stabilizing the Electrical Power of a Diesel Generator in Transport, 2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP), Kremenchuk, Ukraine, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/PAEP49887.2020.9240910.
25. Мороз М.М. Організація перевезення гірничої маси на ПАТ Кременчуцьке кар'єроуправління Кварц / *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*. – Вип.2. – КрНУ, 2014 С.171–180.
26. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Бойко Ю.О., Коноваленко О.Д. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник – Харків: Друкарня Мадрид, 2015.
27. Мороз М.М., Загорянский В.Г., Король С.О., Хорольский В.Л., Кузев І.О. Моделирование складу групи вантажних автомобілів для оптимального обслуговування свиногокомплексу / *Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of machine and equipment reliability*. – р. 241
28. Мороз М.М., Загорянский В.Г., Хорольский В.Л., Король С.О., Кузев І.О. Визначення оптимальної кількості автомобілів для збирання врожаю зернових на прикладі господарства Полтавської області / *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. ХНТУСГ.–2019.№18.С. 6-16.
29. Moroz, M., Markevych A., Shramenko N. Development of technology of urban forwarding service of small consignment customers / *Norwegian Journal of Development of the International Science / Випуск 58-1. – Global Science Center LP, 2021. – р. 54-58.*
30. 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.

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ НА СПЕЦІАЛІЗОВАНОМУ АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ НАВАНТАЖУВАЛЬНО- РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ЗАСОБІВ

Є.О. Фомінський, ст. гр. ТТ 18-1,

С.О. Король, доц., канд. техн. наук

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, м. Кременчук,
Україна*

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Загальна класифікація є необхідною, але недостатньою умовою, тому що наявність широкої номенклатури засобів механізації значною мірою, ускладнює вибір машин та механізмів для навантажувально-розвантажувальних робіт (НРР), найкращих в конкретних умовах виробничого процесу. Тому виникла необхідність віднесення засобів механізації до тієї чи іншої групи залежно від кількох основних найбільш характерних ознак, що уточнюють загальну класифікацію [1-11]. До цих ознак необхідно віднести: вид або категорію вантажу, що підлягає перевезенню автомобільним транспортом; міра рухомості механізму, призначеного для навантаження (розвантаження) вантажу; принцип дії основного робочого органу, НРМ.

Загальна класифікація піднімально-транспортних машин

Вантажопідіймальні машини - це машини циклічної (перервної) дії, у яких робочі періоди чергуються з паузами, та призначені для підймання і переміщення вантажів у різних напрямках. Головною класифікаційною ознакою машин є загальність конструкції та методів розрахунку продуктивності [12-25]. Залежно від призначення, сфери застосування та використаних операцій розрізняють такі класи вантажопідіймальних машин:

а)крани – це вантажопідіймальні машини, що призначені для переміщення вантажів у різних напрямках у просторі на автомобільному транспорті використовуються для вантажних робіт: крани перегінні – мостові загального призначення (одно- та двобалочні), козлові загального призначення та спеціальні (контейнерні перевантажувачі, грейферні); крани стрілові самохідні – баштові, порталні, автомобільні, пневмоколісні, гусеничні

б)підіймальні механізми, що виконують тільки один рух - підймання (опускання). До них відносяться: домкрати гвинтові, рейкові, гідравлічні, талі ланцюжкові з ручним та канатні з електричним приводом

в)крани - штабелеві електричні за конструкцією діляться на мостові та стелажні типи, виконання яких:

ОП - мостовий опорний, керований із підлоги призначений для транспортування та переробки пакетних вантажів і металопрокату на складах; *ОК* - мостовий опорний, керований із кабіни служить для транспортування та переробки пакетних вантажів і металопрокату на складах;

ОКД - мостовий опорний для довгих вантажів, керований із кабіни застосовується для транспортування та переробки металопрокату на спеціалізованих складах металу;

СА - стелажний опорний автоматичний призначений для транспортування та переробки різних вантажів, складених в стандартну ящикову тару або в пакети на піддонах на складах.

Транспортні машини являють собою машини безперервної дії, що використовуються для переміщення насипних вантажів безперервним потоком, а штучних - з означеним інтервалом.

Характерною особливістю групи транспортних машин є те, що їх завантаження та розвантаження відбувається без зупинки при безперервному русі робочого органу. Ці

машини поділяють на такі класи:

а) конвеєри: із гнучким тяговим органом - стрічкові, пластинкові (ланцюгові), скребкові (з високими, низькими та контурними скребками), елеватори (ковшеві, поличкові, люлькові); без гнучкого органу - гвинтові (шнеки) та роликові;

б) пневматичні установки повітряно-поточні: всмоктувальні (вакуумні), нагнітальні (напірні), комбіновані (всмоктувально - нагнітальні).

Навантажувально-розвантажувальні машини призначені в основному для механізації робіт завантаження вантажів у вагони та автомобілі, транспортування та їхнє складування, а також аналогічних розвантажувальних робіт. Необхідність підвищення рівня механізації робіт, створення та експлуатація спеціальних машин порівняно вузького призначення спричинили потребу у виділенні НРМ окремою групою в загальному класі ПТМ.

До цієї групи відносяться такі засоби механізації для автотранспортних та складських вантажних операцій:

а) машини підлогового транспорту:

- електронавантажувачі універсальні - вилові три- та чотириколісні, із масивними та пневматичними шинами, з акумуляторними батареями та живленням від електромережі; призначені для роботи в закритих складських приміщеннях, а також для завантаження та розвантаження транспортних засобів; можуть постачатися різними уніфікованими змінними пристроями захоплення вантажів ;

- автонавантажувачі універсальні - вилкові із масивними та пневматичними шинами; передбачено конструктивні виконання з повздовжнім та бічним розташуванням підйимальника вантажу; в конструкціях застосовуються готові вузли вантажних автомобілів, що випускаються заводами (двигуни, кермо, ведучий міст та ін.); застосовують для навантаження та розвантаження автотранспорту таро-штучними, довгими та іншими вантажами; можуть постачатися різними уніфікованими змінними пристроями захоплення вантажів ;

- самохідні візки - випускають з нерухою (без піднімального засобу) платформою; з низькою піднімальною платформою; з піднімальним краном, кузовом або самоскидним перекидним кузовом; застосовується при перевезенні вантажів на складах, територіях промислових підприємств, залізничних вантажних дворах та вокзалах, портах та ін., для завантаження та розвантаження ТЗ;

штабельні електричні - самохідні з електроживленням від мережі, використовуються для перевезення та складання в стоси штучних вантажів в складських приміщеннях; самохідні з акумуляторними батареями на масивних шинах, застосовуються для механізованих НРР у закритих приміщеннях з вузькими проїздами (проходами).

б) уніфіковані змінні пристрої захоплення вантажів до електро- та автонавантажувачів:

- захоплювачі (виллові, вилові з верхнім притискачем, кліщовий для лісових вантажів, штировий, боковий безповоротний, багатоштирові);

- каретки (поворотна в горизонтальній площині, поворотна в вертикальній площині, кантувачі з переміщенням вліво і вправо);

ВИСНОВКИ. Отже, у статті визначено загальну класифікацію навантажувально-розвантажувальних механізмів, та надано їх характеристики, що визначають застосування на спеціалізованому автомобільному транспорті.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 2609-94 «Вантажні автомобільні перевезення. Терміни та визначення».
2. Дегтерев Г.Н Организация и механизация погрузо-разгрузочных работ на автомобильном транспорте: Учебное пособие. - 2-е изд., перераб. и доп.. М. Транспорт, 2003. - 264 с
3. Volodymyr Zagoryanskii, Olena Zagoryanska, Tetyana Haykova and Volodymyr Khorolskii (2019). The model of vehicle optimum quantity for grain crop harvesting under the conditions of farming in Poltava region. *SHS Web of Conferences*. 2019. Vol. 67 (2019). P. 1–6.
4. 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.
5. Korol, S.O., Moroz, M.M., Korol, S.S., Serhiienko, S.A., 2017. Method and device for increasing weight charging of four-stroke engine cylinders. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (5), pp. 56-61
 6. Moroz, M., Korol, S., Chernenko, S., Boiko, Y., Vasylykovskiy, O. 2018. Driven camshaft power mechanism of the vehicle diesel engine fuel pump. - *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*. - 7(4), p. 135-139.
 7. Григор'єв О.Л., Король С.О. Стабілізація показників упорскування палива на режимах зовнішньої швидкісної характеристики високообертового автомобільного дизеля // Теплоенергетичні установки та екологія на залізничному транспорті. Зб. наук. праць. – Харків, ХарДАЗТ. – 2000 – Вип. 43. – С. 28 – 35.
 8. Король С.О. Обґрунтування нового способу управління кутом запізнення закриття впускного клапана двигуна внутрішнього згоряння. // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. - Кременчук: КДПУ, 2006. - Вип. 1/(36) – С. 78-80.
 9. Григорьев А.Л., Король С.А. Новый метод снижения частоты холостого хода тепловозного дизеля // Високі технології в машинобудуванні. Зб. наукових праць ХДПУ – Харків, 2000 - Вип. 1 (3) – С. 79 - 84.
 10. Григорьев А.Л., Король С.А. Использование регулируемого неравномерного вращения вала топливного насоса автомобильного дизеля для стабилизации основных показателей впрыскивания // *Авиационно-космическая техника и технология*. – Харьков: Гос. аэрокосм. ун-т "Харьк. авиац. ин-т"; 2001. – Вип. 26. – С. 110-113.
 11. Загорянский В. Г., Гайкова Т. В., Хорольский В. Л., Кузев И. О. Оптимизационная модель выбора технических средств контейнерных перевозок и их рационального сочетания. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2018. Вип. 3 (110). С. 46–51.
 12. Загорянский В. Г., Мороз М. М., Хорольский В. Л., Король С.О., Кузев І. О. Визначення оптимальної кількості автомобілів для збирання врожаю зернових на прикладі господарства Полтавської області. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. 2020. № 18. С. 6–16.
 13. Єлістратов В.О., Король С.О. Вплив величини регульованого нерівномірного обертання кулачкового вала паливного насоса високого тиску дизеля на кінематичні та геометричні характеристики кулачково-синусного привода. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного ун-ту*. Вип. 4/2004 (27)–С.127-129.
 14. Григорьев А.Л., Дериенко А.И., Король С.А. Экспериментальное и расчетное исследование колебаний витков пружины дизельной форсунки. *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"*. – Харків: Нац. техн. ун-т «ХПІ», 2005. – Вип. 37– С.159-168.
 15. Григорьев А.Л., Дериенко А.И., Король С.А. Динамика пружин дизельной топливной аппаратуры. Двигатели внутреннего сгорания. *Всеукраинский научно-технический журнал Национального технического университета "Харьковский политехнический институт"*. – Харьков: Нац. техн. ун-т «ХПИ», 2005. – Вип. 1– С.90-99.
 16. Єлістратов В.О., Король С.О., Кривенко О.І., Крітіна Т.Л. Комбінована паливна система дизеля. Нові технології. *Науковий вісник Інституту економіки та нових технологій імені Ю.І. Кравченка*. Вип. 3(9)/2005 - С. 236 - 239.
 17. Григорьев А.Л., Дериенко А.И., Король С.А. Экспериментальное и расчетное исследование выделения тепла в пружинах дизельной топливной аппаратуры. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету*. Вип. 2/2006 (37) – С.46-48.
 18. Король С.О. Обґрунтування нового способу управління кутом запізнення закриття впускного клапана двигуна внутрішнього згоряння. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету*. Вип. 1/2006 (36)– С.78-80.
 19. M. Moroz, S. O. Korol, V. Yelistratov, O. Moroz, K. Korol and V. Zahorianskyi, Device for Stabilizing the Electrical Power of a Diesel Generator in Transport, 2020 *IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*, Kremenchuk, Ukraine, 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/PAEP49887.2020.9240910.
 20. Мороз М.М. Організація перевезення гірничої маси на ПАТ Кременчуцьке кар'єроуправління Кварц / *Сучасні ресурсоенергозберігаючі технології гірничого виробництва*. – Вип. 2. – КрНУ, 2014 С.171–180.
 21. Кір'янов О.Ф., Мороз М.М., Бойко Ю.О., Коноваленко О.Д. Інформаційні технології на автомобільному транспорті: навчальний посібник – Харків: Друкарня Мадрид, 2015.
 22. Мороз М.М., Загорянский В.Г., Король С.О., Хорольский В.Л., Кузев І.О. Моделювання складу групи вантажних автомобілів для оптимального обслуговування свиногокомплексу / Підвищення надійності машин і обладнання. *Increase of machine and equipment reliability*. – р. 241
 23. Мороз М.М., Загорянский В.Г., Хорольский В.Л., Король С.О., Кузев І.О. Визначення оптимальної кількості автомобілів для збирання врожаю зернових на прикладі господарства Полтавської області / *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. ХНТУСГ. – 2019. №18.С. 6-16.
 24. Moroz, M., Markevych A., Shramenko N. Development of technology of urban forwarding service of small consignment customers / *Norwegian Journal of Development of the International Science* / Випуск 58-1. – Global Science Center LP, 2021. – р. 54-58.
 25. 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.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДРОБЛЕННЯ ЗЕРНА ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ РІЖУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ІЗ ЗНОСОСТІЙКИМИ ПОКРИТТЯМИ ДИСКРЕТНОЇ СТРУКТУРИ

О.А. Мікосянчик, *д-р техн. наук, проф.*, **В.Б. Шамрай**, *асп.*,
Національний авіаційний університет, м. Київ, Україна
О.В. Дудан, *канд. техн. наук*, **Д.В. Філоненко**, *асп.*,
НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна
В.І. Калініченко, *канд. техн. наук*, **В.Л. Кобзарь**, *асп.*,
ІПМіц. імені Г.С. Писаренко НАН України, м. Київ, Україна

Стан проблеми. Основними факторами, які визначають вид зношування ріжучих елементів (РЕ) робочих органів (РО) деталей сільськогосподарської техніки (СГТ) та переробної промисловості (ПП) є: середовище, в якому проходить знос; динаміка і кінематика відносного переміщення тертьових тіл; характер контакту і властивостей матеріалу РЕ. Перші фактори первинні. Вони характеризують зовнішні умови служби РЕ РО сільськогосподарських машин (СГМ) та ПП, визначають якісну і кількісну сторони явищ зносу. Через це їх поєднання з властивостями тертьових тіл покладено в основу при визначенні виду зношування.

Процес зношування РЕ РО деталей СГМ та ПП обумовлений силами на поверхні тертя, які безперервно змінюються, неоднорідністю абразивного середовища як по механічному, так і по хімічному складу, складністю динаміки процесів контактування і переміщення часток абразиву. Спочатку в точках контакту абразивних часток з поверхнями тертя РЕ РО виникає концентрація напруження і відбувається пластична деформація. При цьому деформований шар, який має підвищену активність, вступає в взаємодію з агресивними компонентами середовища, що приводить до утворення окисних плівок. Напруження розтягу, які виникають в поверхневому шарі під дією сил тертя, приводять до руйнування окисних плівок. Таким чином, знос РЕ РО СГТ і ПП обумовлений корозійно-механічним зношенням [1, 2]. По причині зносу і корозії із ладу вибувають до 80%, а по причині поломок (включаючи руйнування від втоми) – 20-30% РЕ РО деталей СГМ та ПП [1, 2]. Їх поломка може виникати не тільки внаслідок великих ударних навантажень, але і від втрати міцності при зносові і корозії.

Вирішення задачі підвищення зносостійкості і довговічності РЕ РО СГМ шляхом їх зміцнення базується на кількісних методах оцінки умов їх роботи [1, 2]. Знос РЕ кормоподрібноючих машин визначається кінематичними особливостями процесу різання [1]. Авторами роботи [1], були досліджені особливості зносу ріжучих елементів подрібнювача комбайну. Аналіз результатів експлуатаційних іспитів показує, що лезо ножа і протиріжучого елемента зношується неоднаково. Знос робочої частини ножа характеризується зміною товщини ріжучої кромки. Знос протиріжучого елемента характеризується затупленням і зміщенням по висоті ріжучої кромки.

Сучасні високопродуктивні кормозбиральні машини характеризується більш високим рівнем навантажень на РО подрібнюючого апарату. Це приводить до інтенсифікації процесу зношування РЕ. Так, згідно даних заводських іспитів, у серійного ножа (сталь 65Г) після напрацювання 1000 т радіус закруглення складає 2,5 – 3мм.

Характер зносу РЕ подрібнюючого барабана залежить від способу їх зміцнення. Найвищу працездатність забезпечують схеми, які реалізують ефект самозаточування [1] - здатність леза зберігати в процесі експлуатації достатню по міцності і зносостійкості товщину ріжучої кромки з наявністю оптимального профілю, допустимого для виконання технологічного процесу (ТП). При самозаточуванні I роду покриття наноситься на нижню

поверхню леза. При цьому гострота ріжучої кромки забезпечується товщиною покриття, яка визначається, в свою чергу, агротехнічними вимогами. Самозаточування П роду дозволяє забезпечити лезу більшу товщину ріжучого шару, так як в цьому випадку покриття наноситься на верхню поверхню РЕ. При самозаточуванні 1 роду для РЕ подрібнюючих барабанів кормозбиральних комбайнів рекомендуємо товщини покриття 0,3- 0,8 мм при товщині основного металу 7-20 мм.

У ПП при подрібненні зернової сировини в дробарках ударної дії відбувається зіткнення часток, що вільно рухаються, з твердою поверхнею. При цьому процес подрібнення багато в чому залежить від того, наскільки ефективно використовується енергія удару на руйнування. Найбільш доцільний удар близький до прямого, тобто коли вектор відносної швидкості частинки направлений по нормалі до поверхні, що дробить. Це завдання вирішують виходячи з кінематики РО і з умов руху сировини при подачі її у робочу зону. Однак реалізувати умови прямого удару у робочій зоні не вдається. Це пов'язано з формою робочих органів, яка змінюється через зношування у процесі експлуатації. Тим більше не вдається передбачити наслідки рикошетів та повторних ударів. У зв'язку з цим є можливість підвищення ефективності руйнування зерна за рахунок використання регулярного рельєфу робочої поверхні у вигляді покриттів.

Постановка задачі. Існує три основних напрямки підвищення зносостійкості і довговічності РЕ РО СГМ і ПП [1, 2]:

1. вибір конструктивних геометричних параметрів РЕ;
2. вибір оптимальних параметрів режиму різання;
3. застосування зносостійких матеріалів (ЗМ) для зміцнення РЕ.

Найбільший ефект підвищення зносостійкості і довговічності РЕ дає використання всіх трьох напрямків одночасно. Доцільно відмітити обмежене використання ЗМ та методів нанесення покриття із цих матеріалів для підвищення зносостійкості РЕ РО СГТ та ПП.

Таким чином, застосування ЗМ і розробка ТП їх нанесення - актуальний напрямок підвищення зносостійкості і довговічності РЕ РО СГМ та ПП [1-3].

Опір абразивно-корозійно-механічному зношуванню залежить від природи і кількості твердих зносостійких складових в структурі покриття, які регулюються зміною хімічного складу твердого сплаву або введенням в шихту наповнювачів, які утворюють композитні матеріали (КМ) [1-4].

Серед способів нанесення зносостійких покриттів (ЗП) переважає наплавлення і напилення [1-5]. Аналіз умов експлуатації і способів зміцнення РЕ РО СГМ та ПП [1, 2] дозволив сформулювати основні вимоги до ТП нанесення ЗП на РЕ: висока продуктивність і низька трудоемкість; незначні втрати зміцнюючого матеріалу; невелика зона термічного впливу (ЗТВ) з метою зниження короблення деталей; нанесення покриття без використання захисних атмосфер; отримання РЕ необхідної геометрії без подальшої механічної обробки (МО) покриття.

Однак зносостійкі композиційні покриття (КП) характеризуються надтвердими поверхневими шарами і мають такий недолік як крихкість. З метою усунення цього недоліку наносять покриття дискретної структури. Заміна шару суцільного покриття на шар дискретної структури підвищує міцність і довговічність системи «деталь – покриття», виключаючи когезійне розтріскування покриття і його адгезійне відшаровування за рахунок обмеження зросту напруження, як в шарі покриття, так і в адгезійному контакті [3, 6]. Принцип дискретної структури дозволяє підвищити граничний стан покриття (контактні навантаження, критичні деформації основи, довговічність) в порівнянні з суцільним покриттям тієї ж товщини, складу і твердості.

Таким чином, розробка і дослідження способу нанесення КП дискретної структури є однією з невирішених задач в проблемі підвищення зносостійкості і міцності РЕ РО СГМ та ПП.

Мета роботи. Метою роботи є дослідження способу нанесення КП дискретної структури та його використання для зміцнення і підвищення зносостійкості ріжучих кромок

ножів подрібнюючого барабану кормозбирального комбайну та робочих поверхонь дробних елементів дробарок ударної дії для переробки зернових культур.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувались наступні задачі:

- обґрунтування можливості підвищення зносостійкості РЕ РО СГМ та ПП композиційними покриттями суцільної та дискретної структури на основі аналізу їх умов;
- дослідження процесу зміцнення та підвищення зносостійкості РЕ ножів подрібнюючого барабану кормозбирального комбайну та робочих поверхонь дробних елементів дробарок ударної дії для переробки зернових культур КП дискретної структури;
- визначення фізико-механічних і експлуатаційних властивостей РЕ РО СГМ та ПП із дискретними покриттями;
- вибір оптимальних режимів процесу зміцнення та підвищення зносостійкості РЕ РО СГМ та ПП покриттями дискретної структури.

Результати досліджень. Аналіз умов експлуатації РЕ РО СГМ та ПП дозволив зробити наступні висновки:

- РО С ГМ та ПП експлуатуються в умовах абразивного зношування і їх довговічність знаходиться в прямій залежності від здатності протистояти абразивному або корозійно-механічному руйнуванню;

- методи наплавлення КП внаслідок високотемпературного нагрівання і розбавлення наплавленого шару металом РЕ РО не дозволяють зберегти властивості вихідного матеріалу покриття. Наплавленні РЕ характеризуються значними термічними деформаціями і вимагають МО;

методи напилення КП не забезпечують достатню міцність зчеплення покриття і рівномірну твердість, потребують попередню підготовку поверхні перед напиленням і МО після напилення, малоефективні при зміцненні поверхонь невеликих розмірів із-за втрати матеріалу, який напилюється, характеризуються шкідливими умовами роботи персоналу під час попередньої підготовки поверхні та при самому напиленні;

багаточисельні дослідження показали, що найбільш раціональним і економічно доцільним вирішенням проблеми підвищення зносостійкості РО СГМ та ПП є застосування покриттів із композиційних матеріалів (КМ) дискретної структури. Зносостійкість відновленої або зміцненої дискретними покриттями деталі перевищує зносостійкість деталі без покриття;

- враховуючи локальний характер і нерівномірність зносу РО доцільно дискретне покриття наносити відповідно з епюрою нерівномірного зносу. Диференціальне відновлення і зміцнення може здійснюватися дискретними покриттями змінною суцільності. У основу вибору величини суцільності покладена залежність зносостійкості від суцільності. По критерію міцності і зносостійкості, дискретна структура успішно працює при відновленні великого зносу, тоді як суцільні покриття непрацездатні із-за руйнування і фрагментації при малих деформаціях поверхні РЕ;

- несуча здатність деталі з покриттям в умовах експлуатації має функціональний зв'язок із товщиною покриття. Залежність товщини покриття, його адгезійної міцності, залишкових напружень, а також експлуатаційних навантажень встановлює граничні значення товщини покриття. При відновленні зношених РЕ прагнуть досягти максимально можливої товщини покриття.

Для модельних досліджень розглянемо конструкцію поверхні з покриттям дискретної структури, що наноситься у вигляді окремих ділянок (рис. 1). Фрма окремої ділянки – півсфера. З метою підвищення зносостійкості матеріал напівсфери повинен мати твердість, що набагато перевищує твердість основного матеріалу. Поєднання в'язкості основного матеріалу і високої твердості ділянок покриття забезпечують довговічність елементів, що дроблять.

Конструкція поверхні з дискретним покриттям у цьому випадку характеризується радіусом напівсфер R та кроком T (відстанню між центрами основ напівсфер на площині).

У першому наближенні ефективність такої поверхні дорівнюватиме:

$$K = (1-M) \Phi + MP_1 \quad (1)$$

де $M = \frac{\pi R^2}{T^2}$ - відносна частина площини зайнята основами півсфер;

Φ - ймовірність руйнування частки на площині (визначається з експерименту);

P_1 - ймовірність руйнування частинок на півсфері.

Частка руйнування зерен в одиницю часу в умовах стаціонарного поля частинок визначається із співвідношення

$$P = \frac{n}{N} \quad (2)$$

де N - число частинок, що досягли поверхні в одиницю часу;

n - кількість зруйнованих частинок.

Вираз (2) може бути мірою ефективності заданого рельєфу і у разі детермованого потоку частинок під кутом γ до площини (рис. 1) для напівсфери набуває вигляду

$$P_1 = \frac{\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\theta_0} \delta[\phi + c(1 + \phi)] \cdot (\sin \theta \cdot \sin \varphi \cdot \sin \gamma + \cos \theta \cdot \cos \gamma) \sin \theta d\theta}{\int_0^{2\pi} d\varphi \int_0^{\theta_0} \delta(\sin \theta \cdot \sin \varphi \cdot \sin \gamma + \cos \theta \cdot \cos \gamma) \sin \theta d\theta} \quad (3)$$

де θ, φ - широта та довгота сферичної системи координат,

θ_0 - верхня межа інтегрування за широтою;

δ - параметр, який визначає умову фізичного контакту при чисельному інтегруванні ($\delta=0$, якщо $\cos \beta < 0$ і δ , якщо $\cos \beta \geq 0$;

c - коефіцієнт, що враховує рикошети та "залишкову" міцність частинки.

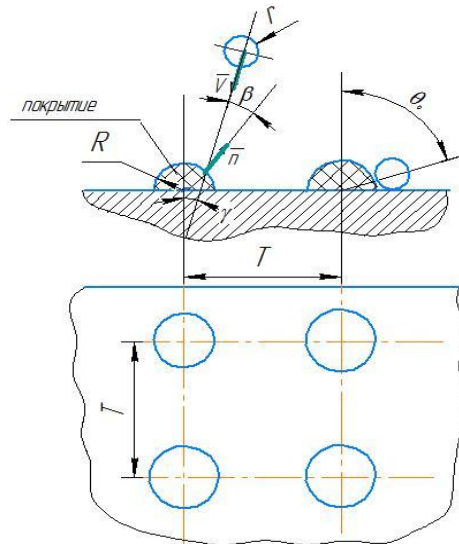


Рисунок 1 – Модель поверхні з дискретним покриттям

Передбачається, що всі частинки, що не зруйнувалися (рикошетували), мають вектор швидкості з напрямком $\gamma = 1 \geq \pi/2$, будуть відчувати повторний удар і руйнуватися з ймовірністю C . Вплив конструктивних параметрів дискретних покриттів на робочих поверхнях елементів, що дроблять, на ефективність подрібнення має місце при вуглі падіння $\gamma = \frac{\pi}{3}$ і залежить від величини M (відносної частини площини, зайнятої основами півсфер).

Ефективність подріблення тим більша, чим більша частина площини зайнята основами напівсфер і чим більший кут падіння потоку зернової сировини.

В подальшому, в роботі у загальному випадку ставилось завдання про оптимізацію рельєфу робочих поверхонь дробних елементів за критерієм ймовірності руйнування частинок при заданих статистичних характеристиках їхнього поля швидкостей та функції ймовірності руйнування, відповідно до виразу (2).

Таким чином, рельєфна поверхня робочих поверхонь елементів, що дроблять, у вигляді покриттів дискретної структури підвищує ефективність дроблення зернової сировини.

Висновки. Розглянуто вплив робочої поверхні елементів, що дроблять, з покриттям дискретної структури, що має рельєф у вигляді півсфер, на руйнування та подрібнення зернової сировини при його вільному ударі. Показано, що робоча поверхня елементів, що дроблять, з покриттям дискретної структури і з рельєфом у вигляді півсфер, може бути набагато ефективнішою при подрібненні зернової сировини при збільшенні кута падіння зерна.

Для підвищення зносостійкості робочих поверхонь елементів, що дроблять, матеріал дискретного покриття повинен мати твердість, що набагато перевищує твердість основного матеріалу. Поєднання в'язкості основного матеріалу і високої твердості ділянок покриття забезпечує довговічність елементів, що дроблять.

Підвищення ефективності руйнування та подрібнення зерна забезпечується як за рахунок підвищення зносостійкості робочих поверхонь дробних елементів для переробки зернових культур, так і за рахунок оптимізації геометричних параметрів рельєфу їхньої поверхні.

Список використаних джерел

1. Ворона Т.В. Умови експлуатації і основні причини виходу з ладу ріжучих елементів робочих органів сільськогосподарських машин Зб. наук. пр. "Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація". Кіровоград: КДТУ. 2011. вип. № 24. С. 344-351
2. Ворона Т.В., Башта А.В. Зміцнення робочих поверхонь деталей машин і апаратів переробної та харчової промисловості. Інженерія поверхні і реновація виробів: матеріали 15-ї міжнародної науково-технічної конференції (1-4 червня 2015, Одеська обл., Затока). Київ, АТМ України. С. 202-206
3. Ляшенко Б.А., Солових Є.К., Лопата Л.А., Підвищення міцності та довговічності деталей машин агропромислового комплексу багатофункціональними покриттями. Механіка де формівного твердого тіла: доп. сесії Наукової ради з проблеми «Механіка де формівного твердого тіла» НАН України (15-16 жовт. 2008, Полтава). Полтава: 2008. С. 15-31.
4. Kharlamov Y., Mamuzi I., Lopata L. The selection and development of tribological coatings. *Materials and technology (Materiali in tehnologije)*, 44 (2010) 5, 283-287.
5. Патент України на корисну модель № 39488, МПК С23С 24/00 Спосіб нанесення зносостійкого покриття. Заявник і патентовласник Інститут проблем міцності АН України // Опубл. 25.02.2009. Бюл. № 4, 2009.
6. Патент України на корисну модель № 38200, МПК С23С 4/00 Спосіб нанесення зносостійкого дискретного покриття. Заявник і патентовласник Інститут проблем міцності АН України. Опубл. 25.12.2008. Бюл. № 24.
7. Аулін, В. В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах : монографія / В. В. Аулін. - Кіровоград : ТОВ "КОД", 2014. - 369 с.
8. Theoretical justification of the influence of change of dilaton and compression bonds of atoms of materials of machine parts on their tribological effect / V. Aulin, S. Lysenko, A. Hrynkiv [et all] // *Problems of Tribology*. - Хмельницький : ХНУ, 2021. - V. 26, № 2/100-2021. - P. 71-78.
9. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки. Дисертація д-ра техн. наук: 05.02.04, Хмельниц. нац. ун т. Хмельницький, 2015. 447 с.
10. Замота Т.Н. Управление процессами приработки основных сопряжений деталей машин при изготовлении и ремонте: Монография // Т.Н. Замота, В.В. Аулин. – Кіровоград: издатель Лысенко В.Ф.; 2015. – 303 с.

ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ РОЗПОДІЛЬНИХ ВАЛІВ ДВИГУНІВ

В.М. Лопата, канд. техн. наук, науковий співробітник,
Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона НАНУ, м. Київ, Україна
М.В. Головащук, асист., *Національний транспортний університет м. Київ, Україна*
Є.К. Солових, д-р. техн. наук, проф., **С.О. Магопець**, канд. техн. наук, доц.,
С.Є. Катеринич, канд. техн. наук, доц.,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Актуальність досліджень. Більшість деталей двигунів експлуатуються до гранично допустимого зношування. Аналіз зносу деталей двигунів показав, що в першу чергу існує потреба у відновленні поверхонь найбільш затребуваних деталей, що часто виходять з ладу, таких як розподільні вали. Відновлення розподільних валів стримується обмеженим застосуванням сучасних способів відновлення. Використання методів відновлення деталей забезпечить їх необхідний термін експлуатації. Тому впровадження маловитратних технологічних процесів відновлення та зміцнення розподільних валів двигунів, пошук нових та удосконалення існуючих методів їх ремонту, що базуються на останніх наукових дослідженнях у галузі нанесення захисних зносостійких-покриттів, є актуальним завданням. Вирішення цього завдання забезпечить зниження витрат дорогих матеріалів та енерговитрат процесу відновлення при підвищенні його продуктивності з гарантією високих показників надійності відремонтованих виробів.

Стан проблеми. Одним з основних напрямків відновлення і підвищення довговічності та ресурсу двигунів є використання технологічних процесів відновлення їх розподільних валів, що забезпечать високі показники надійності відремонтованих виробів. Використання відновлених деталей дозволить зменшити витрати на запасні частини [1]. Умови експлуатації розподільних валів визначають великий розкид у значеннях зносу їх робочих поверхонь, на ремонт яких припадає 60% існуючих розроблених технологічних процесів відновлення, серед яких все більша увага приділяється електродуговому напиленню (ЕДН) [2]. Технологічність, простота, висока продуктивність, низька вартість та універсальність ЕДН звернули на себе увагу вчених та виробників. Величезний внесок у розвиток ЕДН зробили дослідження вчених: М.М. Студента, Ю.С. Борисова, Ю.О. Харламова, В.Є. Барановського, та ін. Використання технологічних процесів ремонту із застосуванням прогресивних технологій та обладнання для ЕДН допоможе зробити ремонтне виробництво двигунів рентабельним, забезпечить його змінно-запасними деталями [2]. Ремонт складає основу експлуатаційної надійності та включає не тільки відновлення геометричних розмірів розподільних валів двигунів, але й підвищення їх експлуатаційних характеристик, у тому числі зносостійкості [1,2]. Таким чином, підвищення зносостійкості, довговічності та надійності розподільних валів двигунів є кінцевою метою розробки технологічних процесів відновлення та ремонту.

Мета досліджень. Метою досліджень є розробка технології відновлення розподільних валів двигунів шляхом нанесення покриттів методом електродугового напилення та дослідження властивостей отриманих покриттів.

Методи досліджень. Як об'єкти дослідження було обрано розподільні вали з ЕДН - покриття з дротяної сталі 40X13 (рис. 1). Діаметр дроту 2,0 мм. Вибір сталей мартенситного класу 40X13 для зносостійких покриттів обумовлений їх здатністю до структурно-фазових аустенітно-мартенситних перетворень [3-5]. В основі роботи установки для ЕДН (рис. 2) лежить процес плавлення дротів електричною дугою та розпилення металу високошвидкісним струменем продуктів згорання пропано-повітряної суміші. Використання пропано-повітряної суміші дозволяє знизити окислення металу, що напилюється, і вигорання легуючих елементів [3-5]. Кількісний стереологічний аналіз пористості покриттів

проводився на автоматичному аналізаторі зображення "Mini-Magiscan" фірми "Joyce Loebel", Англія, за програмою "Genias 26" (рис. 3). Вимірювання мікротвердості проводилося на мікротвердомір "Micromet-II" (рис. 4). Напилене покриття характеризується високою міцністю зчеплення (табл. 1), щільністю (рис. 3), мікротвердістю (рис. 4), що дозволяє підвищити зносостійкість робочих поверхонь деталей (рис. 5) та їх експлуатаційні характеристики (табл. 2).

Результати досліджень. В результаті досліджень розроблено технологічний процес відновлення розподільних валів ЕДН, який складається з наступних операцій: підготовки дроту; очищення та дефектування деталей; попередньої механічної обробка зношених поверхонь деталей; дробоструменевої обробки; напилення; контролю напилених поверхонь; механічної обробки покриттів. При розробці технології відновлення розподільних валів двигунів (рис. 1) бралось до уваги конструкція валу, властивості матеріалів валу та покриття, розміри покриття, допустима температура нагрівання, тощо. Сутність процесу ЕДН (рис. 2) полягає в плавленні дроту електричною дугою та розпиленні розплавленого металу струменем, утвореним продуктами згоряння пропано-повітряної суміші, з подальшим транспортуванням потоку частинок розплавленого металу до поверхні валу, що відновлюється (рис. 2).



Рисунок 1 – Розподільні вали 20-07-06А двигуна УТД-20 а) зношений; б, в) відновлені

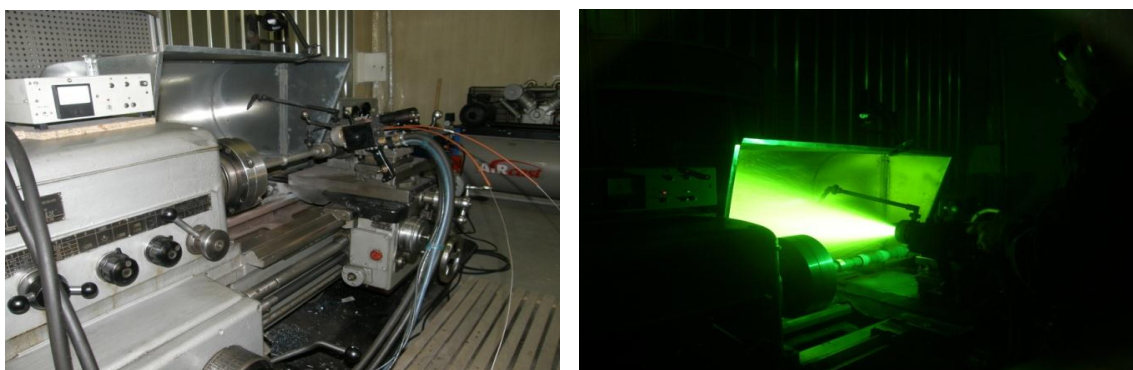


Рисунок 2 – Відновлення розподільного валу методом ЕДН

Відновлені розподільні вали представлені на рисунку 2. Основні фізико-механічні властивості отриманих покриттів, представлені в табл. 1 та на рис. 3-5. Лабораторні та стендові випробування розподільних валів показали, що зносостійкість їх відновлених поверхонь у 1,5-2 рази вища, ніж поверхонь нових валів (рис. 5, табл. 2). В якості базової трибологічної системи використовувалася система сталь 40Х13-МС20-Сталь 45. Термін служби розподільних валів з покриттями (рис. 2) збільшився у два рази.

Таблиця 1 - Характеристики сталевих покриттів, отриманих ЕДН

Найменування характеристики	Значення
Мікротвердість, МПа	HV 800
Контактні навантаження, МПа	до 100 за наявності ударів
Ступінь окислення покриття, %	до 3
Міцність зчеплення, МПа	80 - 120
Товщина покриття, мм	0.5 - 3.0

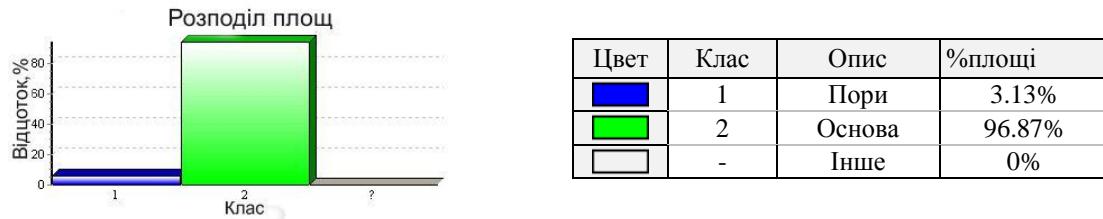


Рисунок - 3. Результати кількісного стереологічного аналізу пористості відновленої поверхні при ЕДН матеріалу покриття (сталь 40X13) продуктами згорання пропано-повітряної суміші



Рисунок 4 - Графік зміни мікротвердості по глибині покриття із сталі 40X13 на поверхні вала, відновленій ЕДН

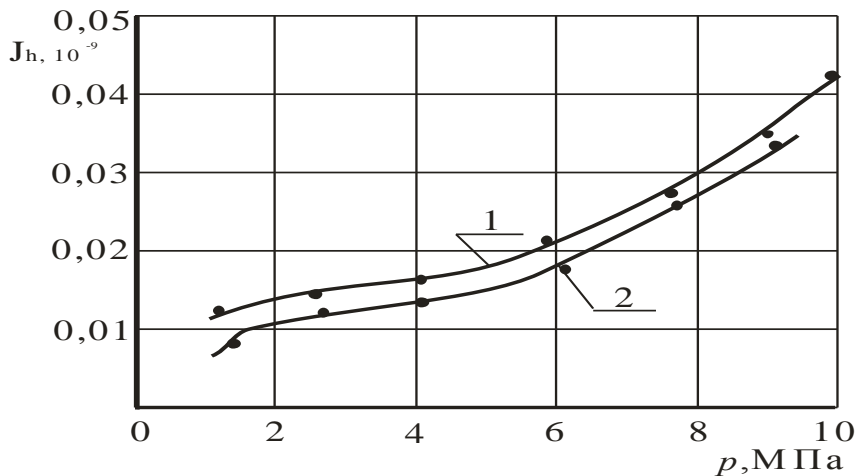


Рисунок 5 - Залежність інтенсивності зношування поверхонь експериментальних зразків (1) та поверхонь експериментальних зразків, відновлених електродуговими покриттями з дрютяної сталі 40X13 при розпилюванні її продуктами згорання пропано-повітряної суміші (2) від навантаження

Таблиця 2- Фізико-механичні властивості відновлених валів

Деталь	Матеріал	Міцність зчеплення, МПа	Середнє значення зносу, мм
Розподільний вал новий	сталь 45	-	0,05-0,15
Розподільний вал відновлений		120	0,01-0,02

Висновок. На підставі досліджень розроблено технологічну інструкцію для відновлення розподільного валу та практичні рекомендації щодо використання розробленої технології відновлення на ремонтних підприємствах. Розроблена технологія відновлення розподільних валів двигунів розширила номенклатуру відновлюваних деталей та дозволила відновлювати не тільки розподільні двигуни, а й розподільні вали та деталі типу «вал» будь-яких засобів транспорту, організувати ділянки відновлення деталей на ремонтних підприємствах.

Список використаних джерел

1. М.С. Агеев, М.Ф. Ковалев, М.В. Головащук Условия эксплуатации, причины и виды износа валов двигателей внутреннего сгорания и повышение их износостойкости и срока службы. Підвищення надійності машин і обладнання (Increase of Machine and Equipment Reliability): матеріали міжнародної науково-практичної конференції (15–17 квітня 2020 р. Кропивницький, ЦНТУ). Кропивницький: 2020. С. 119–124.
2. С.К. Фомичев, В.Н. Лопата, М.С. Агеев, А.В. Ворона Восстановление и упрочнение быстроизнашивающихся деталей бронетранспортеров электродуговым напылением. Якість, стандартизація і контроль: теорія і практика: матеріали 15-ї міжнародної науково-практичної конференції (15–18 вересня 2015 р., Одеська область, Затока). Київ: АТМ України, 2015. С. 184–188.
3. M. Ageev, S. Dovzhuk, V. Nikolaychuk. The Influence of Design Parameters for Electric Arc Equipment on the Factors of Spray Process and Properties of Coatings. Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences. 2019. Col.1(32). P.114–123. ISSN 2664-262X.
4. Brusilo Y.V., Cherepko A.E. Investigation of properties of coatings deposited by different arc spraying methods. Науковий журнал «Наукоемні технології №4(20) 2013. С. 366-371.
5. M.S. Ageev, M.S. Chernovol, T.V. Smirnova. Study of the spraying process and the influence of its factors on the properties of electric arc spraying coatings. Modern questions production and repair in industry and in transport: materials of the 20th International Scientific and Technical Seminar (March 23–29, 2020, Tbilisi, Georgia). Kyiv: 2020. P. 201–205.
6. Аулін, В. В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах : монографія / В. В. Аулін. - Кіровоград : ТОВ "КОД", 2014. - 369 с.
7. Напружено-деформований стан поверхневого шару деталей при реалізації триботехнологій припрацювання і відновлення / В. В. Аулін, С. В. Лисенко, А. В. Гриньків [та ін.] // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2019. - Вип. 1 (32). - С. 103-113.
8. Аулін В. В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки. Дисертація д-ра техн. наук: 05.02.04, Хмельниц. нац. ун т. Хмельницький, 2015. 447 с.
9. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія / Аулін В. В. [та ін.] ; за ред. проф. Ауліна В. В. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2016. - 303 с.
10. Замота Т.Н. Управление процессами приработки основных сопряжений деталей машин при изготовлении и ремонте: Монография // Т.Н. Замота, В.В. Аулин. – Кіровоград: издатель Лысенко В.Ф.; 2015. – 303 с.

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ КОМБІНОВАНОЮ ТЕХНОЛОГІЄЮ ВІДНОВЛЕННЯ

І.В. Смирнов, проф., д-р. техн. наук,

О.В. Лопата, асп.,

НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Л.А. Лопата, канд. техн. наук, **В.М. Кулижський**, асп.,

Інститут Проблем міцності імені Г.С. Писаренко НАНУ, м. Київ, Україна,

А.Є. Солових, доц., канд. техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Актуальність досліджень. Актуальне завдання підвищення ресурсу вітчизняного транспорту пов'язане з його експлуатацією та ремонтом. Надійність та техніко-економічна ефективність засобів транспорту значною мірою визначаються довговічністю та строком служби його деталей, які забезпечують та підтримують безперервну їх роботу. На довговічність деталей засобів транспорту (ЗТ) впливають його експлуатаційні характеристики, властивості середовища, зносостійкість пар тертя та ін. [1]. Ресурс ЗТ визначається умовами їх експлуатації: діапазоном режимів роботи, температури, тиску, навантажень. Досвід експлуатації транспорту показує, що термін служби його деталей у середньому в 1,5-2 рази менший за нормативний. Гарантом збереження парку деталей транспортних засобів, які відповідають вимогам його надійності та безпеки експлуатації, є:

- удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту;
- підвищення якості всіх видів ремонтно-відновлювальних робіт;
- створення нормативно-технічної бази ремонтних технологій, спрямованих на зниження витрат;
- встановлення оптимальних умов та режимів експлуатації засобів транспорту (ЗТ), що використовуються на стадії вичерпання ресурсу його деталей, а також після їх ремонту;
- відновлення та ремонт наявного парку деталей ЗТ.

З цією метою необхідно розробляти та впроваджувати низькоенергоємні технологічні процеси відновлення змінно-запасних деталей транспортних засобів.

Постановка задачі. Аналіз зношування деталей ЗТ показав, що в першу чергу існує потреба у відновленні поверхонь найбільш поширених деталей, що часто виходять з ладу, таких як вали та деталі типу «вал». Використання традиційних методів ремонту та відновлення деталей типу «вал» транспортних засобів не задовольняє запитам багатьох ремонтних виробництв [1-3]. Тому, розробка та впровадження маловитратних технологічних процесів відновлення та зміцнення валів та деталей типу «вал» ЗТ для збільшення їх ремонтного фонду, пошук нових та удосконалення існуючих методів їх ремонту та відновлення, що базуються на останніх наукових дослідженнях у галузі нанесення захисних зносостійких покриттів [2, 3], які дозволять продовжити термін їхньої служби, є актуальним завданням галузі транспорту. Вирішення цього завдання для транспортної галузі України є актуальним у зв'язку з обмеженістю сировинних ресурсів, а розробка технологічних процесів відновлення валів ЗТ та деталей типу «вал» забезпечить зниження витрат дорогих матеріалів та енерговитрат процесу ремонту при підвищенні його продуктивності з гарантією високих показників надійності відремонтованих виробів.

Результати досліджень. В результаті проведення досліджень:

- розроблено метод підвищення ресурсу транспортних засобів (ТЗ) на основі комбінованої технології відновлення, який полягає в електроконтактному припіканні (ЕКП) попередньо сформованих газополумєневим напиленням покриттів із самофлюсних сплавів на зношених поверхнях, що відновлюються;

- створено програмне забезпечення, що дозволяє керувати процесом відновлення і забезпечує нанесення покриття в твердій фазі;
- визначено оптимальні технологічні параметри процесу відновлення (табл. 1), що забезпечують задані фізико-механічні властивості (міцність зчеплення, щільність, витривалість та ін.) відновлюємих поверхонь та необхідні експлуатаційні властивості (зносостійкість, корозійна стійкість) ремонтуємих деталей;
- запропоновано підхід, який дозволяє пояснити механізм утворення з'єднання покриття з деталлю та керувати якістю відновлюваної поверхні за допомогою контролю величини деформації та технологічних параметрів процесу;
- в результаті дослідження впливу режимів відновлення на властивості одержуваних покриттів встановлено, що максимальну міцність зчеплення покриттів (180...200 МПа) та мінімальну пористість (3...5)% можна отримати за наступних технологічних параметрів процесу: струмі $I = 12$ кА; тиску припікання 60 МПа; тривалості імпульсів та пауз $t_i = t_n = 0,04$ с; ширина роликів $b = 8...10$ мм; товщина покриття $h = 0,5...3$ мм.

Таблиця 1 – Практичні рекомендації щодо використання розробленої комбінованої технології відновлення деталей типу «вал» ЗТ

Параметри процесу ЕКП	
Струм, кА	1,5...30
Напруга, В	1...6
Тиск припікання, МПа	10...100
Зусилля стиснення електродів, кН	1...5
Тривалість, імпульсу та паузи струму, с	0,01...0,1 и 0,01...0,1
Діаметр електродів-роликів, мм	Більше 100
Частота обертання шпинделя, об/хв.	0,6...20
Поздовжня подача, мм	Рівна ширині електрода
Ширина електродів, мм	6...35
Параметри попереднього формування покриття із порошкового матеріалу ГПН	
Дистанція напilenня, мм	80-150
Тиск газу, що розпилює матеріал покриття, МПа	0,1...0,2
кисню	0,03...1,0
пропан-бутану	
Витрати газу, що розпилює матеріал покриття, м ³ /год	1,0...2,0
кисню	0,2...6,0
пропан-бутану	
Частота обертання валу, об/хв	До 40
Коефіцієнт використання матеріалу, що розпилюється	0,8-0,9
Продуктивність розпилення, кг/год	1-10
Параметри абразивно-струменевої обробки	
Швидкість різання, м/с	15...25
Алмазні шліфувальні круги на металавих зв'язуючих	зернистість 63 ... 50 мкм

Аналіз структур відновлених поверхонь показав, що у межі покриття-деталь відсутня зона перемішування матеріалу покриття з матеріалом деталі, тобто. відсутня процес розплавлення та перегрів деталі, що задовольняє технічним вимогам до деталей (рис.1,а). Дослідження мікроструктури системи «покриття-відновлюєма поверхня» (рис. 1,а)

проводилося на нетравлених та травлених шліфах на світловому мікроскопі «MeF-3» фірми "Reichert" (Австрія) при збільшенні '100, '200, '500. Експлуатаційні властивості відновлених деталей в багатьох випадках визначаються величиною зони термічного впливу (рис. 1,б). Протяжність зони термічного впливу (ЗТВ) визначали за даними металографічних досліджень. Вона коливається від 0,15 до 1 мм залежно від природи з'єднаних матеріалу покриття та матеріалу деталі, а також від режимів ЕКП. Така величина ЗТВ пов'язана з охолодженням поверхні, що відновлюється, величиною струму припікання і часом нагріву.

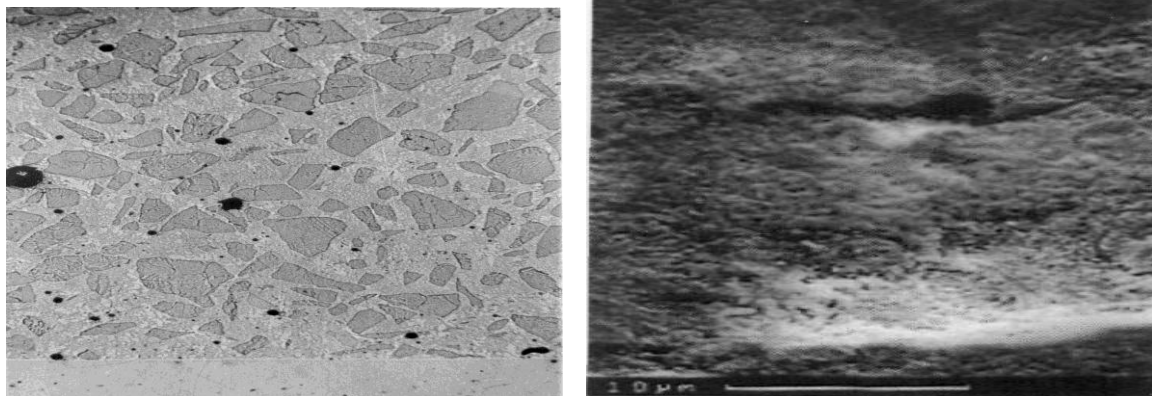


Рисунок 1 – Мікроструктура системи «покриття-відновлюєма поверхня» $\times 100$ (а) та зона термічного впливу ($\times 1000$).

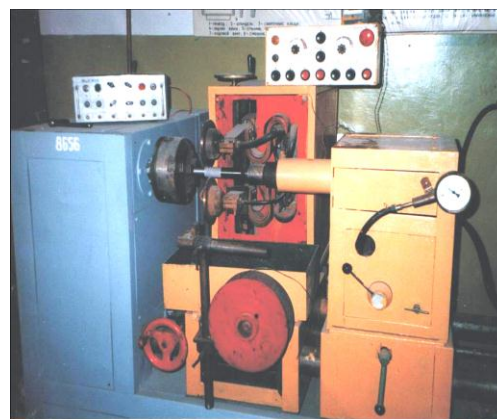
Розроблено технологічний процес відновлення (табл. 1, рис. 2). Лабораторні та стендові випробування деталей показали, що зносостійкість відновлених поверхонь у 2,5...3 рази вища, ніж поверхонь, відновлених за технологією газополуменевого напилення. Термін служби відновлених деталей (рис. 3) збільшився у 1,5...1,8 рази порівняно з новими деталями.



а



б



в

Рисунок 2 – Дільниця комбінованої технології відновлення деталей ЗТ шляхом нанесення захисних зносостійких покриттів: дробоструменева обробка (а), газополуменеве напилення (б), електроконтактне припікання - обробка (в)

На підставі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено технологічну інструкцію для відновлення деталей ЗТ та практичні рекомендації щодо використання комбінованої технології відновлення на ремонтних підприємствах України.



Рисунок 3 – Відновлені деталі ЗТ: розподільний вал, поршневі пальці (а) та колінчастий вал (б) двигуна 5Д-20; ротор двигуна автомобіля МАЗДА СХ (в)

Показано, що при виборі способу відновлення необхідно прагнути до:

- підвищення наукомісткості технологічного забезпечення процесів відновлення і зниження їх ресурсозатрат;
- забезпечення зростання прибутку зі збільшенням інвестицій у технологію відновлення.

Доцільним є характер розвитку технології відновлення оцінювати ставленням зростання прибутку до обсягів інвестицій. Запропоновано наукомісткість комбінованої технології відновлення деталей ЗТ оцінювати показником K_n , що становить відношення технологічних витрат до ресурсів.

Доцільно використовувати показники наукомісткості K_n для порівняння та оптимізації технологій відновлення за:

- матеріало- та енергоємністю,
- критеріями міцності та зносостійкості, продуктивності, ресурсозатрат та собівартості.

Висновок. Розроблена комбінована технологія відновлення дозволила:

- розширити номенклатуру відновлюємих деталей засобів транспорту та відновлювати не лише деталі типу «вал»;
- організувати дільниці відновлення деталей;
- проводити наукові дослідження аспірантами та навчальний процес для студентів.

Список використаних джерел

1. М.С. Агеев, М.Ф. Ковалев, М.В. Головащук Условия эксплуатации, причины и виды износа валов двигателей внутреннего сгорания и повышение их износостойкости и срока службы. Підвищення надійності машин і обладнання (Increase of Machine and Equipment Reliability): матеріали міжнародної науково-практичної конференції (15–17 квітня 2020 р. Кропивницький, ЦНТУ). Кропивницький: 2020. С. 119–124.
2. М.С. Агеев, І. В. Грицук Застосування комбінованих технологій відновлення для підвищення ресурсу деталей засобів транспорту Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту, 2020, Вип. 194.С. 81–92.
3. М.С. Агеев, А.В. Рудковський, О.П. Грищенко, Е.К. Солових, С.О. Магопєць Відновлення деталей засобів транспорту комбінованим методом нанесення багатофункціональних покриттів Науковий журнал «Вісник Хмельницького національного університету». Технічні науки. 2020. №3 (285). С. 268–277.
4. Аулін, В. В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах : монографія / В. В. Аулін. - Кіровоград : ТОВ "КОД", 2014. - 369 с.
5. Напружено-деформований стан поверхневого шару деталей при реалізації триботехнологій припрацювання і відновлення / В. В. Аулін, С. В. Лисенко, А. В. Гриньків [та ін.] // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2019. - Вип. 1 (32). - С. 103-113.
6. Вплив процесів, що відбуваються в рухомих спряженнях деталей транспортних машин під дією компонентів геомодифікатора, на ефективність триботехнологій припрацювання і відновлення / В. В. Аулін, С. В. Лисенко, А. В. Гриньків [та ін.] // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. - Вип. 3 (34). - С. 250-265.
7. Аулін, В. В. Модель надійності деталей транспортних машин за процесами реалізації триботехнологій їх припрацювання і відновлення / В. В. Аулін, С. В. Лисенко, А. В. Гриньків // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки : зб. наук. пр. - Кропивницький : ЦНТУ, 2019. - Вип. 2 (33). - С. 50-64.

ДО ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ ТРИЛАНКОВИХ АВТОПОЇЗДІВ

В.П. Сахно¹, проф., д-р техн. наук
В.М.Поляков¹, доц., канд. техн. наук
С.М.Шарай¹, доц., канд. техн. наук
І.С.Мурований², доц., канд. техн. наук

¹Національний транспортний університет, Україна
²Луцький національний технічний університет, Україна

Сучасний розвиток громадського та вантажного транспорту веде до збільшення запитів вантажних транспортних засобів великих міст і міських автобусів. Ця тенденція обґрунтовує аргументи економії енергії та зниження рівня забруднення навколишнього середовища, обумовленою обмеженістю кількості транспортних засобів і водіїв, необхідних для перевезення великої кількості вантажів і людей. Як слідство, виробники вантажівок і міських автобусів у нинішній час проектують конструкції великої місткості у формі спільних та багатоланкових, як правило, триланкових транспортних засобів. Шарнірне з'єднання ланок робить довгі транспортні засоби універсальними у використанні і допускає швидке маневрування навіть в напруженому міському середовищі. Існуючі конструкції вантажних і пасажирських триланкових автопоїздів виконані за двома універсальними схемами. Перша: автопоїзд сформований або з тривісного тягача + 5-вісного причепа, виконаного на базі серійного 3-вісного напівпричепа на двовісному підкатному візку, або сидельно-причіпний автопоїзд, де до серійного напівпричепа причіплюється 2-вісний причіп, зазвичай з центрально розташованими осями. При цьому зберігається модульність конструкції рухомого складу [1]. Друга: автопоїзд сформований або з тривісного (двовісного) тягача і двох одно-, дво- або тривісних причепів, або із сидельного тягача і двох напівпричепів. З метою підвищення ефективності автоперевезень, скорочення витрати палива і токсичності відпрацьованих газів на одиницю вантажу, що перевозиться, з 1998г. скандинавські країни Швеція і Фінляндія змінили вимоги до довжини і повної маси автопоїздів до 25,25 м і 60 т, зберігши при цьому вимоги Директиви 2002/7/ЕС до осьових навантажень. Дозволена експлуатація 2 компоновальних схем автопоїздів. Перша: автопоїзд сформований з тривісного тягача + 5-вісного причепа, виконаного на базі серійного 3-вісного напівпричепа на двовісному підкатному візку. Друга – причіпний або сидельно-причіпний автопоїзд у складі автомобіля-тягача (автобуса) і двох причепів або напівпричепів. При цьому зберігається модульність конструкції рухомого складу [1,2].

Якщо за першою схемою виконують, як правило, вантажні автопоїзди, то за другою – і вантажні, і пасажирські автопоїзди. Тому розглянемо триланкові автопоїзди за другою універсальною схемою.

Характеристики маневреності і стійкості руху АТЗ, як відомо, визначаються комбінацією експлуатаційних, масово-геометричних і конструктивних параметрів його модулів (для метробусів це автобус і причепа) і систем їх управління. В загальному випадку бажані сполучення вказаних параметрів з точки зору стійкості навіть для одного і того ж транспортного засобу в діапазоні експлуатаційних навантажень і швидкостей руху бувають різними. Як, наслідок, є складність отримання на ранніх стадіях створення АТЗ точних конструктивних параметрів і кількісних показників за критеріями стійкості його руху. Успіх у рішенні подібних задач залежить від того, наскільки вдало обрана математична модель і її істотні параметри, що описують поведінку динамічної системи у різних режимах руху. У роботі [3] складені диференціальні рівняння плоскопаралельного руху для визначення показників маневреності і стійкості руху, проте ці рівняння можуть характеризувати стійкість АТЗ тільки у прямолінійному русі. Їх використання для оцінки стійкості АТЗ у перехідних режимах руху може призвести до суттєвих похибок. У зв'язку з цим метою

роботи є визначення показників стійкості триланкових автопоїздів у перехідних режимах руху, зокрема при виконанні таких маневрів як «ривок рульового колеса» і «переставка».

При дослідженні стійкості руху автопоїзда розглядають, як правило, плоскопаралельний рух його ланок. При цьому вважають, що нормальні реакції опорної поверхні на колеса правого і лівого борту однакові. За такої умови стійкість руху розглядають для плоскої моделі автопоїзда.

Маневрування у граничних режимах руху може призвести до суттєвої зміни реакцій опорної поверхні на колеса ланок автопоїзда. Тому необхідно розглянути рух автопоїзда в поперечній площині. Зв'язок між підресореними і непідресореними масами реальної конструкції автопоїзда здійснюється за допомогою пружних і демпфуючих пристроїв, а між непідресореними масами і дорогою – через шини, які характеризуються одночасно і пружними і демпфуючими властивостями. За відносно невеликих швидкостей руху автопоїзда в умовах маневрування можна вважати, що переміщення підресорених і непідресорених мас здійснюються синхронно, при цьому має місце якби статичне стискання елементів підвіски і шин при незначному опорі амортизаторів [4]. За таких обставин можна припустити, що підресорені маси здійснюють коливання на пружних елементах з приведеною жорсткістю і використати рівняння, що наведені в роботі.

Для триланкового причіпного автопоїзда сили взаємодії в тягово-зчіпних пристроях не впливають на перерозподіл навантажень по бортам ланок автопоїзда. Тому досить складну систему – триланковий причіпний автопоїзд можна розглядати як три системи – автомобіль-тягач (автобус), перший і другий причепи, що креняться незалежно. При цьому вісь крену кожної ланки паралельна опорній поверхні, і рух ланок автопоїзда у вертикальній поперечній площині впливає на боковий рух, в першу чергу, і в основному, шляхом зміни вертикальних навантажень на колеса. При цьому змінюються вертикальні реакції опорної поверхні на колеса автопоїзда, що призводить до зміни коефіцієнтів опору відведення коліс тягача і причепів, і тим самим зміні показників стійкості. У відповідності до цієї концепції і було проведено дослідження руху автопоїзда в поперечній площині. Спочатку були визначені кути складання ланок автопоїзда, потім – кути крену автобусів МАЗ-206, а за ними величин довантажень і розвантажень коліс першого, другого і третього автобусів, а також вантажного автопоїзда у складі автомобіля-тягача DAF XF 105 і двох причепів з наближеними осями Krone ZZ-18 при повороті на 90^0 за швидкості 15 м/с і режимного коефіцієнту повороту $\left(K_{\pi} = \frac{\dot{\theta}_0}{v_1} \right) = 0,01 \text{ м}^{-1}$.

За результатами розрахунків було встановлено, що характер зміни кутів складання, крену, довантажень коліс одного борту для пасажирського автопоїзда у складі трьох автобусів МАЗ-206 і вантажного автопоїзда у складі автомобіля-тягача DAF XF 105 і двох причепів з Krone ZZ-18 з наближеними осями однаковий. При цьому кути складання і крену пасажирського автопоїзда менші у порівнянні з вантажним, що пояснюється наявністю керованих ланок у вантажного автопоїзда, разом з тим довантаження коліс одного борту вантажного автопоїзда менше у порівнянні з пасажирським за рахунок більшої жорсткості підвіски тягача і причепів.

Величини довантажень коліс одного борту, а також кути складання покладені в основу розрахунків показників стійкості автопоїздів. При цьому враховано зміну коефіцієнтів опору відведення коліс автопоїзда від зміни навантаження з використання методики Д.А.Антонова [5]. На рис. 1 наведені залежності бічних прискорень автопоїздів, що розглядаються, при виконанні маневру «ривок рульового колеса» за швидкості 10 м/с.

Аналіз даних, рис.1, показує, що бічні прискорення, що діють у центрі мас ланок пасажирського і вантажного автопоїздів майже однакові, проте є і суттєва різниця. Для пасажирського автопоїзда в початковий момент маневру бічні прискорення другого і третього автобусів набувають від'ємного значення, що може за інших умов (наприклад, збільшення швидкості руху при виконанні різних маневрів) призвести до порушення стійкості руху, що не характерно для вантажного автопоїзда. Разом з тим, стійкість руху

автопоїздів, що розглядаються, при виконанні маневру «ривок рульового колеса» забезпечується (максимальні прискорення не перевищують 0,45 g). При цьому максимальні прискорення зменшуються на 8,6% за відсутності крену кузова.

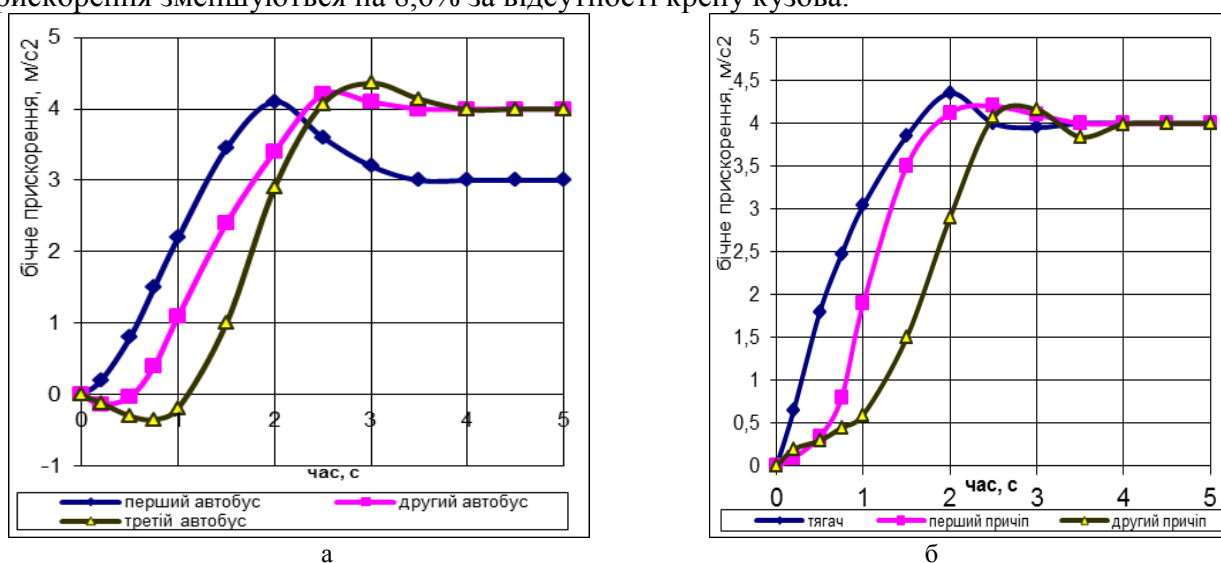


Рисунок 1 – Зміна бічних прискорень у центрі мас ланок: а – для пасажирського автопоїзда, б – для вантажного автопоїзда

Висновки.

1. Показано, що для триланкового причіпного автопоїзда сили взаємодії в тягово-зчіпних пристроях не впливають на перерозподіл навантажень по бортам ланок автопоїзда і такий автопоїзд можна розглядати як три системи – автомобіль-тягач (автобус), перший і другий причепи, що креняться незалежно. При цьому крен ланок автопоїзда призводить до зміни опорних реакцій на колесах різних бортів, що призводить до зміни коефіцієнтів опору відведення коліс тягача і причепів, і тим самим зміни показників стійкості.

2. Встановлено, що характер зміни кутів складання, крену, довантажень коліс одного борту для пасажирського автопоїзда у складі трьох автобусів MA3-206 і вантажного автопоїзда у складі автомобіля-тягача DAF XF 105 і двох причепів з Krone ZZ-18 з наближеними осями однаковий. При цьому кути складання і крену пасажирського автопоїзда менші у порівнянні з вантажним, що пояснюється наявністю керованих ланок у вантажного автопоїзда, разом з тим довантаження коліс одного борту вантажного автопоїзда менше у порівнянні з пасажирським за рахунок більшої жорсткості підвіски тягача і причепів.

3. Бічні прискорення, що діють у центрі мас ланок пасажирського і вантажного автопоїздів майже однакові. Разом з тим, для пасажирського автопоїзда в початковий момент маневру бічні прискорення другого і третього автобусів набувають від'ємного значення, що може призвести до порушення стійкості руху, що не характерно для вантажного автопоїзда. Разом з тим, стійкість руху автопоїздів, що розглядаються, при виконанні маневру «ривок рульового колеса» забезпечується (максимальні прискорення не перевищують 0,45 g). При цьому максимальні прискорення зменшуються на 8,6% за відсутності крену кузова.

Список використаних джерел

1. Перспективные большегрузные автопоезда для евроазиатских перевозок. Топалиди В.А. (УНЦ AIRCUZ "BILIMINTETRANS"). // www.iru-cis.ru/iru-moscow/2007/02_sr/doc/21/Topalidi_Uzbekistan_-Rus.pdf/
2. В.М.Поляков, В.П.Сахно. Триланкові автопоїзди. Маневреність. Київ. Національний транспортний університет. 2013. – 200 с.: іл.
3. Volodimir Sakhno, Juraj Gerlici, Victor Poliakov, Alexandr Kravchenko, Oleg Omelnitsky, Tomas Lask. Road train motion stability in BRT system //XXIII Polish-Slovak Scientific Conference Machine Modelling and Simulation. MMS 2018.- Book of abstracts, September 4-7, 2018, Rydzyna Poland, p.49.
4. Шарнірно-зчленовані автобуси. Маневреність та стійкість: монографія / В.П. Сахно, В.М. Поляков, С.М. Шарай, І.С. Мурований, О.С. Омельницькій. – Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2021. - 288 с.
5. Антонов Д.А. Расчет устойчивости движения многоосных автомобилей. М.: Машиностроение, 1984. 168с.

ЛОГІСТИКА ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ПРАТ «КИЇВСЬКИЙ МАРГАРИНОВИЙ ЗАВОД» У МІЖМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

О.А. Дьомін, доцент., д-р пед. наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ПрАТ «Київський маргариновий завод» (КМЗ) можна по праву назвати одним з лідерів олійно-жирової галузі України. Понад п'ятдесят років він успішно впроваджує в означену галузь технологічні і маркетингові інновації, ефективно співпрацюючи з німецькими фахівцями, зокрема у створенні оригінальної рецептури продукції, що випускається під брендом «Олком» з грудня 1999 року.

Логістика готової продукції ПрАТ «Київський маргариновий завод» у міжміському сполученні базувалася на обміні вантажами між відповідними регіонами України внаслідок чого стало налагодження міцних регулярних транспортних зв'язків. Обсяг перевезень та вантажообіг міжміських поставок готової продукції КМЗ є матеріальним відображенням згаданих зв'язків.

Зважаючи на військовий стан на території нашої країни, вважаємо необхідним проаналізувати транспортно-логістичну систему міжміського сполучення КМЗ (табл. 1) з метою її коректування для зведення до мінімуму небезпеки від бойових дій.

Таблиця 1 – Транспортно-логістична система міжміського сполучення КМЗ (традиційна)

№	Назва вантажу	Пункт		Завант. їздка, км	Обсяг перевезень, т
		Навантаження	Розвантаження		
1а	Готова продукція	«Київський маргарин завод» м. Київ, пр. Науки, 3	Склад - «Холодок» м. Івано-Франківськ, площа Ринок, 10	625	3400
1б	Напівфабрикати	ТОВ «Федик» м. Івано-Франківськ, вул Левинського, 1а	Склад – холодильник «Океанов» м. Київ, вул. Василенка, 2	543	3400
2а	Готова продукція	ПрАТ «Київський маргариновий завод» м. Київ, пр. Науки, 3	Хол термінал «Термос» Харківська обл., смт. Васищево, вул Овочева, 15	494	4300
2б	Молочна продукція	ПАТ «Роганський холодокомбінат» м.Харків, вул Роганська, 151	Холод. термінал «Термос» Київська обл, Броварський р-н, с. Красилівка, вул Басова, 43	492	4700
3а	Готова продукція	ПрАТ «Київський маргариновий завод» м. Київ, пр. Науки, 3	Мережа холох терміналів «Термос», Запоріжжя, вул Вишнева, 42	513	2700
3б	Молочна продукція	ПАТ «Варіор» Запоріжська обл, м. Бердянськ, вул. Промислова, 5	Холод термінал «Термос» Київська обл, Броварський р-н, село Красилівка, вул. Басова, 43	738	4400

Аналіз традиційних транспортних сполучень КМЗ (див. табл. 1) показав, що у напрямку від КМЗ (прямий напрямок, позначений літерою «а»), ці логістичні зв'язки сполучають підприємства-виробники Києва і продовольчі склади Харкова, Запоріжжя, та Івано-Франківська. Зворотній напрямок транспортно-логістичної системи (від регіонів до Києва, позначений літерою «б») – між виробниками Харкова, Бердянська і Івано-Франківська та відповідними терміналами, розміщеними у Києві й області.

В умовах воєнного стану в Україні внаслідок російської військової агресії, єдиним безпечним транспортним сполученням, серед перелічених у таблиці 1 є маршрут Київ – Івано-Франківськ – Київ. Враховуючи проведення бойових дій (березень – квітень 2022 року), у Харківській та Запорізькій областях, а також тимчасову окупацію міста Бердянськ російськими військами, вважаємо необхідним замінити маршрути №2 (Київ – Харків – Київ) і №3 (Київ – Запоріжжя – Бердянськ – Київ) на безпечніший маршрут до місця, з якого буде змога за можливої перерви між бойовими діями забезпечити продукцією КМЗ, міста та області Харкова і Запоріжжя. На основі проведеного нами аналізу, у якості такого місця підходить термінал ООО Семко, що знаходиться у місті Дніпро за адресою: вулиця Журналістів, 13. Після заміни небезпечних під час бойових дій двох означених маршрутів одним маршрутом Київ – Дніпро – Київ, з врахуванням відповідного обсягу перевезень, скоректована таблиця транспортно-логістичної системи міжміського сполучення КМЗ (табл. 2) буде мати наступний вигляд.

Таблиця 2. – Транспортно-логістична система міжміського сполучення КМЗ (скоректована)

№	Назва вантажу	Пункт		Завант. їздка, км	Обсяг перевезень, т
		Навантаження	Розвантаження		
1а	Готова продукція	«Київський маргарин завод» м. Київ, пр. Науки, 3	Склад - «Холодок» м. Івано-Франківськ, площа Ринок, 10	625	3400
1б	Напівфабрикати	ТОВ «Федик» м. Івано-Франківськ, вул Левинського, 1а	Склад – холодильник «Океанов» м. Київ, вул. Василенка, 2	543	3400
2а	Готова продукція	ПрАТ «Київський маргариновий завод» м. Київ, пр. Науки, 3	Холод. термінал «ООО Семко», м. Дніпро вулиця Журналістів, 13	492	7000
2б	Морожені фрукти та ягоди	Холод. термінал «ООО Семко», м. Дніпро вулиця Журналістів, 13	Холод. термінал «Термос» Київська обл, Броварський р-н, с. Красилівка, вул Басова, 43	492	6800

Скоректувавши транспортно-логістичну систему міжміського сполучення ПрАТ «Київський маргариновий завод» ми очікуємо підвищити її ефективність за рахунок уникнення небезпечних ситуацій внаслідок бойових дій на північному і південному сході України. При цьому також необхідно враховувати особливість сполучення Київ – Дніпро і не наражатись на небезпеку мінування доріг на стику Київської і Чернігівської областей і утворення тривалих заторів під час руху по мостах через Дніпро в межах Києва. У зв'язку з цим, означений маршрут слід прокладати не через міста Бориспіль, Пирятин, Лубни, а через міста Обухів, Миронівка, Олександрія, П'ятихатки. Це дасть змогу оминати київські мости через Дніпро і рухатись на значній відстані від зони бойових дій.

КЛАСИФІКАЦІЯ, ТЕХНІЧНІ МОЖЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ АГРОДРОНІВ

В.І. Мельник, доц., канд. економ. наук,
А.С. Кривонос, ст. магістратури

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Сільськогосподарські насадження є поєднанням ґрунту і культур, які на ньому вирощуються. Обидві складові вимагають постійного моніторингу й догляду. Класично виконання таких функцій здійснювалось наземним способом. Натомість, завдячуючи стрімкому розвитку новітніх технологій, стає можливим використання інших (альтернативних) способів. До прикладу – застосування дронів. Згадані пристрої, що стрімко розвиваються, є важливим сегментом світового ринку. Їх можливості уже оцінили великі агрофірми, розглядаючи агродрони як незамінний інструмент для здійснення проведення спостереження за полями, посівами різних культур тощо. І ця тенденція невпинно зростає.

Невеликий за габаритами квадрокоптер має можливість не тільки визначити стан посівів, а й зробити детальний аналіз ґрунту, що дає можливість приймати конкретні рішення щодо посівів, полів. Агродрони також забезпечують виконання таких важливих технологічних операцій агровиробництва, як проведення обприскування проти хвороб і шкідників, внесення добрив, полив.

Нині можна провести класифікацію дронів щодо функціонального призначення (рис. 1).

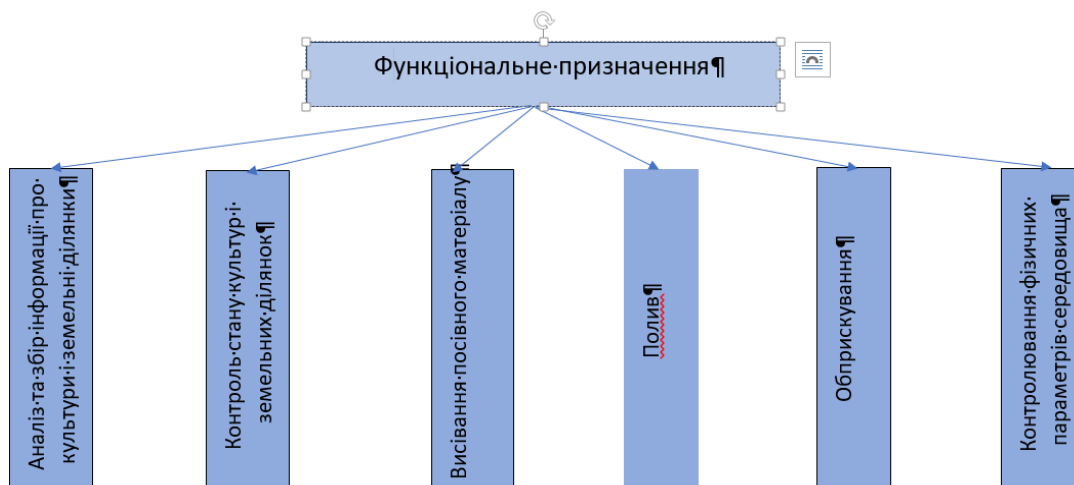


Рис. 1. Класифікація дронів щодо функціонального призначення

Згідно з такою класифікацією за допомогою агродронів можна проводити важливі види агротехнологічних операцій. Проведення детального аналізу та збирання інформації про стан полів і культур дає змогу фермеру підібрати кращі методи для догляду за угіддями. Під час контролю ділянки квадрокоптер забезпечує аграріїв якісними знімки задля спостереження за розвитком культур та станом поля. Висів насіння допомагає заощаджувати час, на відміну від посіву вручну. Полив; обприскування та внесення трихограми. За обприскування дронами у порівнянні з наземними технічними засобами відсутнє пошкодження рослин штангами обприскувачів і витоптування культур. Контролювання фізичних параметрів середовища та культур протягом доби та тривалих періодів забезпечує прогнозування врожайності.

Класифікацію агродронів можна розглядати щодо цілей застосування з урахуванням

технічних можливостей (рис. 2).

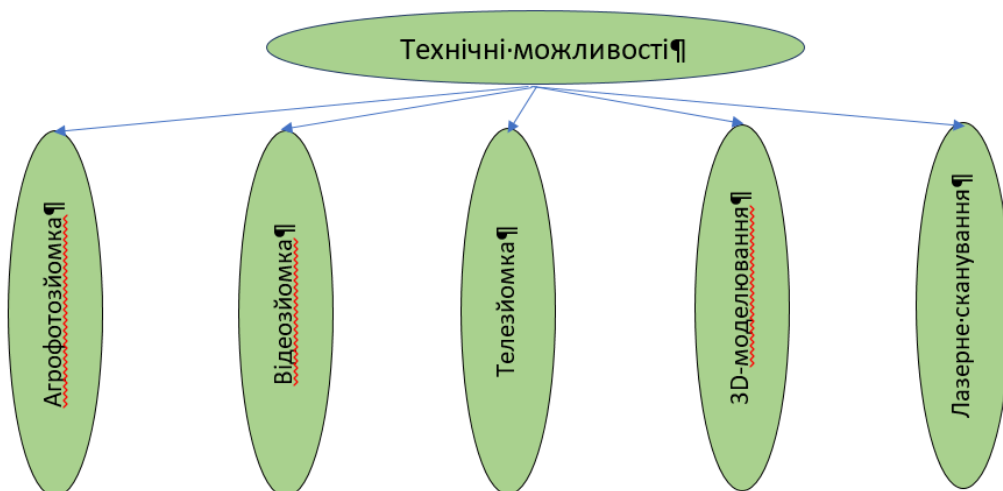


Рис. 2. Класифікація технічних можливостей дронів щодо моніторингу сільськогосподарських угідь

В основі такої класифікації лежить здатність агродронів виконувати декілька функцій: аерофотознімання – літаючи на невеликій висоті дрон оцінює стан культур, тим самим допомагаючи агрономам виявляти наявність шкідників, загибель рослин тощо; відеознімання – завдяки детальному моніторингу дає можливість оцінити якість посівів і стан ґрунту; телевізорна знімання з допомогою інфрачервоного випромінювання – допомагає стежити за рослинами з моменту посадки до часу збору врожаю; 3D-моделювання – дозволяє виявити ділянки з нестачею або надлишком вологи, використовується для зрошування ділянки; сканування лазером – знімання рельєфу для ретельного вивчення місцевості з отриманням досить якісних і точних знімків.

Ще один класифікаційний напрям можна провести відповідно до конструктивних особливостей та типу живлення. (рис. 3).

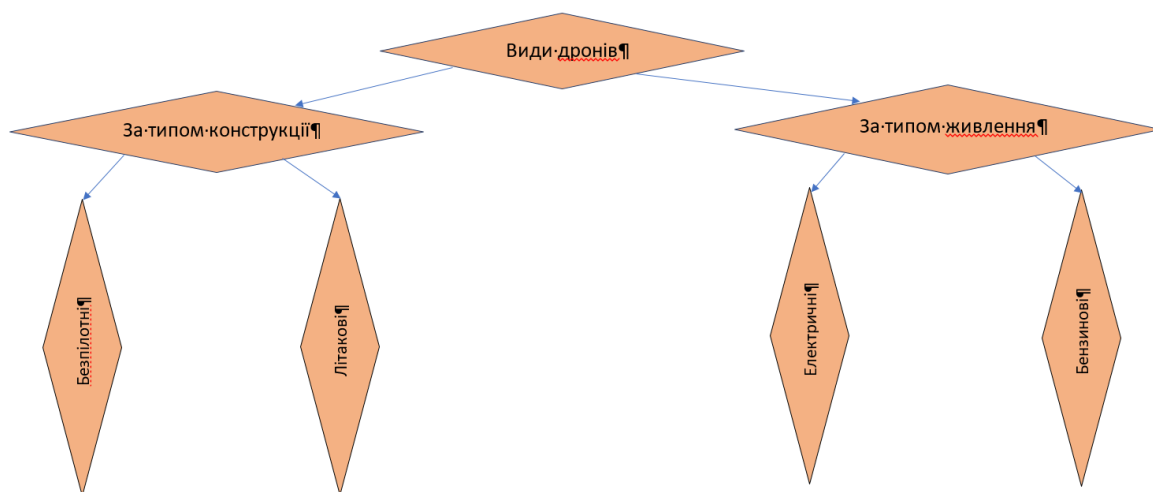


Рис. 3. Класифікація дронів за конструкцією та типом живлення

За типом конструкції розрізняють два основних види квадрокоптера: літакові й безпілотні, які використовуються у разі потреби виконання знімання тільки на одному місці. Такий пристрій має кілька лопатей, за допомогою чого можна проводити моніторинг, обприскування невеликого по площі поля, але даний пристрій має деякі недоліки: він може працювати лише деякий час при невеликій швидкості та малому радіусі дії, тому, власне, вони підходять для роботи не невеликих ділянках.

За типом живлення дрони поділяються на бензинові й електричні. Перші відрізняються тривалістю роботи. Вони є більш стійкі до поривів вітру завдячуючи великій вазі. Але мають також суттєвий недолік – в разі падіння на землю вони можуть розбитися або навіть спалахнути. Другі – є більш функціональні, але потребують постійної зарядки. Безперервна робота квадрокоптера зазвичай забезпечується наявністю відразу двох батарей, які за потреби, змінюються.

Як бачимо, агродрони мають велику кількість переваг, економлячи час на виконання польових робіт: огляд ділянки за пошуку бур'янів, проведення аналізу поля, поліпшення врожайності та прийняття ефективних рішень стосовно посівів та безпосередньо ділянок. Також сучасні безпілотні технології дозволяють відмовитись від використання дорогих і не досить точних інформативних сервісів на базі супутникової системи, підвищити охоронну систему полів та боротися із шкідниками сільськогосподарських культур біологічно безпечними методами, що значно знижує виробничі витрати.

Список використаних джерел

1. Використання агродронів в сільському господарстві: все, що потрібно знати. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://storgom.ua/ua/novosti/ispolzovanie-agrodronov-v-selskom-hozyajstve.html#3>
2. Безпілотні технології для промисловості і сільського господарства. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agrodrone.com.ua>
3. Клочко А. Математика обприскування агродронами. Все про вартість та рентабельність використання. [Електронний ресурс]. / А. Клочко. – Режим доступу: <https://kurkul.com/spetsproekty/1173-matematika-obpriskuvannya-agrodronami--vse-pro-vartist-ta-rentabelnist-vikoristannya>
4. Деркач, О. Цифрові технології у землеробстві: проблеми та перспективи / О. Деркач // Пропозиція. – 2019. – № 10. – С. 158–161. – Електрон. версія. – Режим доступу: <https://propozitsiya.com/ua/cyfrovi-tehnologiyi-u-zemlerobstvi-problemy-ta-perspektyvu> (дата звернення: 21.04.2021), вільний. – Назва з титул. екрана.

ОСНОВНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН ЗПРК

А.В. Новицький, доц., канд. техн. наук,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Аналіз сучасного рівня технічного забезпечення аграрного виробництва вказує на відсутність можливостей швидкого оновлення зношеного парку сільськогосподарської техніки [13]. У зв'язку із зазначеним, залишається актуальним завданням підвищення технічної готовності та ефективності використання техніки, включаючи машин та обладнання тваринництва, засоби для приготування і роздавання кормів (ЗПРК) [6, 7, 9]. У більшості випадків введення вартісних засобів діагностики вузлів та агрегатів ЗПРК є неможливими або ж недоцільним. При плануванні досліджень актуальним є удосконалення методів оцінки технічного стану, моніторингу умов експлуатації сільськогосподарської техніки, розробка методів їх обліку, аналізу та корегування [1, 4].

Необхідно відмітити недостатній моніторинг стану фактичного рівня надійності ЗПРК [13], особливо в системі розвитку інноваційних процесів [10, 14, 15]. В існуючих літературних джерелах, теоретичних та експериментальних дослідженнях недостатньо уваги приділено вивченню надійності техніки як складних технічних систем (СТС), із врахуванням умов експлуатації, впливу людського фактору, організації роботи інженерно-технічної служби, формування системи технічного обслуговування і ремонту (СТОР) [3, 7, 12].

Актуальною також залишається проблема індивідуалізації та оперативного коригування режимів ТОР машин, з урахуванням умов їх експлуатації. Раніше описані та традиційні методи обґрунтування системи ТОР не дають можливості вирішити зазначені проблеми оцінки надійності і технічного стану ЗПРК в повній мірі [1, 4, 12]. У випадках виникнення складності введення методів контролю основних техніко-експлуатаційних характеристик ЗПРК та складності реалізації безпосередньої системи діагностування, доцільним є використання методів опосередкованого контролю їх технічного стану.

Метою представлених досліджень є підвищення надійності ЗПРК за рахунок вивчення впливу експлуатаційних факторів на технічний стан машин в процесі їх використання. Методика досліджень передбачає проведення класифікації умов експлуатації та формування факторів, що впливають на зміну технічного стану ЗПРК. Будуть використані методи експертних оцінок [5, 15] для оцінки параметрів і технічного рівня складних технічних систем «Людина-Машина» [2, 8], стану забезпечення ресурсу ЗПРК [3, 8, 12].

Умови експлуатації були визначені виходячи з особливостей конструкції ЗПРК і класифіковані наступним чином [11]: умови використання; кліматичні умови; інтенсивність експлуатації та навантаження на робоче обладнання; характер і прийоми управління; категорії кормів і їх забрудненість; надійність конструкції засобу; система ТО і ремонту; стан контролю інженерно-технічної служби; організаційно-технологічні чинники; професійно-важливі якості працівників. В ході досліджень респондентами виступають експерти, що мають глибокі знання про предмети чи об'єкти дослідження [11]. До проведення опитування планується залучити десять експертів, що займаються експлуатацією і підтриманням працездатності ЗПРК.

Результати досліджень впливу експлуатаційних факторів на технічний стан ЗПРК отримали практичне підтвердження та використання в умовах аграрного виробництва.

Список використаних джерел

1. Novitskiy A., Karabinhosh S. Some aspects of information support for operability of complex agricultural machinery. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv, Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 2. 241. P. 106–121.
2. Novitskiy Andrey. Professional Reliability of Personnel in System of Development of Innovative Processes. *ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. Lublin-Rzeszow. 2018. Vol. 18. No 2, P. 93–102.
3. Andriy Novitskiy. Forming reliability of means for preparation and disposal of forage. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2017. Vol. 19. No 3. P. 123–128.
4. Аулін В. В., Лисенко С. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Мартиненко О. Д. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*. Харків. 2015. Вип. 158. С. 252–262.
5. Крянев А. В., Семенов С. С. К вопросу о качестве и надежности экспертных оценок при определении технического уровня сложных систем. *Надежность*. 2013; №4. С. 90–109. <https://doi.org/10.21683/1729-2646-2013-0-4-90-109>.
6. Ловейкін В. С., Хмельовський В. С., Гудова А. В. Підвищення ефективності роботи мобільних змішувачів-роздавачів кормів. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Серія: механізація і автоматизація виробничих процесів. Суми. 2016. Вип. 10/2 (30). С. 107–111.
7. Новицький А. В. Дослідження динаміки зміни показників надійності засобів для приготування і роздачі кормів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія: «Техніка та енергетика АПК». К., 2016. Вип. 241, частина 1. С. 334–338.
8. Новицький А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування складних технічних систем у тваринництві. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія: техніка та енергетика АПК. К., 2016. Вип. 254, ч. 3. С. 334–338.
9. Новицький А. В. Оцінка надійності засобів для приготування і роздавання кормів в залежності від умов і режимів їх експлуатації. *Науковий вісник НУБіПУ*. Серія «Техніка та енергетика АПК». К., 2015. Вип. 212, частина 1. С. 141–147.
10. Новицький А. В., Банний О. О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv, Ukraine. 2020, Vol. 11, No 2, P. 115–124.
11. Новицький А. В., Банний О. О., Бистрий О. М. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки. 2021, *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv, Ukraine. 2021. Vol. 12. No 4. P. 39–46.
12. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Класифікація робочих органів типу «ніж» засобів для приготування і роздавання кормів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv, Ukraine. 2017. Вип. 262 (2017). С. 287–296.
13. Новицький А. В., Ружи́ло З. В. Моніторинг забезпечення молочного скотарства машинами та обладнанням. *Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів»*. Харків, 2014, вип. 1 С. 56–63.
14. Новицький А. В., Ружи́ло З. В., Котречко О. О. Забезпечення надійності сільськогосподарської техніки в системі розвитку інноваційних процесів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv, Ukraine. 2019, Vol. 10, No 3, P. 151–157.
15. Новицький А.В. Моніторинг матеріально-технічного забезпечення та надійності техніки АПК в системі розвитку інноваційних процесів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv, Ukraine. 2019, Vol. 10, No 3, P. 87–94.
16. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки. Дисертація д-ра техн. наук: 05.02.04, Хмельницьк. нац. ун-т. Хмельницький, 2015. 447 с.
17. Гриньків А. В. Методи діагностування і прогнозування технічного стану силових агрегатів транспортних машин з використанням часових рядів : Дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 - Експлуатація та ремонт засобів транспорту ; наук. кер. В. В. Аулін ; Харків, 2018. 150 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МАШИН ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ І РОЗДАВАННЯ КОРМІВ «STRAUTMANN VERTI-MIX»

А.В. Новицький, доц., канд. техн. наук,
О.С. Кармаліта, студент магістратури,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Ю.А. Новицький, інженер-конструктор, ТОВ «ВіДі – Скай», м. Київ, Україна

Наукові дослідження та світова практика показують, що збільшення виробництва продукції тваринництва можливе лише за рахунок якісної підготовки кормів до згодовування згідно зоотехнічних вимог [3, 4, 7]. Трудомісткість процесу годівлі становить близько 35-40% від загальних трудових витрат по догляду за тваринами, що надає суттєвий вплив на собівартість тваринницької продукції [2, 6, 7].

Важлива роль в якійній годівлі тварин відводиться засобам для приготування і роздавання кормів (ЗПК), різноманітних за конструкцією і принципом дії. Зростаюча вартість ЗПК та розширення модельних рядів їх випуску для більшості заводів-виробників обумовлюють актуальність основних напрямків їх удосконалення, які включають підвищення ефективності та надійності, зниження матеріаломісткості та енергоємності. Серед відомих виробників ЗПК слід назвати [2, 5]: німецьку компанію «Siloking» (Німеччина), «Trioliet» (Нідерланди), «Strautmann» («Німеччина»), «Kuhn» (Франція), «Seko» (Італія) та інші.

В останні десятиліття виробництвом сучасних ЗПК в Україні займається цілий ряд підприємств сільськогосподарського машинобудування: ТДВ «Брацлав» [8], ТОВ «Демі-мікс-Україна» [9], ТОВ «Уманьферммаш» [10] та ПАТ «Галещина Машзавод» [11].

Як показує аналіз літературних джерел, удосконалення ЗПК світовими виробниками в сучасних умовах здійснюється за наступними напрямками [3, 5]: випуск багатофункціональних ЗПК; покращення конструктивно-технологічних властивостей для забезпечення зоотехнічних вимог; підвищення довговічності робочих органів; розширення можливостей електроніки в контролі технічного стану.

Відома європейська фірма «Strautmann» («Німеччина») серед цілої гамми машин постачає два види кормороздавачів-змішувачів [5]: Verti-Mix з одним вертикальним змішувальним шнеком і Verti-Mix Double – із двома. Бункер цих машин виготовлений із нержавіючої сталі, а його кругла форма забезпечує не лише швидке перемішуванню, але й підвищує його зносо- та корозійну стійкість. Виходячи з технологій годівлі рогатої худоби, що прийняті на тваринницькій фермі та враховуючи вікові групи тварин, завод-виробник ЗПК може встановлювати на бункері пристрій для дозування кормових добавок.

Важливою складовою кожного ЗПК є механізм подрібнення-змішування та змішувальний шнек. Слід звернути увагу, що моделі Verti-Mix можуть бути оснащені новими, підсиленими Varіo шнеками. Практика використання ЗПК з Varіo шнеками показує, що їх ресурс значно вищий у порівнянні із серійним. Опора шнеків кормозмішувача-роздавача складається з корпусу з кованим валом привода і конічними роликівими підшипниками, які автоматично перебирають на себе осьові зусилля шнека. Крім того, важливою особливістю будови механізму подрібнення-змішування вказаних засобів є розроблена фірмою «Strautmann» конструкція змішувального шнека Varіo із серповидними ножами, положення яких можна регулювати.

Зазначені інновації актуальні для підвищення надійності та важливі для забезпечення ефективної експлуатації ЗПК. Нами проведено аналіз роботи засобу для приготування і роздавання кормів «STRAUTMANN VERTI-MIX» в умовах тваринницької ферми ТОВ «Северин» Черкаської області.



а



б

Рисунок – Засіб для приготування і роздавання кормів «STRAUTMANN VERTI-MIX»: а – завантаження складових кормів; б – роздавання кормової суміші.

В процесі експлуатації ЗПК оцінювались показники їх надійності, визначався граничний стан робочих органів, уточнювалась періодичність ТО та ремонту.

Аналіз показує, що недостатньо досліджень, які були б направлені на вирішення комплексної проблеми забезпечення надійності машин на протязі всіх життєвих циклів, які обумовлені недосконалістю складових «людина-оператор» та «машина» [1, 2, 5].

Актуальними в цьому напрямку могли б бути дослідження, які направлені на забезпечення надійності ЗПК, покращення діяльності підрозділів технічного сервісу для їх ТО і ремонту. Потребують вивчення питання встановлення на зберігання ЗПК.

Список використаних джерел

1. Boyko A., Novitskiy A. Mathematical model of reliability of human-machine system under reduced efficiency of its generalized work. *Machinery & energetics*. Kyiv. Ukraine. 2018. vol. 9. no. 3. 271. p. 165–174.
2. Novitskiy A., Karabinhosh S. Some aspects of information support for operability of complex agricultural machinery. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 2. 241. P. 106–121.
3. Andriy Novitskiy. Forming reliability of means for preparation and disposal of forage. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2017. Vol. 19. No 3. P. 123–128.
4. Костенко В. І., Заболотько О. О., Хмельовський В. С. Ефективність використання комбінованих транспортно-технологічних засобів для годівлі ВРХ. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК*. Київ. 2015. Вип. 212/2. С. 115–122.
5. Новицький А. В., Банний О. О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11, No 2, P. 115–124.
6. Хмельовський В. С., Потапова С. Є. Технологічні та технічні передумови приготування якісної кормосуміші для ВРХ. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2018. Вип. 18. Т. 2. С. 248–256.
7. Ревенко І. І., Ревенко Ю. І. Перспективи і проблеми переробки кормів молотковими подрібнювачами. *Ніжин : Видавець ПП Лисенко Н. М., 2017. 316 с.*
8. <https://bratslav.com/nasha-produkcija/kormosmesitel-braclav>.
9. <https://demi-mix.com.ua/product-category/Кормозмішувачі-для-тваринництва>.
10. <https://fermmash.in.ua/product/razmotchik-rulonov-rr-1>.
11. <https://galmash.com.ua/catalog/katalog-tehniki>.

МОНІТОРИНГ НАПРЯМКІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ МАШИН ТА ОБЛАДНАННЯ ЛІСОВОГО КОМПЛЕКСУ

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

Ю.І. Ревенко, доц., канд. техн. наук,

О.М. Бистрий, ст. викл.,

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Ефективність функціонування лісового комплексу України значною мірою визначається його технічним оснащенням. Одними з основних тенденцій розвитку лісової галузі є наростаюча швидкість зміни технологій, введення в експлуатацію сучасних багатофункціональних машин та обладнання, якими є лісозаготівельні машини та обладнання лісового комплексу. Лісозаготівельні машини (ЛЗМ) та деревообробне обладнання (ДО), транспортні системи, які надходять сьогодні в лісовий комплекс повинні відповідати високому рівню надійності та підтримуватись в працездатному стані системою технічного обслуговування і ремонту (СТОП), заходами із забезпечення надійності на протязі всіх життєвих циклів [1, 2, 3].

Системи моніторингу в якості складової управління надійністю машин та обладнання лісового комплексу практично не освітлені у літературі. До основних способів моніторингу, які могли б бути використані для забезпечення надійності ЛЗМ та ДО, як відмічається в дослідженнях [6-10] можна віднести: використання аналізу інформації з відкритих джерел; проведення бенчмаркінгової оцінки виробничих процесів; застосування методів економічних переваг при забезпеченні надійності; співпраця з власниками та персоналом підприємств, виконавцями виробничих процесів та операторами; залучення незалежних фахівців та експертів до аналізу надійності машин; використання методу економічних переваг при забезпеченні надійності.

Беручи до уваги, що «моніторинг» – це безупинне спостереження за економічними або будь-якими іншими об'єктами, включаючи технічні, аналіз їх діяльності є ефективним напрямом забезпечення їх надійності. Основним із результативних способів моніторингу, як зазначають автори досліджень [1, 2, 4], є аналіз наявної інформації з відкритих джерел.

Потребу машин та обладнання лісового комплексу у відновленні протягом всього періоду їх експлуатації можна забезпечити періодичним виконанням профілактичних оглядів, ремонтів і технічних обслуговувань, що виконуються у межах послідовних періодично повторюваних ремонтних циклів [10].

Від організації технічного обслуговування і ремонту ЛЗМ і ДО в процесі експлуатації і від періодичності їх проведення залежить ефективність їх використання. На сьогодні не існує єдиного науково обґрунтованого підходу до цієї проблеми. Виникає необхідність розробки наукових основ оптимальної СТОП для ліній ДО та ЛЗМ [1].

Як зазначають автори наукових статей [1, 2, 7, 10], надійність є вирішальним показником, який визначає якість і продуктивність роботи технологічного обладнання, яке працює в автоматизованому виробництві, де відмова хоча б одного елемента веде до зупинки дільниці або всього цеху. Обладнання для виробництва деревостружкових плит представляє собою комплекс автоматичних ліній об'єднаних в одну систему.

Авторами наукових робі [7, 10] акцентується увага на тому, що для забезпечення працездатності стружкових верстатів та рубальних машин запропоновано комплекс заходів, які включають: підвищення зносостійкості і довговічності робочих органів і деталей за рахунок покриття поверхонь зносостійкими матеріалами і використанням фрикційного зміцнення; підвищення їх довговічності. Але, разом з тим, розглядаючи заходи із забезпечення надійності складових «машина» та «середовище» дільниць і цехів з

виробництва деревостружкових плит, авторами не розглядається така важлива складова складних технічних систем (СТС), як «людина-оператор».

В цьому контексті доцільно відмітити дослідження, які в останні роки з'явилися в наукових виданнях України [5, 7-10]. В них доведена доцільність для аналізу та синтезу СТС, якими є ЛЗМ та ДО, використовувати теорію графів, математичні моделі надійності, логіко-імітаційне моделювання. Заслужують на увагу дослідження проблем оцінки та забезпечення надійності людини-оператора, як складової СТС «Людина-Машина» (СТС «ЛМ») [2, 3]. Використання отриманих залежностей дозволяє проводити моніторинг перебування СТС «ЛМ» в одному із станів: працездатний стан, непрацездатний стан у зв'язку зі «старінням» машини або ж непрацездатний стан у зв'язку погіршенням стану оператора.

Актуальність проблеми підвищення надійності ЛЗМ та ДО є важливою і багатогранною. Навіть незначні результати в напрямку підвищення надійності вказаних засобів та окремі рішення задач в даній галузі придатні для практичного їх застосування. Створення нових методик і підходів для оцінки і забезпечення надійності ЛЗМ та ДО є перспективним напрямком в підвищенні працездатності СТС «ЛМС».

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Гриньків А. В. Методика вибору діагностичних параметрів технічного стану транспортних засобів на основі теорії сенситивів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2016. №5. С. 109–116.
2. Галіцин В. К., Суслов О. П., Самченко Н. К. Концептуальні засади моніторингу. Бізнес-Інформ. 2013. № 9. С. 330–335.
3. Новицький А. В. Моніторинг тенденцій розвитку системи технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки. Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. 2014, Вип. 2 С. 41–48.
4. Новицький А. В., Каменецька А. В., Чеботар І. Е. Моніторинг напрямків забезпечення надійності лісогосподарської техніки. Збірник наукових праць Луцького НТУ, Сільськогосподарські машини. Випуск 33. Луцьк. 2015. С. 107–116.
5. Новицький А. В., Карплюк Ю. М., Летвицький В. М. Засоби для подрібнення деревини, оцінка їх надійності. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2010, Вип. 144. Ч.1. С. 225–231.
6. Новицький А. В., Ревенко Ю. І., Наханьков В. С., Мирець О. С. Надійність засобів подрібнення відходів деревини, як складних технологічних систем. Збірник наукових праць Луцького НТУ, Сільськогосподарські машини. Випуск 33. Луцьк. 2010. Вип. 20. С.223–234.
7. Полоз В. І. Обґрунтування показників надійності та розроблення структури ремонтного циклу верстатів для подрібнення деревини: Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.05.07 «Машини та процеси лісівничого комплексу»: Нац. Львівський ун-т України. Львів, 2007. 20 с.
8. Ружилюк З. В., Новицький А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування систем «ЛМС» під впливом технічного обслуговування і ремонту. Науковий Журнал «Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів». Харків. 2016, Вип. 2. С. 223 – 231.
9. Тітова Л. Л., Роговський І. Л., Надточій О. В. Імітаційність місцеперебування засобу відновлення працездатності машин для лісотехнічних робіт. Збірник наукових праць Луцького НТУ, Сільськогосподарські машини. Випуск 33. Луцьк. 2015. С. 140–149.
10. Шостак В. В. Критерії оптимальності структури ремонтного циклу обладнання для виробництва деревостружкових плит. Науковий вісник Український державний лісогосподарський університет. 2001, вип. 11.2. Львів. 2001. С. 18–21.
11. Замота Т.Н. Управление процессами приработки основных сопряжений деталей машин при изготовлении и ремонте: Монография // Т.Н. Замота, В.В. Аулин. – Кировоград: издатель Лысенко В.Ф.; 2015. – 303 с.
12. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія / Аулін В. В. [та ін.] ; за ред. проф. Ауліна В. В. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2016. - 303 с.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ЛАНЦЮГІВ ПОСТАЧАНЬ

О.М. Загурський, проф., д-р екон. наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Одним з варіантів системи показників, що дозволяють в загальному вигляді оцінити ефективність і результативність функціонування ланцюга постачань є ключові показники ефективності (КПЕ) до складу яких входять:

- загальні логістичні витрати (КПЕ-1);
- якість логістичного сервісу (КПЕ-2);
- тривалість логістичних циклів (КПЕ-3);
- продуктивність (КПЕ-4);
- повернення на інвестиції в логістичну інфраструктуру (КПЕ-5)[2].

У світовій практиці КПЕ виступають незмінним елементом не тільки оцінки тих чи інших технологічних і бізнес-процесів, а й системи управління. Проте за сучасного розвитку глобалізаційних економічних процесів, особливу увагу необхідно приділяти впровадженню нових індикаторів оцінки ефективності і результативності функціонування ланцюга постачань.

Так новим напрямом у розвитку методів оцінки ефективності ланцюгів постачань є SCOR-модель [3]. Оцінка функціонування ланцюгів постачань в SCOR-моделі здійснюється в два етапи (табл. 1).

Таблиця 1 – Структура показників ефективності функціонування ланцюгів постачань

	Група параметрів функціонування ланцюга		Перший рівень метрик	
	Індикатор	Найменування	Індикатор	Найменування
Зовнішні	RI	Надійність	RI 1.1	Досконале замовлення
	RS	Швидкість відгуку	RS 1.1	Тривалість виконання замовлення
	AG	Маневреність (динамічність)	AG 1.1	Рівень гнучкості ланцюга постачань (up)
			AG 1.2	
AG	Маневреність (динамічність)	AG 1.3	Рівень адаптивності (up) вверх по ланцюгу постачань	
		AG 1.4	Рівень адаптивності (down) вниз по ланцюгу постачань Загальна вартісна міра ризику	
Внутрішні	CO	Витрати	CO 1.1 CO 1.2	Витрати на управління постачаннями Собівартість реалізованих товарів
	AM	Активи (майно)	AM 1.1 AM 1.2 AM 1.3	Оборотність активів Рентабельність необоротних активів Рентабельність оборотних активів (робочого капіталу)

Перший етап включає узагальнені групи показників, такі як надійність, швидкість відгуку, маневреність (динамічність), витрати і управління активами. Другий етап оцінки передбачає наявність системи метрик трьох рівнів (групи вимірюваних показників). Перший рівень метрик містить ключові показники КПЕ, що відображають найбільш загальні дані для стратегічного планування. Другий рівень метрик деталізує метрики першого рівня та допомагає зрозуміти причину відхилення від запланованого результату. На третьому рівні метрики являють собою групи конкретних показників, наприклад «витрати на авторизацію оплати постачальнику», для метрики другого рівня «витрати на постачання».

Щодо процесів транспортування в ланцюгах постачань то до групи ключових показників ефективності, які використовуються на всіх видах транспорту як правило відносять:

1. Час (наприклад, навантаження-розвантаження)
2. Продуктивність (зокрема, транспортна робота)
3. Собівартість перевезення
4. Якість сервісу
5. Рентабельність [1].

Виділена група показників має ряд ознак, що дозволяють говорити про її значущість:

- укрупнені показники, можуть бути деталізовані і мають інтегрований характер;
- показники універсальні для всіх видів транспорту, тобто можуть бути використані для оцінки мультимодальних перевезень;
- показники перспективні з точки зору можливості подальшого їх включення в ЗСП і вивченні в контексті стратегічних цілей підприємства.

Проте незважаючи на значні напрацювання з оцінки ефективності в ланцюгах постачань, дане питання активно досліджується, і пропонуються все нові підходи, зокрема ведуться дослідження колегами за кордоном. Так, в роботі [4] зазначено, що на сучасному етапі оцінка логістичної діяльності проводиться на двох рівнях – макрорівні (в межах країни, або об'єднання країн, що має на увазі порівняння результатів між станами або в межах однієї країни, але в різні періоди часу) і мікрорівні (корпоративному рівні).

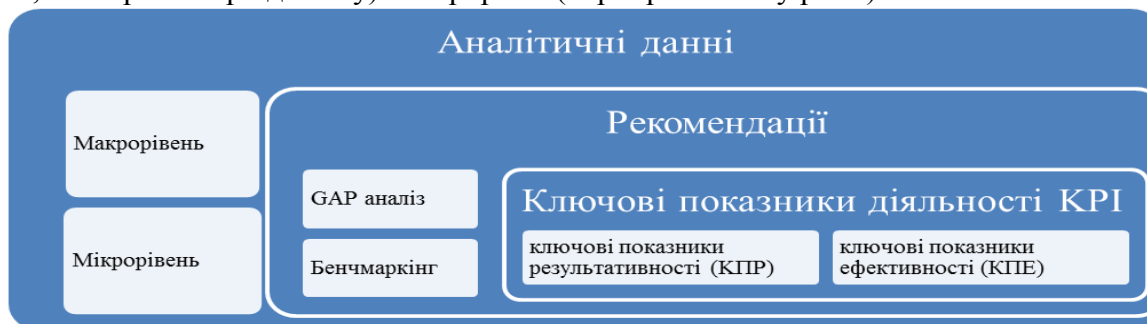


Рисунок 1 – Алгоритм проведення оцінки ефективності транспортної діяльності

На рисунку 1 нами пропонується алгоритм проведення оцінки ефективності транспортної діяльності, що включає на першому етапі формування бази даних, потім визначення укрупнених показників – ключових показників діяльності КРІ, після чого з урахуванням рівня проведеного аналізу (мікро або макро) формується комплекс з ключових показників результативності (КПР) та ключових показників ефективності (КПЕ). Оцінка також може бути проведена і просто на базі порівняння з кращою практикою аналогічного підприємства. На завершальному етапі пропонується використовувати метод стратегічного аналізу, з допомогою якого здійснюється пошук кроків для досягнення заданої мети – GAP аналіз і розробку рекомендацій.

Список використаних джерел

1. Загурський О.М. Конкуренентноспроможність транспортно-логістичних систем в умовах глобалізації: інституціональний аналіз : монографія. / Загурський О.М. – К. : ФОП О.В. Ямчинський, 2019. – 373 с.
2. Загурський О. М. Фінансовий аналіз: кредитно-модульний курс. навчальний посібник / Загурський О.М. – К.: Центр учбової літератури, 2013. – 472 с.
3. Christopher M. Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Costs and Improve Services. / M. Christopher // Financial Times Pitman: London. 2011 – 276 p.
4. Fact-finding studies in support of the development of an EU strategy for freight transport logistics Lot 1: Analysis of the EU logistics sector, final report, 2015. – 190 p.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОКЛІМАТУ У СВИНАРСЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ

В.С. Хмельовський, проф., *д-р. техн. наук*,
Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Мета роботи полягає у покращенні умов утримання свиней в приміщеннях, а також підвищенні продуктивності тварин.

Результати досліджень. Під час безвигульного утримання свиней значна увага приділяється забезпеченню мікроклімату у приміщеннях. Мікроклімат, який не відповідає зоотехнічним вимогам в свинарниках, значною мірою, впливає на самопочуття свиней і призводить до зниження приросту поголів'я, поширення інфекцій та підвищення захворювань. Вважається [1], що мікроклімат (і в першу чергу температура середовища) є, за важливістю, другим, після годівлі, фактором від якого залежить життєдіяльність тварин, а отже, і їхня продуктивність. З усіх параметрів мікроклімату, яким найбільше загрожують зміни, є температура повітря. Зниження температури негативно впливає на свиней, у них підвищується вразливість до захворювань та збільшується поїдання кормів. Висока температура, в свою чергу, спричиняє перегрів тварин, що є негативним фактором у свинарстві. Утримання свиней в приміщеннях з низькою, або високою температурою, приводить до зменшення приросту ваги до 20 %. Оптимальною температурою повітря в приміщенні, де утримуються свині, вважається 23-25 °С.

Основними факторами мікроклімату, крім температурного режиму, є відносна вологість повітря, швидкість його переміщення, хімічний склад, наявність пилу і шкідливих мікроорганізмів. Гранична концентрація шкідливих газів у повітрі приміщень, для утримання поросят-відлучених, має бути [2, 3]: вуглекислоти – не більше 0,2 % (об'ємних), аміаку – 20 мг/м³, сірководню 10,0 мг/м³, кількість пилу в приміщеннях для тварин не повинно перевищувати 6 мг/м³. Надмірна кількість цих газів призводить до проблеми з диханням тварин, (аритмія і навіть отруєння). Літом мікроклімат підтримується за допомогою природної вентиляції. Взимку вентиляція повинна забезпечити приплив достатньої кількості (залежно від площі приміщення) свіжого повітря. Це сприяє підтримці нормальної відносної вологості, що не перевищує 60-70 %. Оптимальна швидкість руху повітря в свинарнику – 0,15–0,3 м/с, для уникнення протягів, має бути не більше 0,4 м/с, а влітку за температури повітря понад 26 °С – 0,5-0,6 м/с та для поросят не більше 0,2 м/с. Приплив повітря, здійснюваний примусовою вентиляцією, має становити 30-70 м³/год. на 1 ц живої маси свиней.

Як свідчить досвід виробничої діяльності тваринницьких господарств, забезпечення температурного режиму свинарників, в зимовий період, здійснюють за допомогою електричних калориферів. Нами обґрунтовано схему з використанням пластинчастого теплообмінника. Ідея полягає у тому, щоб для створення оптимального температурного режиму у приміщенні використовувалась не значна кількість енергії. Для цього можна використати пластинчастий теплообмінник (рис. 1), який має можливість підігрівати повітря, яке надходить у приміщення, відпрацьованим повітрям, яке виходить із приміщення.

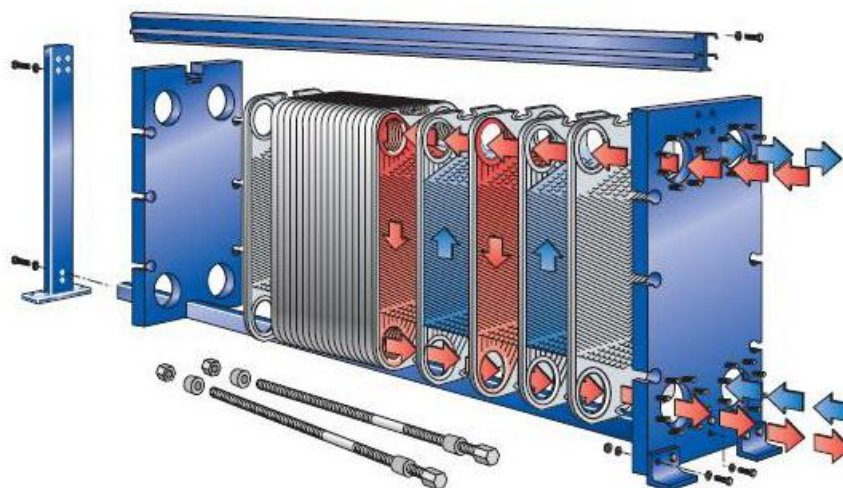


Рисунок 1 – Пластинчастий теплообмінник

Така схема вимагає не значного використання енергії для догрівання повітря, при надходженні його у приміщення, та для створення примусового руху повітря у середині теплообмінника. Крім цього, ефективність збереження температурного режиму здійснюється завдяки використанню утеплювальних матеріалів зовнішніх стін свинарників. В боксах, з новонародженими поросятами, встановлюють додаткове обладнання для обігріву (тепла підлога або інфрачервоні лампи).

Висновок. У приміщенні де утримують свиней система вентиляції повинна забезпечити дотримання температурного режиму продовж усього року. Для оптимального забезпечення температурних показників доцільно використовувати пластинчастий теплообмінник, який має можливість догрівання повітря, при надходженні його у приміщення.

Запропонована схема забезпечення температурного режиму, вимагає не значного використання енергії для догрівання повітря, при надходженні його у приміщення та для створення примусового руху повітря у середині теплообмінника.

Забезпечення оптимальних параметрів температурного режиму у свинарнику дає можливість зниження вразливості до захворювань та поїдання кормів тваринами, та збільшення приросту ваги до 20 %.

Список використаних джерел

1. Божко В. Мікроклімат у свинарських приміщеннях. <https://propozitsiya.com/ua/mikroklimat-u-svinarskih-primishchennyah>.
2. Брамм М., Костер Ю. Якісні вентиляція й теплоізоляція забезпечують комфортне утримання тварин на свинокомплексі. *The Ukrainian Farmer*, 2022. №2. <https://agrotimes.ua/article/zdorovyj-mikroklimat-dlya-svunej-na-svynokompleksi/> (дата звернення: 15.11.2017).
3. Бублик О. Мікроклімат у свинарнику впливає на апетит свиней. *AgroTimes Тваринництво* 2019. № 1. <https://agrotimes.ua/tvarinnitstvo/mikroklimat-u-svinarniku-vplivae-na-apetit-svinej/> (дата звернення: 15.11.2017).

ДО ПИТАННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ДИЛЕРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА

І.О. Хітров, доц., канд. техн. наук

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

Основним завданням технічного сервісу є підтримання техніко-експлуатаційних показників машини в заданих межах протягом всього періоду її експлуатації. Перспективним напрямом розвитку технічного сервісу є створення підприємствами-виробниками фірмових технічних центрів, ремонтно-обслуговуючих кооперативів і дилерських підприємств, які займатимуться реалізацією машин, їх технічним обслуговуванням і ремонтом [1].

Дилером може виступати юридична або фізична особа, яка, виконуючи функції продавця, здійснює закупівлю машин для наступного їх продажу і надає послуги з технічного сервісу. При цьому можуть створювати власні підприємства, або використовувати об'єкти ремонтно-обслуговуючої бази інших підприємств. Це дасть можливість створювати дилерські універсальні підприємства за всіма видами машин, які використовуються в зоні діяльності [2].

Перспективним напрямком є створення мережі дилерських підприємств, оскільки вони, виконуючи функції продавця, здійснюють закупівлю машин для наступного їх продажу і надають послуги з технічного сервісу у гарантійний та післягарантійний період [3].

Мережею називається сукупність суб'єктів, які використовуються підприємством-виробником для реалізації технічних засобів споживачеві. В основному мережа характеризується своєю довжиною, тобто числом ланок, які входять у ланцюг, і розподілом функцій між цими ланками. Відповідно до критерію довжини ланцюга розрізняють прямий ланцюг, коли виробник безпосередньо здійснює комплекс задач з реалізації технічних засобів споживачеві, і непрямий ланцюг, тобто такий, котрий має певних посередників. Непрямий ланцюг може бути довгими або короткими. Короткими прийнято називати ланцюг, що складається з одного виробника у сукупності одного базового підприємства-представника. Довгий ланцюг включає, як мінімум, одного додаткового посередника (дистриб'ютора). Найповніше ці вимоги втілюються через створення системи дилерських центрів та дилерських пунктів, регіональних торгово-технічних центрів, фірмових технічних центрів. Незалежно від обраного варіанта поділу функцій між торговельними, ремонтно-технічними та іншими підприємствами здійснюється прийнятий порядок оформлення і передачі споживачеві проданої техніки, розгляд претензій, усунення несправностей в гарантійний період.

Генеральний дилер укладає з підприємствами-виробниками генеральні договори на поставку технічних засобів, у якому передбачуються всі принципи організації і фінансування діяльності: порядок і терміни поставок, рівень цін на продукцію, забезпечення гарантійним комплектом запасних частин, нормативно-технічною документацією, відповідальність сторін та ін.

Генеральний дилер має у своєму підпорядкуванні дилерські центри, як правило, обласного значення. Дилерська служба даних центрів здійснює усі функції торгово-посередницької діяльності. Вона має у своєму підпорядкуванні районних дилерів або дилерських підприємств. Вони виявляють потреби господарств і підприємств в машинах, запасних частинах, витратних матеріалах і заключають з ними договори на їх поставку.

Враховуючи експлуатаційні особливості дорожньо-транспортних машин в дилерському підприємстві використовується як планово-попереджувальна система технічного обслуговування і ремонту, так і заявлена [4].

Система технічного сервісу дилерського підприємства передбачає весь комплекс робіт з підготовки до продажу, гарантійного та післягарантійного обслуговування і відновлення роботоздатності машин (рис. 1).

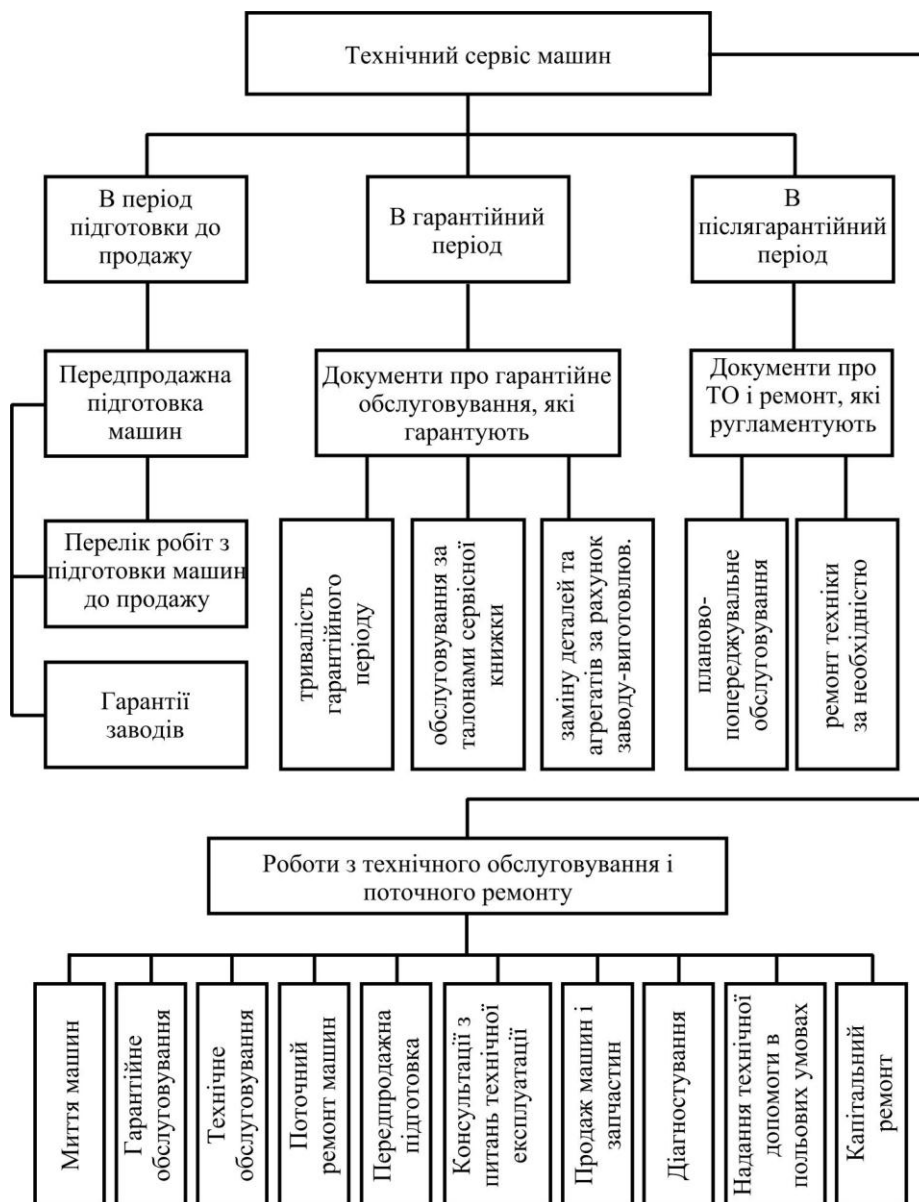


Рисунок 1 – Структурна схема організації технічного сервісу дилерського підприємства

Підготовка машин в період продажу включає:

- комплекс робіт з розконсервування і дозбирання, перевірки наявності масел і спеціальних рідин, перевірки і регулюванню агрегатів, вузлів і систем, перевірки технічної документації;

- комплекс робіт з ліквідації виявлених несправностей;

- комплекс робіт щодо встановлення додаткового обладнання.

Покупець, який має необхідну матеріально-технічну базу для кваліфікованого виконання робіт з технічного обслуговування, може придбати машину з відповідною скидкою, а особливими умовами договору купівлі-продажу передбачити виконання робіт з технічного обслуговування власними силами і за власні кошти.

Передпродажний сервіс технічних засобів здійснюється за рахунок виробника шляхом надання дилерові знижки з ціни реалізації на покриття витрат. Обслуговування, ремонт в гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації проводяться у визначеному порядку. Обов'язковою умовою є атестація дилера і його технічної бази виробником або дилерським

центром.

Гарантійне обслуговування передбачає проведення технічного обслуговування, діагностування або ремонту, надання консультацій з правил експлуатації і зберігання, основ обслуговування, безпеки праці, прав і зобов'язань покупця, умов гарантії.

Після виконання робіт виконавець вилучає з експлуатаційного документу відривний талон на технічне обслуговування, у якому записує зміст виконаних робіт.

Для використання прав на гарантійне обслуговування покупець зобов'язаний: дотримуватись правил експлуатації і зберігання машини; використовувати машину за призначенням; не допускати аварійних випадків та пошкоджень; не вносити самостійних змін до її машини; не виконувати ремонтні роботи без згоди виробника (продавця).

В післягарантійний період експлуатації технічне обслуговування і ремонт здійснюється у відповідності до періодичності обслуговування з переліком і об'ємом операцій, визначених заводом-виробником, але, за рахунок коштів власника.

Надходження машини в технічний центр для обслуговування або ремонту оформляється спеціальною карткою-нарядом, в якій машині присвоюється цифровий код, який містить номер моделі та серії, вказується завод-виробник, рік випуску, дата придбання, прізвище власника та інші відомості. Після завершення робіт клієнту виставляється рахунок згідно калькуляції. Причому гарантія після ремонту дорівнює або більше заводської.

Для своєчасного надання сервісних послуг і аналізу ефективності використання створюється внутрішній банк даних для кожної одиниці відповідно до індивідуального коду. В адресу цього коду заносяться відомості про наробіток машини і всі послідовні операції з її ремонту і обслуговування (включаючи витрати) за весь період експлуатації.

Основою розвитку дилерських підприємств є всебічне задоволення покупців з наданням послуг найвищого рівня. З метою допомогти дилерам визначити напрямки та ступінь ефективності їх діяльності необхідно запроваджувати стандарти задоволення потреб покупців (клієнтів) [5].

Таким чином, формування, розвиток і використання мережі дилерських підприємств забезпечить підвищення надійності та ефективності реалізації наявних машин споживачеві з одночасним наданням сервісних послуг протягом всього терміну її експлуатації.

Список використаних джерел

1. Економічні аспекти державної технічної політики в агропромисловому комплексі / Я. К. Білоусько, М.Я. Дем'яненко, В. О. Питулько, В. Я. Товстопят. Київ : ІАЕ, 2005. 134 с.
2. Хітров І. О., Бундза О. З., Бабич Я. О. Організація технічного сервісу машин дилерським підприємством. *Сільськогосподарські машини* : зб. наук. ст. Луцьк, 2018. Вип. 40. С. 121-130. URL: <https://cutt.ly/aR8KvZi> (дата звернення 10.04.2022р.).
3. Хітров І., Коляда Д. Відновлення та розвиток системи сервісного забезпечення транспортних засобів. *Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем* : зб. матеріалів III Всеукр. наук.-техн. інтернет-конф., 10-11 листоп. 2021 р. Рівне : НУБГП, 2021. С. 60-63. URL: <https://cutt.ly/iFZ2lbK> (дата звернення 11.04.2022р.).
4. Форнальчик Є. Ю., Оліскевич М. С., Мاستикаш О. Л., Пельо Р. А. Технічна експлуатація та надійність автомобілів: навч. посіб. Львів: Афіша, 2004. 492с..
5. Хітров І. О., Бабич Я. О., Нікітін В. Г., Бундза О. З. Ключові стандарти якості обслуговування покупців при купівлі техніки на підприємстві дилера. *Сільськогосподарські машини* : зб. наук. ст. Луцьк, 2019. Вип. 43. С. 143-151. URL: <https://forum.lntu.edu.ua/index.php/jurnal32/article/view/214/188> (дата звернення 14.04.2022р.).
6. Замота Т.Н. Управление процессами приработки основных сопряжений деталей машин при изготовлении и ремонте: Монография // Т.Н. Замота, В.В. Аулин. – Кировоград: издатель Лысенко В.Ф.; 2015. – 303 с.
7. Гриньків А. В. Методи діагностування і прогнозування технічного стану силових агрегатів транспортних машин з використанням часових рядів : Дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20 - Експлуатація та ремонт засобів транспорту ; наук. кер. В. В. Аулін ; Харків, 2018. 150 с.

ВИКОРИСТАННЯ РОЗУМНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМІ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ МІСТА

В.М. Никончук, проф., д-р. економ. наук,
Національний університет водного господарства і природокористування, м. Рівне, Україна

Розвиток ринку транспортних послуг вимагає пошуку нових форм і методів впровадження інноваційних технологій в систему громадського транспорту міста. При цьому слід враховувати, що автомобільний транспорт протягом всієї історії свого розвитку є однією з найбільш наукомістких галузей економіки. Основне завдання інноваційної політики на транспорті – розробка і впровадження розумних технологій, які дозволяють підвищити безпеку на дорогах і в той же час більш ефективно керувати дорожнім рухом.

Розумні технології пронизують всю транспорту систему, забезпечуючи як рівень задоволеності транспортними послугами (комфорт, надійність, інформаційність), так і покращення ефективності роботи громадського транспорту (контроль швидкості, контроль руху, валідатори). Застосування розумних технологій визначають інтелектуальну транспортну систему, яка охоплює інфраструктуру (дорожні знаки, комп'ютери, турнікети, датчики), транспортні засоби (типи ТЗ, їх характеристика, технічна оснащеність) та людей (мобільність, поведінка, пріоритети у виборі транспорту).

Інтелектуальні транспортні системи є досить широким спектром інноваційних, технологічних рішень з використання комп'ютерних, інформаційно-телекомунікаційних технологій та вимірювальних інструментів (камери, датчики, інформаційні табло на зупинках, спеціальне програмне забезпечення). Всі ці інноваційні технології допомагають зібрати, поширити інформацію в реальному часі про рух людей і транспортні засоби та забезпечити управління дорожнім рухом (рис. 1).

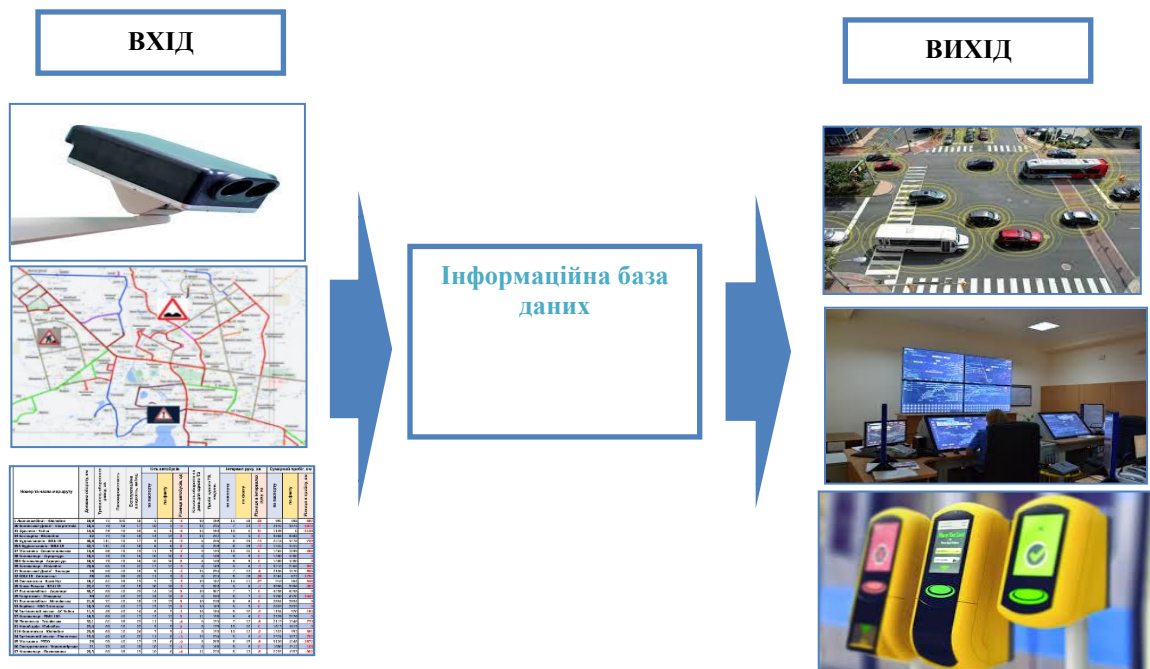


Рисунок 1 – Система управління громадським транспортом міста

Система управління громадським транспортом міста включає три блоки.

Перший блок (вхід) - в режимі онлайн збір масиву інформації. За допомогою низки датчиків та сенсорів здійснюється відстеження транспортних засобів, визначення їх типу та

місткості, моніториться маршрут, швидкість тощо. Система електронних табло допомагає порівняти альтернативні маршрути через місто. Для проведення замірів необхідна система камер з функцією розпізнавання дорожніх знаків.

Другий блок (інформаційна база, модель) – систематизація та аналіз інформації. Комплексна підсистема, яка дозволяє виконувати всебічні та повні звіти, готувати аналізи перехресних даних. В той же час, в даному блоці формуються звіти та визначаються аналітичні цілі.

Третій блок (вихід) – забезпечує вирішення таких завдань: моделювання руху транспорту та пасажиропотоків; обґрунтування пропозицій щодо облаштування об'єктів транспортної інфраструктури; ухвалення рішення щодо оптимізації транспортної системи міста.

Якісно новий рівень розвитку транспортної системи забезпечується за рахунок використання інформаційно-комунікаційних технологій в громадському транспорті. При впровадженні інноваційних технологічних рішень важливим є створення єдиного центру керування, який необхідний для виконання всіх завдань в повному обсязі. Він дозволить автоматизувати та підвищити ефективність транспортної системи, створити інтелектуальну транспортну інфраструктуру, максимально комфортну для городян та гостей міста.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про Національну програму інформатизації» . Закон України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/74/98-%D0%B2%D1%80/ed19980204>.
2. Башинська І.О. Розумна система міського пасажирського транспорту як складова SmartCity [Електронний ресурс] / Башинська І.О., Філіпов В.Ю. // Харків, УДК 656:316.422 В 33. – 2018 р. – Режим доступу: http://dspace.opu.ua/jspui/bitstream/123456789/8363/1/Bashynska_monografia_smart_split-range.pdf
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., Гриньків А.В., Головатий А.О. Кіберфізичний підхід при створенні, функціонуванні та удосконаленні транспортно-виробничих систем Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2020. Вип. 3(34). С.331-343.
5. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Лівіцький О.М., Головатий А.О., Дьяченко В.О. Принципи побудови та функціонування кіберфізичної системи технічного сервісу автотранспортної та мобільної сільськогосподарської техніки. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів Technical service of agriculture, forestry and transport systems №22' 2020. С. 162-174.

ПАНДЕМІЯ COVID-19, ЇЇ ВПЛИВ НА ПЕРЕВЕЗЕННЯ

С.С.Чехович, ст. гр. ТТ-41,

В.О. Дорошук, ст.викладач,

М.В. Голотюк, доц., канд. техн. наук

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне,
Україна

Логістичні фірми та склади, залучені в переміщенні та зберіганні товарів (та послуг) зазнали суттєвих збитків від пандемії COVID-19.

Транспортування це основна ланка між продуктами та споживачами, будь-які затримки або збої в системі постачання впливають на конкурентоспроможність, економічне становище ринку, ринок праці.

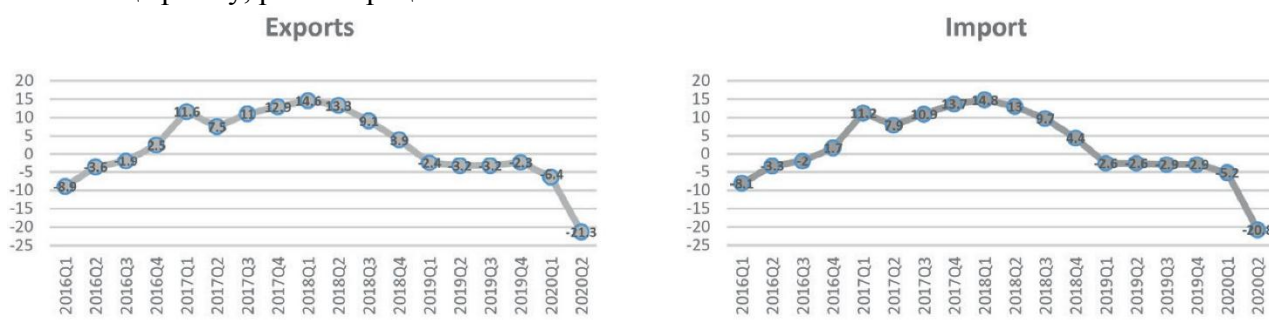


Рисунок 1 – Щорічний ріст світового експорту та імпорту [Source: www.stats.wto.org]

Перебої в виробництві одного з найбільших імпортерів світу – Китаю, мали безпосередній вплив на решту світу. Вантажі заморозилися у найбільших портах, обмеження на поїздки призвело до скорочення запасу водіїв вантажівок на перевезення контейнерів, в той час, як морські перевезення повністю припинили роботу.

Майже 70% виробництва відновило роботу до кінця лютого 2020 р, проте повернення до звичайного режиму торгівлі було неможливе, адже в цей самий час торгові партнери Китаю охоплені пандемією. Магістральні перевезення, що охоплювали більше ніж 80% перевезень всіх товарів країни, падають нижче 15%.

Завдяки швидкій реакції влади та її впливу (зняття плати за перевезення по автомагістралях, спрощення медичних вимог до водіїв) на сферу дорожніх автотранспортних перевезень, вдалося повернути 92% виробництва до кінця березня.



Рисунок 2 – Швидкість відновлення повного навантаження вантажівки (FTL)

В цей самий час, пандемія заповнила решту світу, що призвело до глобального

закриття кордонів, обмеженню внутрішніх перевезень, та встановленню соціальної дистанції в межах складів. Таким чином в деяких пропускних пунктах вантажівки утворили затори довжиною в 60 км (шосе А4).

Пандемія COVID-19 значно порушила функціонування морського, залізничного, повітряного та автомобільного транспорту.

Вплив COVID-19, та його відображення в трьох основних сегментах транспортування:

1. Перевезення океаном: ЗАГАЛЬНИЙ обсяг контейнерів, оброблених в його портах, скоротився більше ніж на 10% в перші місяці пандемії. За результати дослідження Agility Logistics такі втрати понесли і інші головні країни-експортери як Бразилія, Індія, Мексика та імпортерів країн ЄС.
2. Наземний транспорт на відміну від повітряного та морського, як правило, залишив за собою доступні шляхи сполучень, проте збільшений попит на продукти та товари медичного призначення внесли значні зміни на тарифи перевезення. Таким чином, високі тарифи автомобільного та авіаційного транспорту дали поштовх для користування залізничним транспортом.
3. Обсяги авіаперевезень впали на 19% в березні. Тарифи на авіаперевезення значно зросли, адже уряд країн значною мірою вдався до авіа перевезень в питанні перевезень товарів першої необхідності. Вантажні одиниці в деяких країнах ЄС були вимушені чекати днями, щоб вилетіти з країни.

Відновлення обсягів вантажообігу та пасажиропотоку буде залежати від видів транспорту та певною мірою від швидкості відновлення економіки, зміни попиту на транспортні послуги, на які вплинула пандемія.

Зрозуміло, що пандемія внесла значний вплив на транспортування та логістику, але в той самий час, ЛУМАН стверджує, що спалах пандемії став рушійною силою для покращення та створення фінансових активів для майбутньої транспортної промисловості. Деякі позитивні наслідки:

1. Удосконалення цифрових знань і навичок, через гібридну роботу, перевезення пасажирів, персоналу, товарів стало ефективнішим.
2. Збільшення аутсорсингу для ланцюгів поставок. Було розглянуто різні стратегії для більш ефективної логістики та ланцюга поставок, що дало змогу створювати більше каналів поставок.

Збільшення кількості логістичних партнерств. Швидкий розвиток логістичного бізнесу та інтеграція в інший, щоб отримати конкурентну перевагу на ринку. Прикладом таких роздрібних торговців є Alibaba, Amazon.

Оскільки транспортний сектор є життєво важливим чинником, що здатний забезпечити безперебійне функціонування міжнародних ланцюгів постачань та ефективну діяльність міжнародної економіки, повинен сконцентрувати увагу на зміцненні стійкості, в тому числі до форс мажорних ситуацій, а також на підвищенні ефективності і якості транспортно-технологічних операцій незважаючи на вплив непередбачуваних зовнішніх чинників.

Список використаних джерел

1. Luman, R., Soroka, O., & Konings, J. (2021). ING's transport and logistics sector outlook. Retrieved October 10, 2021
2. Global recovery on line as road transport losses rise. URL: <https://www.iru.org/resources/newsroom/global-recovery-line-road-transport-losses-escalate>.
3. UIC COVID-19 TASK FORCE MANAGEMENT OF COVID-19 First estimation of the global economic impact of Covid-19 on Rail Transport. URL:https://uic.org/IMG/pdf/economic_impact_v2.pdf.
4. Аулін В.В., Кристопчук М.С., Цьонь О.П., Сташків М.Я., Бабій М.В., Бодоряк Ю.Д. Глобальна криза від пандемії Covid-19 та її вплив на мобільність населення // Центральнотраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2021. Вип. 4(35). С.247-253.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМІВНОГО СТАНУ ПРИЧЕПА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ 2ПТС-2

М.Я. Сташків, доц., канд. техн. наук,
І.М. Підгурський, доц., канд. техн. наук,
М.І. Підгурський, проф., д-р техн. наук,

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

Підвищення надійності машин та транспортних засобів є однією з задач теорії та практики машинобудування. Зокрема, в сільськогосподарському виробництві та транспорті широко застосовуються транспортні засоби типу причепів.

Причепи – це буксировані механічні транспортні засоби (без можливості самостійного переміщення) призначені для транспортування насипних та сортиментних вантажів.

Класифікують причепи для тракторів за такими ознаками:

- за масою – 01 (до 750 кг), 02 (750-3500 кг), 03 (3501-10 000 кг), 04 (понад 10000 кг);
- за принципом вивантаження – бортовий або самоскидний. Бортовий причеп має надставні борти, які можуть відкриватися з однієї або кількох сторін. Для його розвантаження потрібне застосування додаткової ручної сили. Самоскидний причеп оснащений гідроприводом для механічного перекидання кузова;
- за кількістю осей – одно- або двовісні. Від кількості осей залежить вантажопідйомність та прохідність техніки. На причепах з кількома осями, вага вантажу розподіляється більш рівномірно, що зменшує тиск коліс на ґрунт і збільшує прохідність;
- за призначенням – для транспортування насипних, рідких або штучних вантажів.

Однією з найбільш відповідальних металомістких та високовартісних конструкцій є несуча система транспортного засобу. Аналіз відмов такого типу причепів [1 - 3] показує, що в зонах з'єднання поперечин з лонжеронами (зони підвищеної концентрації напружень) можуть виникати втомні тріщини під час експлуатації.

У зв'язку з цим в роботі проведено дослідження міцності несучої конструкції причепа 2ПТС-2 при статичному навантаженні 40 кН, що вдвічі перевищує номінальне значення вантажопідйомності для цієї моделі причепа (2 т).

Дослідження проводили з використанням розробленої повнорозмірної САД-моделі причепа 2ПТС-2 (рис. 1).



Рисунок 1 – САД-модель причепа 2ПТС-2

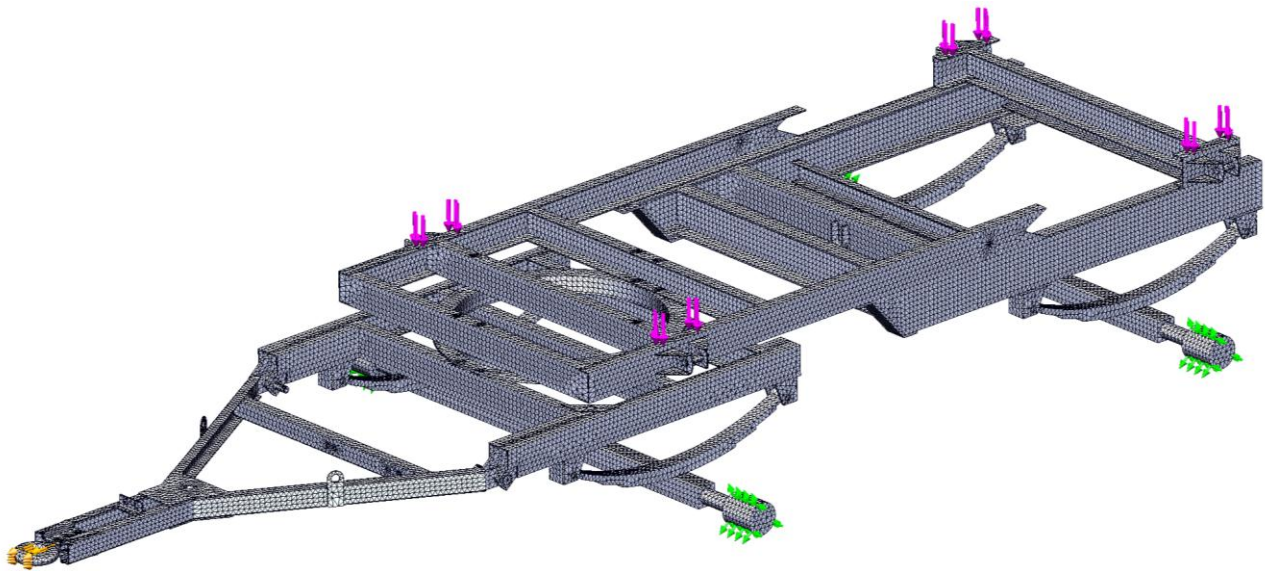
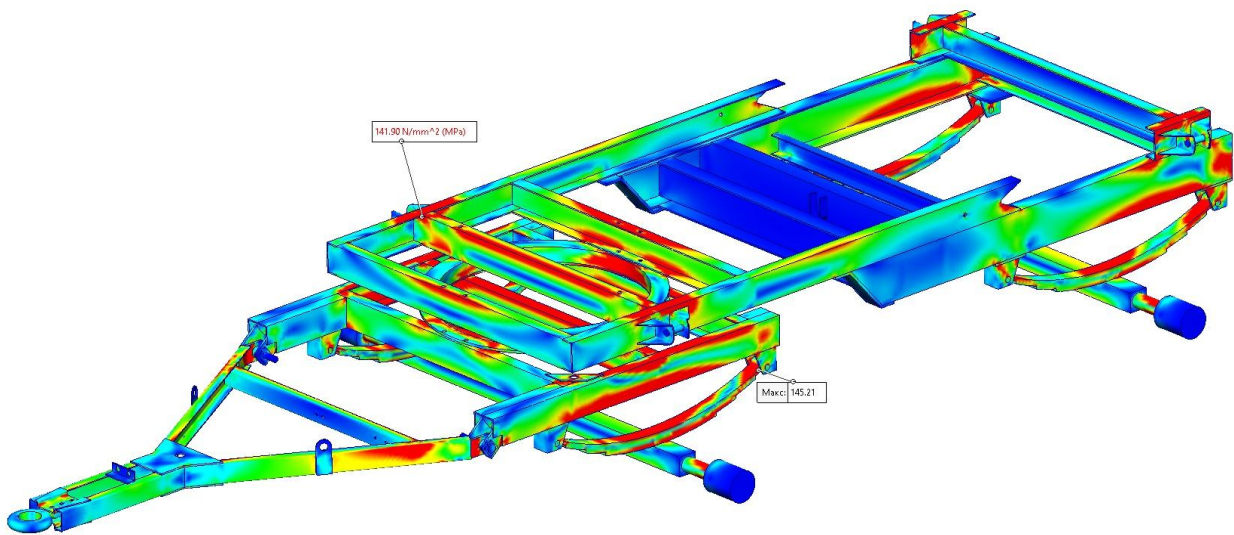
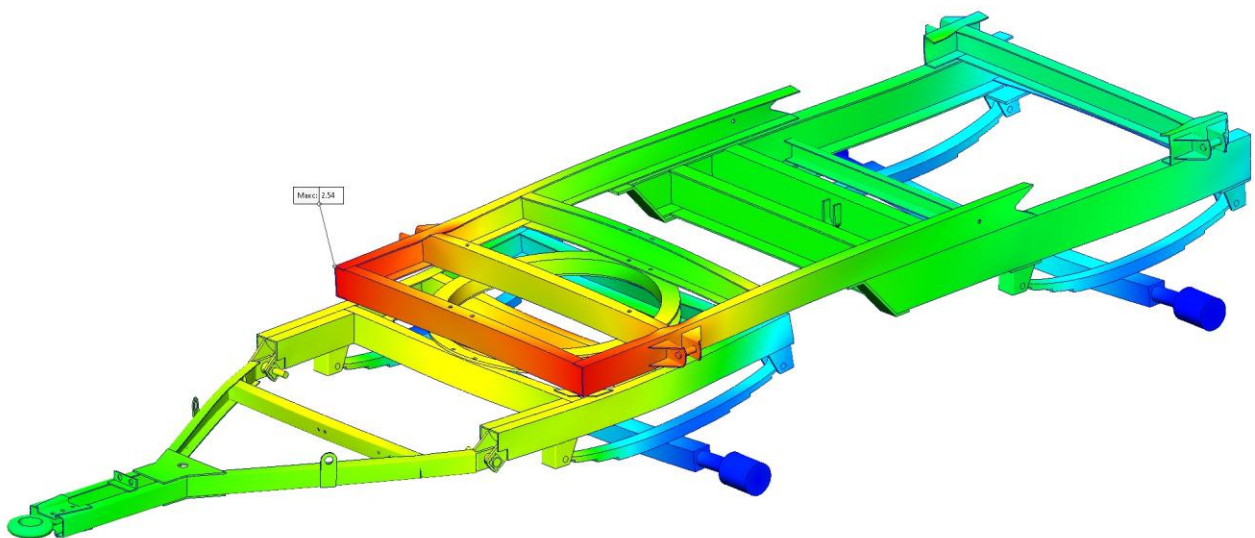


Рисунок 2 – Розрахункова модель рами причепа 2ПТС-2



а



б

а – напружений стан, б – деформований стан

Рисунок 3 – Результати моделювання напружено-деформованого стану рами причепа 2ПТС-2

В маркуванні причепа «2ПТС-2» закладено його основні характеристики: перша цифра означає кількість осей (дві осі); літери вказують на призначення техніки (ПТС – причеп тракторний самоскидний); остання цифра вказує на гранично допустиме експлуатаційне навантаження (2 тонни).

Основними елементами конструкції причепів 2ПТС-2 є шасі, платформа та надставні борти. Шасі - несучий елемент конструкції, на який встановлюється платформа. Складові частини тракторного причепа наступні: рама – основний несучий елемент, складається із двох металевих лонжеронів квадратного перерізу, які з'єднуються поздовжніми балками; передній поворотний візок (існує два види: з поворотними тягами та з поворотним колом); задня вісь; ресора підвіска; гідравлічна система із гідроциліндром; колеса; система електроустаткування; пневматична гальмівна система.

Платформа – це металева конструкція прямокутної форми, яка служить для установки таких елементів надбудови як приставні борти (для транспортування насипних вантажів), рогачі (для застосування трубо- або лісовозу). Також, після демонтажу бортів, вона може використовуватися як майданчик для перевезення негабаритного вантажу або як спецпричеп.

Дослідження напружено-деформівного стану рами причепа 2ПТС-2 здійснено засобами програмного комплексу для твердотільного моделювання та інженерного аналізу SolidWorks [4 - 6] у наступній послідовності.

Створено повнорозмірну твердотільну модель причепа 2ПТС-2. Для спрощення процесу дослідження напружено-деформівного стану рами причепа розглядаємо лише модель несучої конструкції без кузова та коліс, замінивши їх умовними елементами, до яких будуть прикладені закріплення та зовнішнє навантаження.

На моделі рами створено сітку кінцевих елементів з глобальним розміром 20 мм та допуском 1 мм. Прикладено зовнішнє навантаження – по 10 кН у чотирьох точках кріплення кузова та тягове зусилля 14 кН до вуха дишла. До осей на місцях коліс накладено умови закріплення – зафіксований шарнір (рис. 2).

Результати дослідження напружено-деформівного стану рами причепа 2ПТС-2 показано на рис. 3.

Максимальні напруження ≈ 145 МПа спостерігаються у ресорі підвіски. У основній рамі максимальні напруження ≈ 142 МПа спостерігаються у місці кріплення другої поперечини. Максимальні переміщення $\approx 2,5$ мм спостерігаються у передній частині основної рами над кільцем поворотного візка.

Проведені дослідження напружено-деформівного стану в несучій системі причепа 2ПТС-2 при статичному навантаженні вказують на достатні запаси міцності та жорсткості несучої рами при двократному збільшенні експлуатаційного навантаження.

Список використаних джерел

1. Балан С.О. Проектування конструкцій зварних рам. – Одеса: Астропринт, 2001. – 111 с.
2. Підгурський М.І., Рибак Т.І., Сташків М.Я. Оцінка впливу дефектності зварних з'єднань на надійність сільськогосподарської техніки // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка «Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва» – Випуск 51. – Харків: ХНТУСГ, 2007. – С. 289 – 295.
3. Т. Рибак, М. Підгурський, М. Сташків. Проблеми пошукового конструювання сільськогосподарських машин // Техніка АПК, 2007.- №11-12. – С. 6-9.
4. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation: практическое пособие. – Москва: ДМК Пресс, 2019. – 465 с.
5. Сташків М. Аналітичне дослідження НДС дефектної рами причепа БМЗ-887 // Матеріали дванадцятої наук. конф. ТДТУ.- Тернопіль: ТДТУ, 14-15 травня 2008 р. - С. 140.
6. Ляшук О.Л. Дослідження напружено-деформованого стану дна кузова напівпричепа вантажного автомобіля / О.Л. Ляшук, І.Б. Гевко, М.Г. Левкович, Ю.Я. Вовк, М.Я. Сташків, Д.В. Капський // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 1 (24). С 93 – 103.

АНАЛІЗ ТИПУ ПРИВОДУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КАРТОПЛЕКОПАЧА

І.В. Головецький, асп.,
А.В. Бабій, доц., д-р техн. наук

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль,
Україна*

Ефективність використання сільськогосподарських машин в значній мірі залежить від способу їх агрегування. Відомо, що при комплектуванні машино-тракторних агрегатів (МТА) розрізняють такі машини: причіпні (з власною ходовою системою); напівначіпні або напівпричіпні (той самий клас – відрізняються тільки питомою вагою, що припадає на навіску трактора чи власні опорні колеса); начіпні (вся вага сприймається навіскою енергозасобу); самохідні (повністю машина автономна). Щодо споживання енергії від енергозасобу – тягові та тягово-приводні мобільні машини. Тяговим машинам передається зусилля від трактора (енергозасобу), що зумовлює їх переміщення і при цьому робочі органи виконують технологічну операцію. До таких машин відносимо: плуги, культиватори, борони, котки тощо. Тягово-приводні машини, в яких технологічна операція є дещо складнішою, потребують додаткового потоку енергії. Як правило, крім тягового зусилля трактора, з допомогою якого переміщується вся машина, її робочим органам передається крутний момент від валу відбору потужності (ВВП) енергозасобу. За іншим варіантом – привод робочих органів здійснюється від опорно-приводних коліс самої сільськогосподарської машини. Використання першого чи другого способів приводу робочих органів мають свої переваги та недоліки. Якщо говорити про малопотужні енергозасоби типу мотоблоків чи міні тракторів, особливо не заводського виготовлення, такий вузол як ВВП може бути взагалі відсутнім. Тоді цей енергозасіб може створювати тільки тягові зусилля, що значно би обмежувало їх використання. Тому привод робочих органів від опорно-приводних коліс самої машини може це компенсувати. І така практика є досить поширеною. Крім того, привод від коліс дозволяє встановити кінематичний зв'язок «колесо–робочий орган», чим підвищується точність виконання технологічної операції: в розкидачах добрив – норми внесення; сівалках/саждалках – норми посіву/посадки; картоплекопачах – сталість кінематичного режиму роботи при зміні поступальної швидкості руху і т.д.

З цього випливає, що такий привод варто застосовувати в конструкціях сільськогосподарських машин, де в цьому є необхідність. Але тут є і негативні моменти. Виділимо один із них – проковзування опорно-приводних коліс. Якщо такий факт буде спостерігатися, то говорити про витримування сталого числа показника кінематичного режиму роботи машини не можна. Тому задача полягає в дослідженні зміни моменту приводу від чинників, що на цей процес впливають. Інакше кажучи, момент, що створюється при обертанні колеса при його переміщенні по поверхні поля повинен бути достатнім, щоб приводити в дію сам робочий орган.

Розглянемо два випадки: для приводу використовується колесо з гладким ободом (рис. 1) та із ґрунтозачепами (рис. 2).

Для колеса з гладким ободом (металевим чи прогумованим) крутний момент приводу M_{np} на валу буде створюватись від зчіпної сили з ґрунтом $F_{зч}$ при його переміщенні енергозасобом із зусиллям P , рис. 1. В свою чергу, зчіпна сила $F_{зч}$ буде визначатися силою тертя F_t , тобто $F_{зч} = F_t$. Тоді приблизно момент приводу можна визначити за залежністю [1]

$$M_{np} = f \cdot N \cdot r, \quad (1)$$

де f – коефіцієнт тертя між матеріалом обода колеса та ґрунтом; N – нормальна реакція

грунту; r – радіус колеса.

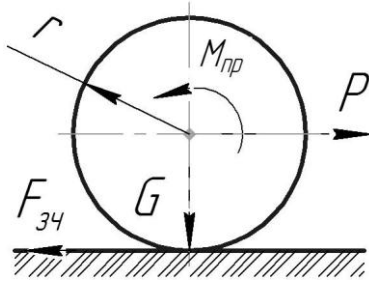


Рисунок 1 – Колесо із гладким ободом

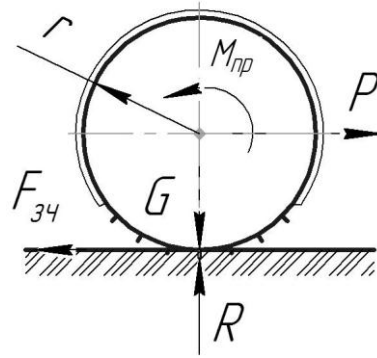


Рисунок 2 – Колесо із ґрунтозацепами

Тут коефіцієнт тертя f будемо закладати в діапазоні, щоб промодельювати роботу різних матеріалів ободів чи їх покриттів ($f = 0,02...0,8$).

Оскільки виконуємо оціночний розрахунок, то вважаємо, що машина рухається горизонтальною ділянкою поля, тоді нормальна реакція ґрунту дорівнює вазі машини, що припадає на колесо

$$N = G = g \left(\frac{m}{2} + m_k \right), \quad (2)$$

де $\frac{m}{2}$ – половина маси машини, що припадає на вісь колеса; m_k – маса колеса; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Дослідження проведемо для виявлення ефективності приводу робочих органів від коліс для однорядного міні картоплекопача [2, 3]: радіус колеса $r = 0,3 \text{ м}$; необхідний розрахунковий момент приводу робочих органів $M_{np} = 120 \text{ Н}\cdot\text{м}$ при масі машини з врахування повної завантаженості робочих органів $m = 95 \text{ кг}$, маса колеса $m_k = 5 \text{ кг}$, рис. 3.

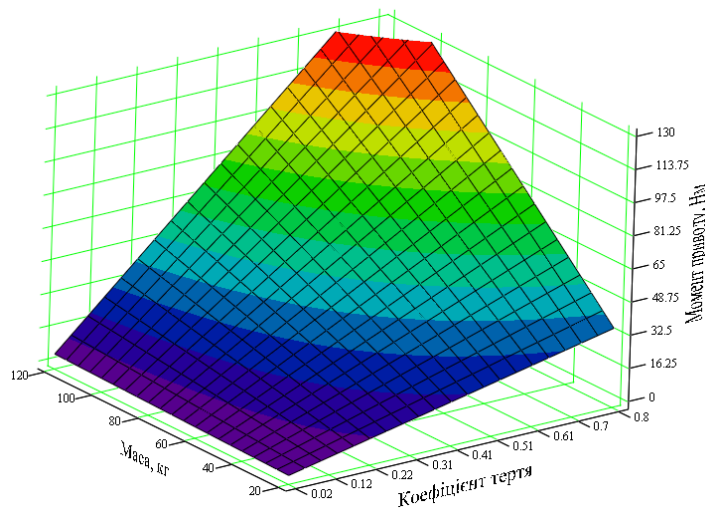


Рисунок 3 – Графічна залежність моменту приводу від зміни маси машини та коефіцієнта тертя

Аналізуючи значення моменту приводу за середнім значенням коефіцієнта тертя $f = 0,6$, одне колесо від переміщення за таких умов може створити крутний момент приводу $M'_{np} = 92,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Тоді відповідно два колеса – $M_{np} = 2M'_{np} = 185,4 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Отримані значення моменту є цілком достатніми для приводу робочих органів. Але дана операція (збирання картоплі) виконується в різних погодних умовах. Незначне зволоження поверхні поля різко

знижує коефіцієнт тертя і як можна бачити з графіка (рис. 3) так само стрімко знижується крутний момент приводу, що може створюватися колесом при його перекочуванні. При невідповідності моменту опору робочих органів та створюваного моменту колесами буде спостерігатися проковзування останніх. Крім того, вага машини, що припадає на опорні колеса також буде змінною в залежності від завантаженості робочих органів бульбоносним пластом ґрунту.

Тому є доцільним забезпечити більший запас можливого моменту приводу від коліс при використанні в їх конструкції ґрунтозачепів. Переважно, для малогабаритних картоплекопачів використовують металеві колеса з ґрунтозачепами у вигляді приварених смуг, що утворюють малюнок протектора «ялинка», рис. 2.

В цьому випадку зчіпна сила колеса з ґрунтом буде виникати за рахунок сил тертя гладкої частини обода колеса та зсуву ґрунту $F_{зсув}$ ґрунтозачепами.

$$F_{зч} = F_t + F_{зсув}. \quad (3)$$

Тут

$$F_t = fN = f(G - R), \quad (4)$$

де R – реакція ґрунту при заглибленні ґрунтозачепа,

$$R = q \cdot S \cdot h, \quad (5)$$

де q – коефіцієнт об'ємного змінання ґрунту, Н/см³; S – площа ґрунтозачепа, що проникає в ґрунт у вертикальній площині; h – глибина проникнення, см.

Сила зсуву $F_{зсув}$ або опору ґрунту зсуву при дії одного ґрунтозачепа

$$F_{зсув} = p \cdot S_{сп}, \quad (6)$$

де p – опір ґрунту зсуву, Н/см²; $S_{сп}$ – площа ґрунтозачепа, що спричиняє зсув ґрунту у горизонтальній площині.

Підставимо числові значення [1]: $q = 5,5$ Н/см³, $p = 11$ Н/см², $h = 2$ см, $S = 1,8$ см², $S_{сп} = 12$ см² $f = 0,6$ у залежність (3) з врахуванням (4)-(6), отримаємо момент приводу, що створюється двома опорно-приводними колесами

$$M_{np} = 257,5 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Отриманий результат вдвічі перевищує розрахункове значення моменту приводу, що свідчить про надійність такої передачі.

Потрібний момент приводу $M_{np} = 120$ Н·м для коліс з ґрунтозачепами може забезпечуватись навіть при коефіцієнті тертя $f = 0,14$. Це вказує на те, що для приводу робочих органів картоплекопача варто використовувати колеса з ґрунтозачепами, які при переміщенні машини будуть створювати необхідний момент приводу без проковзування.

Список використаних джерел

1. Клецкин М.И. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин. Т1., М.: Машиностроение, 1969. 724 с.
2. Babii A. Important aspects of the experimental research methodology. Scientific Journal of TNTU. Tern. : TNTU, 2020. Vol. 97. No. 1. P. 77–87.
3. Бабій А.В., Головецький І.В., Герасимович П.В. Проблеми та перспективи розвитку картоплярства в Україні. Збірник тез доповідей X-ої Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“. Тернопіль, 24-25 листопада 2021 року. ФОП Паляниця В.А. Т.1. С. 25-26.

МОДЕЛЮВАННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ

С. Л. Сарапула, *ст. гр. ММ-12*

А.Б. Гупка, *доц., канд. техн. наук*

Тернопільський національний технічний університет ім. Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

Згідно структурно-енергетичного підходу в проблемі тертя, зношування, мащення вузол тертя розглядається, як відкрита термодинамічна система із совокупності елементів взаємозв'язаних структурно і функціонально де відбувається обмін масою і енергією із зовнішнім середовищем. В « замкнутих » системах такий обмін мінімальний. У відкритих системах (парах тертя) перетворення кінетичної енергії в тепло, або в інші форми енергії за рахунок незворотніх процесів приводить до утворення дисипативних систем. Кожна така система (пара тертя) відділена від зовнішнього середовища (контрольною поверхнею). Зв'язки між системою і середовищем, які пересікають (контрольну) поверхню можна поділити на: входи - перетворення – виходи [1].

Структура системи (пари тертя) визначається рядом її елементів, відповідними властивостями елементів, зв'язками елементів. При нормальному терті та зношуванні система знаходиться в динамічній рівновазі, тобто в стабільному стані. При даному підході, структурний аналіз системи являє собою спробу проаналізувати поведінку досліджуваної пари тертя через її елементи і їхній взаємозв'язок.

Описати пару тертя, як механічну систему за допомогою простих співвідношень між входами і виходами недостатньо: функціонально опис системи повинен бути доповнений детальним вивченням структури системи і впливом її зміни, під дією трибо логічних процесів, на функціональну поведінку системи. При системному підході до проблеми тертя, зношування, мащення в першу чергу необхідно відповісти на питання про функціональне технічне призначення даної системи. Трибологічна система визначається як одне ціле, функціональне призначення якого пов'язано із контактуючими поверхнями при їх відносному русі.

Однією з головних задач трибо метрії являється дослідження процесів тертя та зношування за допомогою спеціальних машин тертя (трибо метрів). Використовуючи такі трибо метри в совокупності із засобами аналізу структурного стану поверхонь тертя детально вивчаються елементарні процеси тертя та зношування. На рисунку 1 показані основні параметри, які відносяться до трибо логічних досліджень. Методи діагностики та контролю, методи вимірювання, які відносяться до лабораторних дослідницьких установок можуть бути використані і при дослідженні реальних трибо технічних вузлів.

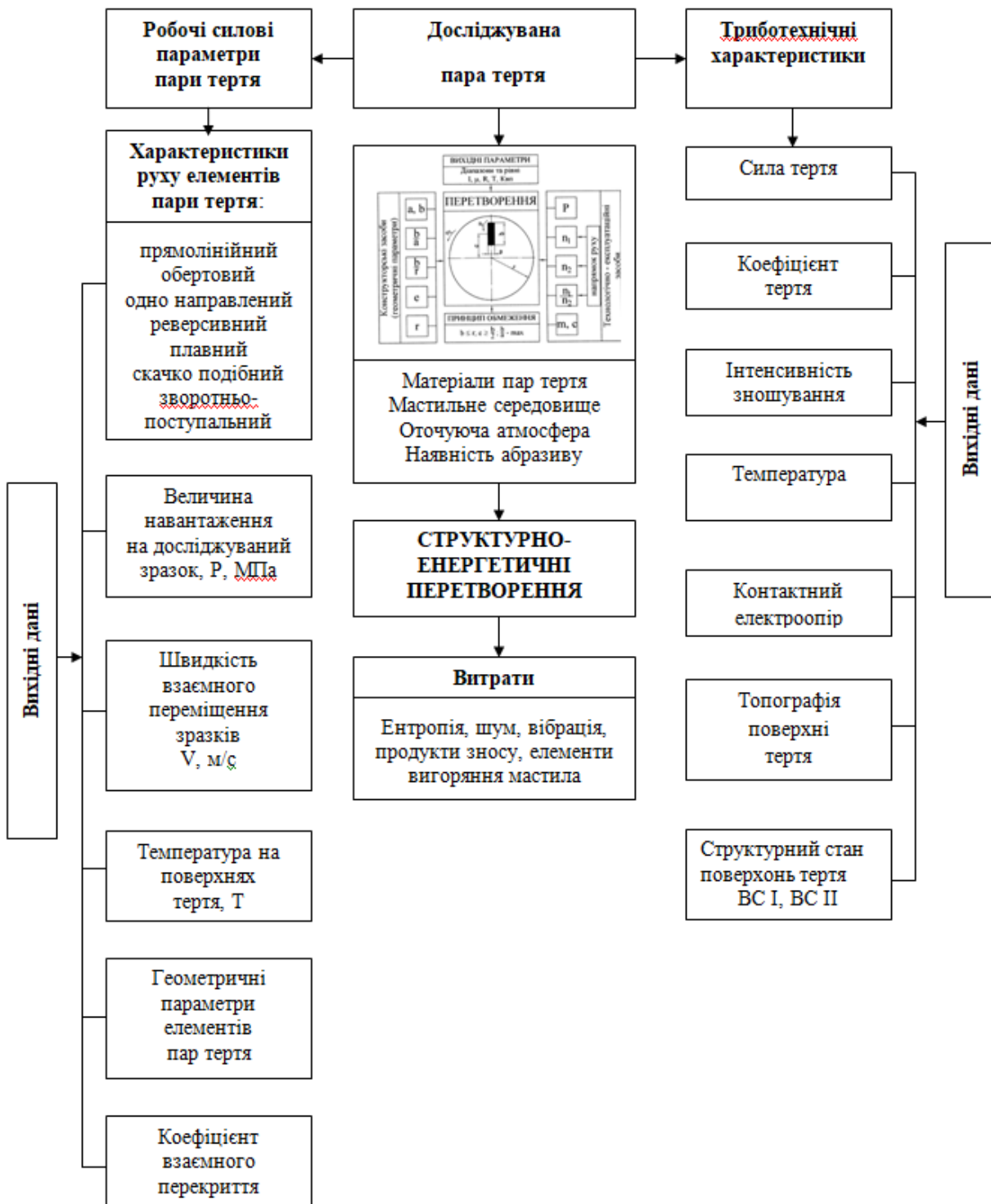


Рисунок 1 – Системний аналіз при моделюванні дослідження тертя та зношування

За допомогою спеціально спроектованого та виготовленого на кафедрі Автомобілів ТНТУ ім. І.Пулюя трибметра (рис. 2) зроблена спроба промоделювати поведінку реальної триботехнічної системи або деякої її частини

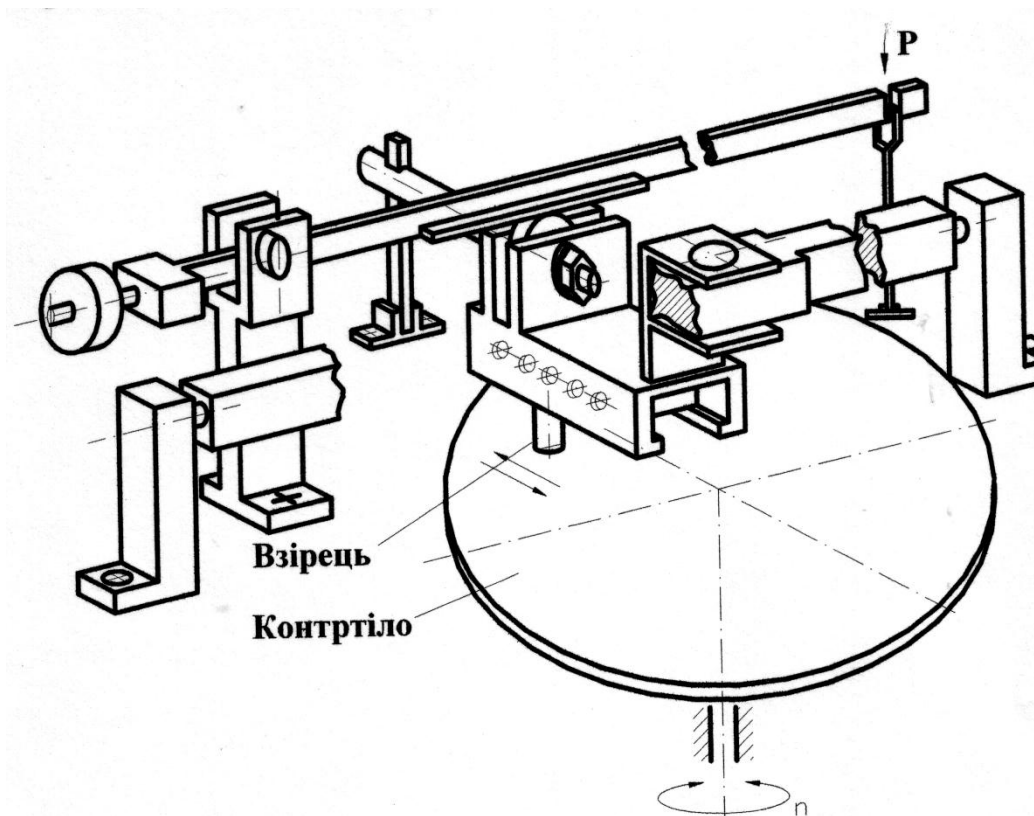


Рисунок 2 - Конструкція вузла тертя та механізму навантаження трибометра

Вихідним моментом в модельних дослідженнях став збір даних про реальну і досліджувану системи [2]. На основі цих даних задано умови модельних досліджень. З формальної системної точки зору методика модельних досліджень вимагає:

а) подібність функцій реальної та досліджуваної систем, тобто 1) входів і виходів, 2) функціональне співвідношення між ними;
 б) подібності структур реальної та досліджуваної систем, тобто 1) елементів системи, 2) властивостей елементів, 3) трибологічних взаємодій. Важливим моментом в модельному трибо логічному дослідженні являється реалізація аналогічних трибо логічних процесів, що і в реальній системі. Для досягнення цієї мети робочі перемінні параметри повинні бути підібрані разом з геометричними характеристиками і умовами контакту для реалізації однакових процесів тертя та зношування в досліджувальній та реальній системах.

Список використаних джерел

1. Поверхносная прочность материалов при трении / Б.И.Костецкий, И.Г.Носовский, А.К.Караулов и др.; под общ. ред. Б.И.Костецкого. – К.:Техніка, 1976. – 296с.
2. Чихос Х. Системный анализ в трибонике – Москва « Мир», 1982. – 351с.
3. Аулін, В. В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах : монографія / В. В. Аулін. - Кіровоград : ТОВ "КОД", 2014. - 369 с.
4. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки. Дисертація д-ра техн. наук: 05.02.04, Хмельниц. нац. ун т. Хмельницький, 2015. 447 с.
5. Замота Т.Н. Управление процессами приработки основных сопряжений деталей машин при изготовлении и ремонте: Монография // Т.Н. Замота, В.В. Аулин. – Кіровоград: издатель Лысенко В.Ф.; 2015. – 303 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРУ ПЕРЕМІЩЕННЮ ОБПРИСКУВАЧА

Б.Б. Левицький, асп.,

А.В. Бабій, доц., д-р техн. наук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

В даний час особливо актуальним є «життєздатність» аграрного сектора економіки України. Аграрне виробництво, особливо при вирощуванні городніх культур, опирається на дрібних приватних фермерів. Селяни на своїх городах, наділи яких є в межах 1 га (за сумою кількох площ), вирощують різні культури. На одній площі можна спостерігати навіть кілька культур, які відрізняються технологіями вирощування, мають різні міжряддя тощо. Питання механізації технологічних процесів вирощування таких культур залишається актуальним. Універсальні сільськогосподарські машини значно підвищили б продуктивність праці та культуру технології вирощування. Серед технологічних операцій, які найчастіше виконують при вирощуванні культур є хімічний захист чи підживлення рідкими добривами. Цю операцію виконують обприскувачами. Для таких площ, переважно застосовують ранцеві обприскувачі, що вимагає значної затрати праці. Це може впливати на якість обробки та дотримання відповідних норм внесення. Часто для зменшення необхідного об'єму внесення робочого препарату застосовують більш концентрований розчин. Такий фактор може негативно вплинути на якість самого хімічного захисту, а якщо говорити про внесення рідких добрив – це взагалі неприпустимо. Наприклад, добриво КАС-32 потрібно вносити з утворення крупних крапель, які б стікали з рослини та не втримувались на ній. Дрібнодисперсні частинки розпилу спровокують опіки рослини [1]. Все це зводиться до використання великої кількості робочого препарату і тому використання у приватних господарствах тільки ранцевих обприскувачів це унеможливує.

Згідно рекомендацій [2] норма вливу робочого препарату має складати в межах 200 л/га. Тому, наприклад для хімічної обробки площі 0,2 га ранцевий обприскувач (10 л) потрібно 20 разів заправляти, постійно підкачувати і розпилити цей робочий препарат по вказаній площі. Як зрозуміло з цього – це величезні затрати фізичної праці. Тому є гостра необхідність механізувати такий процес [3-5], використовуючи міні обприскувачі на власному шасі чи навісні на міні енергозасіб. Якщо говорити про навісні обприскувачі, то тут виникає зразу цілий ряд проблем, які пов'язані з можливостями міні енергозасобу оперативного змінювати ширину колії і взагалі можливості їх переміщення у міжряддях городніх культур. Тут потрібно враховувати кліренс енергозасобу, ширину колії та ширину обода колеса. Наприклад, обробка міжрядь картоплі навісним обприскувачем на міні енергозасобі можлива на початку її розвитку, коли стебла ще недостатньо розвинуті. Малий кліренс міні енергозасобу сприятиме значному пошкодженню рослин на пізніших стадіях їх розвитку.

Тому пріоритетним буде конструкція обприскувача на власному шасі, з достатнім кліренсом, вузькими колесами та можливістю змінювати безступенево ширину колії.

Локальна задача щодо створення такої конструкції обприскувача полягає в оцінюванні опору на його переміщення з метою обґрунтування висновку щодо встановлення власного двигуна для приводу.

Коротко опишемо деякі параметри проєктованої конструкції обприскувача: місткість бака 50 л, ширина захвату штанги 3 м, повна маса – 70 кг. Шасі має два опорні колеса, яким потрібно надати штовхальної сили, значення якої потрібно визначити. Наведені параметри є орієнтовними для отримання оціночного висновку та напрацювання методики визначення опорів перекочуванню та рушійних сил.

Вважаємо, що колеса мають пружну шину та рухаються деформівною ділянкою поля,

що нахилена до горизонту під кутом α з постійною швидкістю, утворюючи колію глибиною h_0 . В зоні контакту з ґрунтом діє сила ваги колеса та половина ваги решту вузлів обприскувача Q_o . Вважаємо, що машина рухається з постійною поступальною швидкістю, тому інерційна складова опору переміщенню рівна нулю.

Для оцінки опору переміщенню коліс обприскувача скористаємося формулою Грандуане-Горячкіна [5], яку модифікуємо з метою врахування руху машини на підйом

$$P = 2 \cdot \left[\frac{0,86(Q_o \cos(\alpha))^{\frac{4}{3}}}{q^{\frac{1}{3}} \cdot b^{\frac{1}{3}} \cdot D^{\frac{1}{3}}} + Q_o \sin(\alpha) \right], \quad (1)$$

де q – коефіцієнт об'ємного змінання ґрунту, Н/см³; b – ширина обода колеса, см; D – діаметр колеса, см.

Глибина колії, що утворюється колесом при русі деформівною поверхнею поля, визначатиметься залежністю

$$h_0 = \frac{1,3(Q_o \cos(\alpha))^{\frac{2}{3}}}{q^{\frac{2}{3}} \cdot b^{\frac{2}{3}} \cdot D^{\frac{1}{3}}}. \quad (2)$$

Проведемо числовий експеримент визначення опору переміщенню (рис. 1) та глибини колії (рис. 2) при таких вихідних даних: $\alpha = 0 \dots 45^\circ$; $b = 5$ см; $D = 60$ см; $q = 2$ Н/см³.



Рисунок 1 – Опір переміщенню

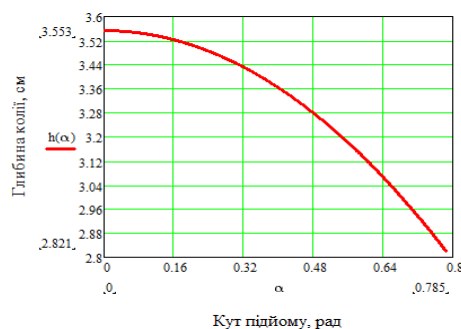


Рисунок 2 – Глибина колії

Таким чином, отримані результати вказують на наступне: при русі обприскувача горизонтальною ділянкою поля мінімальний опір переміщенню складає 128,5 Н; глибина колії максимальна – 3,6 см. Зі збільшенням кута підйому α (в тому числі локальні нерівності поля) опір буде зростати, глибина колії – зменшуватиметься. Отримані орієнтовні значення опору переміщенню обприскувача поверхнею поля свідчать про необхідність його автономного приводу від власного двигуна, що значно підвищить комфорт проведення технологічної операції обприскування.

Список використаних джерел

1. Babii A. Study of the efficiency of working mixture application in chemical crop protection. Scientific Journal of TNTU. Tern. : TNTU, 2020. Vol. 98. No. 2. P. 99–109.
2. Листопад Г.Е., Семенов А.Н., Демидов Т.К. и др. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. М.: Колос, 1976. 751 с.
3. Бабій А.В. Дослідження впливу горизонтальних коливань штанги на рівномірність обприскування. Матеріали Всеукраїнської наукової конференції молодих учених і науково-педагогічних працівників. Умань: ВПЦ «Візаві», 2020. С.121-123.
4. Бабій А.В. Аналіз параметрів штангового обприскувача з метою збільшення його продуктивності. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine, 2019. Vol. 10. No 4. P. 51–55.
5. Бабій А., Бабій М. Дослідження міцності елементів конструкції функціонально-транспортуючих мобільних засобів. Науковий журнал «Інженерія природокористування», 2019. №3 (13) С. 87–91.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СТРУКТУРИ ПРОЕКТІВ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Г. О. Примаченко, доц., канд. техн. наук,
Є.І. Григорова, асп.,
К.О. Тарасов, асп.

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, Україна

У сучасних умовах розвитку виробничих процесів в Україні та світі особливе місце займає функціонування мультимодальних транспортних систем. Ефективність мультимодальних перевезень обумовлена наявністю методів організації процесів доставки вантажів на основі сучасних логістичних принципів із залученням різних видів транспорту. Наявні рівні ефективності, асортимент та якість транспортних послуг для користувачів мультимодальної транспортної системи в Україні не відповідає сучасним світовим вимогам. Відсутні методи розробки мультимодальних проектів розвитку інфраструктури та рухомого складу, визначення розмірів інвестиційних ресурсів на розвиток конкурентоспроможної інфраструктури, методів взаємодії державного та приватного секторів. Для розвитку та здійснення цих проектів у мультимодальних транспортних системах потрібним є накопичення та аналіз практичного досвіду реалізації подібних логістичних схем.

Кожен із учасників мультимодального перевезення – залізничний транспорт, морський транспорт, порт – відіграють важливу роль на своїй ділянці переміщення вантажу. А збої у роботі будь-якої ділянки транспортного ланцюга призводять до втрат для усіх учасників перевізного процесу.

У науковій літературі приділено багато уваги змішаним перевезенням вантажів, але дуже мало інформації стосовно мультимодальних логістичних схем перевезень. Мало праць присвячено питанням створення науково-обґрунтованих методів розробки проектів розвитку мультимодальних транспортних систем.

Ще у 1930-х роках академік І. Г. Олександров дав визначення єдиної транспортної мережі і описав роль кожного виду транспорту під час взаємодії один з одним при масових перевезеннях вантажів. Академік Образцов В. Н. вперше обґрунтував необхідність взаємодії різних видів транспорту у рамках комплексної теорії транспорту [1]. В. В. Звонков запропонував класифікацію комбінованих сполучень по схемам: послідовній (один вид транспорту замінює інший на маршруті), паралельній (з пункту відправлення і до пункту призначення одночасно можна дістатися різними видами транспорту); паралельно-послідовній (колі між пунктами відправлення та призначення можна реалізувати перші дві схеми) [2]. У [3] проблема комплексного використання видів транспорту розглядається як загальномережева, що охоплює весь шлях руху вантажу від відправника до отримувача.

Ще у 1970-х роках стало зрозумілим, що ув'язати технологічну роботу залізничних станцій та морських портів у пунктах перевалки вантажів хоча і є важливим елементом транспортного процесу, але не може призвести до удосконалення системи управління перевезеннями. Пункт перевалки вантажів – важливий окремий елемент перевізного процесу змішаних перевезень, на роботі якого відображається неузгодженість взаємодії інших елементів: пункту відправлення, перевезення залізничним транспортом, перевезення водним транспортом.

Наступним кроком стала ув'язка роботи залізничного та морського видів транспорту у крупних транспортних вузлах на основі створення єдиних технологічних процесів роботи залізнично-водних та залізнично-автомобільних пунктів переробки вантажів [4].

На основі приведених даних може бути побудований організаційний механізм

функціонування мультимодальних транспортних систем. Основними важливими процесами при цьому є політичні та економічні аспекти. Однак інструментом, за допомогою якого відбувається запуск і функціонування системи мультимодальних перевезень, є система договорів на перевезення певних вантажів. На основі аналізу структури міжнародних договорів постачання продукції можна стверджувати, що домінуючу роль при цьому відіграють транспортні умови основних позицій мультимодальних перевезень вантажів. Даний аналіз дозволяє представити механізм функціонування мультимодальних перевезень у вигляді організаційно-технологічної структури, що ілюструє взаємодію учасників логістичних проектів мультимодальних перевезень. Дана структура дозволяє розглядати проекти мультимодальних перевезень не як набір самостійних елементів окремих видів транспорту, а як систему взаємопов'язаних процесів залізничного, морського видів транспорту і підприємств виробничого характеру. При цьому діяльність основних учасників мультимодального перевезення регламентується договором між вантажовідправником і вантажоотримувачем. Транспортні умови цих договорів визначають основні характеристики перевізного процесу і вимоги до транспортної інфраструктури та об'єктів, що задіяні при здійсненні мультимодального перевезення.

У рамках даної моделі доставки вантажів від вантажовласника (виробника продукції) до портів вивантаження отримувача вантажів складається з чотирьох основних технологічних етапів мультимодального перевезення:

- накопичення вантажів і відвантаження продукції зі складів вантажовідправника у залізничні вагони;
- доставка вантажу залізничним транспортом від місця виробництва продукції на склад портового перевалочного комплексу;
- накопичення вантажів у порту до розмірів судової партії і відвантаження вантажу із порту на морський транспорт;
- доставка вантажу з порту перевалки до порту призначення.

Кожний етап моделі мультимодального перевезення характеризує певну фазу технологічного процесу доставки. До того ж задається система обмежень, що діють на певному етапі і для моделі в цілому. Закордонний досвід використання подібної моделі на практиці організації функціонування мультимодальних транспортних систем дозволяє розглянути технологічний процес мультимодального перевезення як суперпозицію процесів, що відбуваються у послідовних етапах доставки. Розглянуто модель перевізного процесу у мультимодальному сполученні за участю двох видів транспорту залізничного та морського з перевалкою у портах.

У відповідності з пунктом 3.1 правил Інкотермс-2020 існує чотири групи міжнародної доставки: E, F, C, D. Найбільш повними є умови DDU і DDP, при яких доставка продукції від місця виробництва здійснюється до складу підприємства кінцевого споживача. Такі умови найбільш повно розкривають ефективність мультимодальних перевезень.

Однак при вивантаженні товарів у порту отримувача (умови поставки CIF) до складу підприємства кінцевого споживача (умови поставки DDP) можуть використовуватися транспортна інфраструктура і рухомий склад на території іншої держави. Припустимо, що склад кінцевого споживача розташовано не далеко від порту вивантаження, тоді можна розглядати даний процес за умовами доставки CIF. Залізничним транспортом вантаж доставляється до порту. У порту йде накопичення вантажів до розмірів судової партії. Вантаж завантажується на судно, а далі морським транспортом перевозиться до порту вантажоотримувача. Транспортні роботи організовує оператор мультимодального перевезення.

Для організації процесу доставки оператор мультимодального перевезення взаємодіє з вантажовідправником, залізничним транспортом, перевалочним комплексом у порту, морським перевізником вантажу, вантажоотримувачем чи його агентом у порту вивантаження. А процес організації мультимодального перевезення складається із двох задач:

- розрахунок параметрів необхідної інфраструктури і кількості транспортних засобів на усіх етапах доставки;
- визначення ефективності доставки з урахуванням витрат на кожному етапі мультимодального перевезення.

Ефективність здійснення мультимодальних перевезень вантажів визначається узгодженістю дій вантажовласників, залізничного та морського транспорту і портів [5]. Відповідність пропускну здатності перевалочних комплексів у портах і терміналів вантажовідправників, провізних здатностей залізничного та морського видів транспорту – головна умова забезпечення ефективного мультимодального перевезення.

Для певного обсягу транспортної роботи та структури вантажообороту задача може бути вирішена шляхом вибору такого варіанту співвідношення виробничої спроможності елементів мультимодальної транспортної системи, при якому за певний період часу отримано мінімальні загальні грошові витрати. Задача може бути вирішена і зворотньо, коли для наявних потужностей вантажних терміналів вантажовласників, залізничного та морського транспорту, стивідорних компаній, визначається оптимальний вантажообіг.

Окрім цих двох основних задач, визначаються ще й додаткові задачі, такі як обґрунтування спеціалізованих перевантажувальних пристроїв, норм одночасної обробки залізничного та морського транспорту, кількість та виробнича спроможність вантажних механізмів та інші, що можуть бути вирішені як випадки вирішення основної задачі.

При перевезенні експортних вантажів на умовах поставки CIF («Cost, Insurance and Freight» - торговий термін міжнародних правил Інкотермс 2021) виникають такі основні види діяльності:

1 – накопичення вантажів на складах підприємства вантажовідправника: постачання продукції на тиловий фронт складу; взаємодія тилового фронту складу з вантажем, що поступає; зберігання продукції на складі; робота фронту відвантаження складу по відвантаженню продукції на залізничний транспорт;

2 – переміщення вантажу залізничним транспортом від місця виробництва до портових перевалочних комплексів (формування судових партій вантажу, для перевантаження по прямому варіанту, з відвантаженням на склад, зберіганням та завантаженням на судно, або за комбінованим варіантом перевантаження);

3 – взаємодія залізничного рухомого складу з тиловим фронтом перевалочного комплексу, що включає: накопичення залізничних вагонів на припортових станціях, подачу вагонів до тилових фронтів перевалочних комплексів, діяльність тилового фронту по переробці залізничних вагонів;

4 – зберігання вантажу, що прибув у залізничних вагонах може здійснюватися на складській території перевалочного комплексу, у залізничних вагонах, частина судової партії на складах стивідорської компанії, а інша частина у залізничних вагонах і т. д.

Список використаних джерел

1. Образцов В.Н. К вопросу комплексной теории транспорта / В. Н. Образцов. – Известия АН СССР, Отделение технических наук, 1945. – С. 10-11.
2. Звонков В.В. Взаимосвязь отдельных видов транспорта и основы организации смешанных перевозок / В. В. Звонков. – Академия железнодорожного транспорта, Кафедра эксплуатации железных дорог, 1953. – 139 с.
3. Комаров А.В. Взаимодействие железнодорожного и водного транспорта в смешанных сообщениях / А. В. Комаров. – Речной транспорт, 1957. – 212 с.
4. Golinska P. European Union Policy for sustainable transport system – challenges and limitations / P. Golinska, M. Hajdul // Sustainable transport. – Berlin Heidelberg, 2012. – P. 3–20.
5. Fechner I. Logistyka w Polsce / I. Fechner, G. Szyszka // Raport 2011, Biblioteka Logistyka. – Poznań, 2012. – P. 175.
6. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.

НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У СУЧАСНИХ УМОВАХ

**Д.В.Ломотько, проф., д-р техн. наук,
Д.Д.Ковальов, асп.,
М.Д.Ломотько, асп.**

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, Україна

Сучасні тенденції у світової економіки та блокування основних вітчизняних портів під час бойових дій значно впливають на роль залізничного транспорту у забезпеченні функціонування комерційних відносин між країнами та всередині держави. Перспективним у транспортному секторі бачиться збільшення застосування контейнерних перевезень, в першу чергу - на залізничному транспорті. В умовах складної ситуації в економіці та галузі виникає необхідність нового підходу в організації контейнерних перевезень, який дозволив би підвищити їх ефективність та оперативність, в тому числі – для перевезення військових вантажів, транспортування на особливих умовах та для гуманітарних вантажів у міждержавному сполученні. Тому удосконалення технології залізничних контейнерних перевезень у сучасних умовах повинно базуватись на існуючих практиках контейнерних перевезень на різних видах транспорту, із застосуванням новітніх підходів у роботі міждержавних залізничних переходів та з урахуванням зростання інтересу до галузі.

Вигідне географічне положення України на перетині шляхів з Європи в Азію, з Півночі на Південь на фоні перевантаження і перенасичення європейських транспортних вузлів створює передумови для інтеграції транспортної мережі України в міжнародну транспортну систему. Наявність існуючих та перспективних контейнерних терміналів (Одеський, Південний, Чорноморський МТП тощо) роблять її потенційно привабливою для залучення в систему міжнародних транспортних коридорів.

Важливою складовою вітчизняної контейнерної системи є порти. Вони показують наступну динаміку: у січні-серпні 2021 року морські порти України перевантажили 673,4 тис. TEU, що на 2,5% менше, ніж у попередньому році. За той же період експортні контейнерні перевезення через українські морські порти склали 316,9 тис. TEU, що на 1,3% менше, ніж у попередньому році. Імпорт скоротився на 1,9% до 329,3 тис. TEU. Транзитні контейнерні перевезення через основні порти України скоротилися на 19% до 27,2 тис. TEU.

Питання формування сучасної та удосконалення існуючої технології залізничних контейнерних перевезень висвітлено у працях багатьох вітчизняних та закордонних вчених та практиків. Наприклад, у роботі [1] були проаналізовані напрямки використання контейнерних перевезень територією України. Запропоновано підхід до вибору оптимального виду транспорту та комбінацій цих видів транспорту з метою підвищення швидкості та рентабельності перевезення. Обґрунтовано здійснення транспортних послуг за різними логістичними схемами та сформовано позитивні висновки стосовно перспектив розвитку контейнерних перевезень, зокрема, транспортними коридорами України. Це дозволить більш ефективно використовувати пропускну здатність основних західних міждержавних залізничних стиків, у тому числі – із зміною ширини колії.

Багатокритеріальність задачі раціоналізації контейнерних перевезень спонукає розглядати супутні фактори, які мають вплив від перевезень як автомобільним, так і залізничним видами транспорту. Технологічні параметри експлуатації контейнерних поїздів може бути зведено до математичної моделі мінімізації тривалості руху автомобільного та залізничного транспорту на графі транспортної мережі при виконанні контейнерного перевезення. Економічний розрахунок загальних витрат від використання контейнерних та контейнерних перевезень можливо здійснити з урахуванням застосування покращеної

системи АСК ВП УЗ-Є відповідно до удосконаленого підходу, викладеному у [3].

У роботі [2] підкреслено перспективність збільшення контейнерних перевезень, що вимагає від залізничної галузі швидко та оперативно реагувати на запити на здійснення перевезень. Дослідження авторів довели, що найбільші простоти контейнерів (отже, вагонів з ними) спостерігаються на «першій милі» і на «останній милі». В статті запропоновано підхід, що дає змогу порівняти питомі експлуатаційні витрати на один контейнер в умовах перевезень «за готовністю», який на сьогодні діє на АТ Укрзалізниця, і «за часом» при наданні «жорсткої нитки» графіка руху поїздів, а також визначено доцільність використання приватної локомотивної тяги. Для реалізації процесу перевезень контейнерів «за готовністю» состава з N платформами запропоновано використовувати вираз

$$N = \int_{t_0}^{\tau} \lambda_k(t) dt, \quad (1)$$

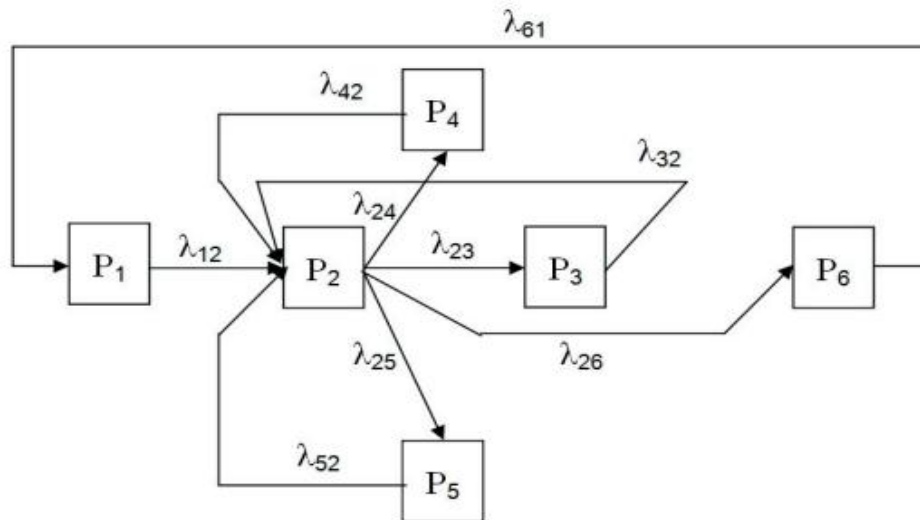
де $\lambda_k(t)$ – інтенсивність контейнеропотоку, що надходить на термінал накопичення; t_0 – момент часу початку накопичення; τ – момент часу закінчення накопичення N контейнерів.

Зростання впливу контейнерообігу на економіку у сучасних складних умовах створює передумови для інтеграції вітчизняної транспортної системи у європейську. Така задача вимагає розробки нових підходів до роботи з контейнерами на міждержавних переходах з метою зменшення негативного впливу тимчасового блокування роботи основних морських портів держави. Транзитний потенціал країни створює сприятливе середовище для впровадження транспортно-логістичних кластерів у західних прикордонних районах країни [4].

Значна увага приділялася вибору рухомого складу для транспортування контейнерних вантажів магістралями України. На думку вчених, створення прикордонних транспортно-логістичних кластерів надає можливість підвищити швидкість, надійність та якість обслуговування вантажопотоків, які перетинають кордони України, та допоможе переорієнтувати різні галузі, які пов'язані з перевезеннями водними шляхами, на співпрацю між собою та на сприяння розвитку вітчизняного бізнесу з подальшою ефективною взаємодією із закордонними перевізниками [1, 4].

Все частіше для вирішення задач підвищення економічної та технічної ефективності вантажних перевезень вчені приділяють увагу розробці математичних моделей оброблення контейнерів та контейнерних поїздів на шляху прямування від вантажовідправника до вантажоодержувача. Одну з таких систем представлено у роботі [5]. Поставлена задача має оптимізаційний характер і представлена у вигляді графів станів та диференціальних рівнянь. Граф станів знаходження контейнера під обслуговуванням на технічних засобах залізниць має вигляд, наведений на рис. 1.

У роботі [6] розглянуто питання удосконалення існуючої технології обробки вагонів з контейнерами міжнародних напрямків, що надходять на сортувальні станції. Проведено аналіз часу знаходження зазначених вагонів на сортувальній станції та виявлено ряд операцій, які призводять до повторної переробки вагонів. Запропоновано технологію взаємодії сортувальної та припортової вантажної станції, що спеціалізується на обробці контейнерних вагонопотоків. Визначення пріоритетності обслуговування вагонопотоків із контейнерними вантажами на сортувальній станції, відповідний перерозподіл роботи з вагонами на прилеглу припортову вантажну станцію дає високу узгодженість процесу обробки пріоритетних напрямків вагонопотоків та можливість зменшити простій вагонів на етапі сортування. За витратами часу на сортувальній станції більш детальний підбір вагонів з контейнерами у порівнянні із існуючою технологією обробки з повторним сортуванням на вантажній станції дає значне скорочення часу через виключення ряду як технологічних операцій на вантажній станції, так і простоїв у їх очікуванні. Такий підхід, на наш погляд, може бути застосовано на сухопутних прикордонних залізничних переходах.



- P_1 – знаходження контейнера під завантаженням на контейнерному пункті станції відправлення; P_2 – знаходження контейнера на дільниці слідування;
 P_3 – знаходження контейнера на технічній станції;
 P_4 – знаходження контейнера під сортуванням на вихідній станції залізниці відправлення;
 P_5 – знаходження контейнера під сортуванням на вхідній станції залізниці призначення;
 P_6 – знаходження контейнера на станції призначення під розвантаженням.

Рисунок 1 – Граф станів знаходження контейнера під обслуговуванням на технічних засобах залізниць

Можливі коливання обсягів перевезень контейнерів за призначеннями можуть змінюватися у досить широких діапазонах. Тому елементи планування контейнерних перевезень повинні враховувати вплив на їх обсяги великої кількості випадкових факторів, а план формування контейнерних та інших залізничних перевезень повинен мати імовірнісну оцінку надійності його виконання. На нашу думку впровадження транспортно-логістичних кластерів може стати хорошим рішенням поставленої задачі та дозволить кардинально покращити становище транспортної системи країни у сучасному складному часі.

Список використаних джерел

1. Ломотько Д.В., Обухова А.Л., Сеніва І.В. Аналіз перспективних напрямків використання контейнерних та контрейлерних перевезень в Україні / Д.В. Ломотько, А.Л. Обухова, І.В. Сеніва // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». – 2015. – Режим доступу: <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/4502/1/%d0%9b%d0%be%d0%bc%d0%be%d1%82%d1%8c%d0%ba%d0%be.pdf>
2. Бутько Т. В., Харланова С. В., Кіпренко А. В., Шахраюк В. А. Підходи до удосконалення контейнерних інтермодальних перевезень в умовах впровадження приватної локомотивної тяги. Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. 2021. №1. - С. 16- 23. DOI: 10.18664/ikszt.v26i1.229018
3. Ломотько Д. В., Балака Є. І., Резуненко М. Є. Визначення оптимальної кількості вагонів у маршрутних поїздах. Залізничний транспорт України №4, 2019. – С. 4 - 12. DOI: 10.34029/2311-4061-2019-133-4-04-12
4. Альошинський Є. С. Аналіз передумов формування прикордонних транспортно-логістичних кластерів для удосконалення міжнародних залізничних вантажних перевезень / Є. С. Альошинський, Г. Г. Замбрибор // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. - 2014. - Вип. 150. - С. 11-17. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt_2014_150_4.
5. Ломотько Д. В. Математичні моделі інтермодальних перевезень вантажів / Д. В. Ломотько, А. М. Котенко, В. І. Шевченко, П. С. Шилаєв // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2012. - № 1(4). - С. 14-19. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2012_1%284%29_4
6. Шелехань Г.І. Застосування принципів системного аналізу для раціоналізації функціонування припортових вантажних станцій з обслуговуванням контейнерних вантажопотоків [Електронний ресурс] / Г.І. Шелехань // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. - 2013. - Вип. 137. - С. 130-134. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpudazt_2013_137_23.
7. Aulin, V., Lyashuk, O., Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Hrynkiv, A., Lysenko, S., Holub, D., Vovk, Y., Dzyura, V., Sokol, M. Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system (2019) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 21 (2), pp. 3-12.

NEGATIVE CONSEQUENCES OF HOSTILITIES FOR LOGISTICS COMPANIES

Г.І. Шелехань, доц., канд. техн. наук

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків, Україна

After the imposition of martial law in the country from the first day, the military command is endowed with additional powers in accordance with the Law of Ukraine [1]. First of all, we are talking about the introduction of martial law as a set of measures designed to provide opportunities for the country to effectively protect itself from external threats. According to this Law, a special order of life of the country (individual localities) during martial law is to provide state authorities, military command, military administrations and local governments with extraordinary powers.

Preservation of the usual logistics activities of enterprises in the territory where martial law is imposed or hostilities are carried out is doubtful. Factors changing the nature of logistics activities in such conditions are:

- forced re-profiling of work for the production and storage of products necessary for the country's defense capabilities;
- prohibition of trade in goods of certain categories;
- obstructed access to the territory of logistics activities;
- possibility of seizure of electronic communication equipment, television, video and audio equipment, computers and other technical means of communication or property.

The implementation of hostilities can have various consequences, which to some extent are reflected in the conduct of business. In the context of logistics activities, the consequences can be considered depending on the nature and scope of influence on technical, technological, production, economic criteria and so on. According to the degree of influence on logistics activities, they can also be divided into several groups. The author proposes the following classification of the consequences of hostilities for logistics companies: critical, significant and minor (Table 1).

Table 1 – Gradation of the consequences of military action for logistics companies.

Critical	complete or partial damage to real estate and (or) other properties, including vehicles, loading equipment, etc.; alienation or seizure of property; embezzlement of property and resources; inability to conduct further activities due to legal, social, financial, environmental reasons
Significant	forced termination of logistics activities; partial loss of some kinds of participants in the supply chain; involvement of capacities and labor resources in works on strengthening defense capabilities; limited replenishment of various resources; lack of possibility of repair and restoration works; restriction on territories of free movement; restriction or suspension of settlements in banks
Minor	delays or postponement of work on the production; untimely execution of technological operations or incomplete execution; complicating the procedures for conducting logistics activities; changes in the regime and working conditions at enterprises

It is impossible to completely eliminate the negative consequences of martial law and hostilities. But there is a set of measures that will minimize them. These include the following:

- conduct an inventory and market valuation of assets that are expected to be seized. This will protect the property from forced alienation at a reduced price;
- transfer property in advance that can be moved to a safe place and not used in the

production process. The Ministry of Economy informs that as of March 21, 2022, 40 Ukrainian enterprises have already been relocated from the zone of active hostilities under the relocation program of production facilities. Of these, 18 companies resumed their work in the new location [2];

- possible reorientation in the spatial and strategic areas of logistics;
- identification of priority areas of activity, in particular, safe, and its priority provision;
- provide for the possibility of interchangeability of employees with each other;
- record all detected traces of committing a criminal offense;
- control over the non-use by employees of the company's property, including electronic communication equipment, television, video and audio equipment, computers and technical means of communication for personal purposes and contrary to the requirements of military orders.

Such a modern challenge to society as looting needs special attention. If there is a threat of looting, it is necessary to take all possible measures to each business representative. Therefore, owners of enterprises and farms, in addition to their own, need to take care of property safety.

At the same time, there are already ready-made solutions that simplify logistics, for example, ready-made modules from a comprehensive automated system for working with modes of transport, automation systems for multimodal terminals, port processes. developers of these systems are often willing to offer their use on a lease basis, which will reduce logistics costs [3].

Список використаних джерел

1. Про правовий режим воєнного стану : Закон України від 12.05.2015 р. № 389-VIII : станом на 24 бер.2022 р. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/T150389?an=1> (дата звернення: 03.04.2022).
2. Гонтаренко О., Сирота Ю. Алгоритм евакуації комерційного підприємства за програмою уряду. Головбух. URL: <https://egolovbuh.mcfir.ua/963236> (дата звернення: 03.04.2022).
3. Тодуров О. Сухий порт: як забезпечити оперативну логістику в умовах війни. Mind. URL: <https://mind.ua/openmind/20238657-suhij-port-yak-zabezpechiti-operativnu-logistiku-v-umovah-vijni> (дата звернення: 04.04.2022).
4. Aulin, V., Lyashuk, O., Pavlenko, O., Velykodnyi, D., Hrynkiv, A., Lysenko, S., Holub, D., Vovk, Y., Dzyura, V., Sokol, M. Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system (2019) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 21 (2), pp. 3-12.
5. 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.
6. 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.

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ДОСТАВКИ ОБЛАДНАННЯ ТА МЕХАНІЗМІВ З КИТАЮ В УКРАЇНУ

В.Ю. Бойко, ст. гр. Т-41-18,

О.В. Павленко, доц., канд. техн. наук

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків, Україна

Зростання міжнародних перевезень у світі викликає необхідність у розробці ефективних варіантів доставки вантажів, що в свою чергу формує мету дослідження: визначення раціонального варіанту доставки вантажів з Китаю в Україну за максимальним прибутком. Географічна структура зовнішньої торгівлі товарами у січні-липні 2021 року, згідно Держаної статистики (табл. 1), показує, що за обсягом експорту товарів Китай знаходиться на третьому місці, а за обсягом імпорту на першому місці серед десяти країн [1].

Таблиця 1 – Географічна структура зовнішньої торгівлі товарами

Назва країни	Експорт		Імпорт		Сальдо, тис.дол. США
	тис.дол. США	у відсотках до січня- липня 2020	тис.дол. США	у відсотках до січня- липня 2020	
1. Польща	1976010,8	104,2	2255956,1	110,7	-279945,3
2. Російська Федерація	1889939,6	88,0	4434110,5	99,9	-2544170,9
3. Китай	1868468,2	160,4	4803915,5	127,5	-2935447,3
4. Туреччина	1530199,1	97,7	1071820,4	126,8	458378,7
5. Італія	1487022,1	90,1	1136602,7	104,4	350419,4
6. Єгипет	1327345,3	120,5	83453,5	122,3	1243891,8
7. Німеччина	1255627,8	111,4	3532202,1	102,7	-2276574,3
8. Індія	1163968,3	83,3	393971,0	118,9	769997,3
9. Нідерланди	1149053,1	134,0	430338,1	104,0	718715,0
10. Угорщина	899438,4	92,9	710146,6	101,5	189291,8

В формуванні варіантів доставки товарів слід враховувати існування так званого «Шовкового шляху», який включає організацію постачання залізницею з Китаю до Європи контейнерними потягами. Цей шлях організовано Китаєм та субсидується, але з 2020 року рівень допомоги значно буде скорочено, що в свою чергу збільшуватиме вартість доставки достатньо швидкого варіанту доставки [2]. Також слід враховувати, що за цими напрямками не має можливості постачання на територію України напряму, тільки через Європу. В умовах глобалізації сучасної економіки підвищення ефективності доставки вантажу входить до перспективних напрямків скорочення витрат промислових організацій, торгівлі та сфер послуг. У зв'язку з цим, в останній час з'явилася тенденція становлення транспортно-експедиторської діяльності як самостійної галузі транспортного комплексу. Одна з головних задач транспортно-експедиторської діяльності в сучасних умовах – пошук найбільш ефективного для замовника варіанта доставки вантажів, використовуючи один або декілька видів транспорту [3]. Ряд вчених: Абрамов А.А., Костров В.Н., Каравашкін І.П., Телегин А.І.,

досліджують різні питання цієї проблеми на макроекономічному рівні, а Жмачинський В.І., Миннуллін Д.В., Потехіна Л.А., і деякі інші розглядають економічні і організаційні аспекти розвитку міжнародних перевезень вантажів, які недостатньо вивчені [4].

У документі [5] були розглянуті питання координації ланцюжка поставок, що впливають з ініціативи «Один пояс і одна дорога» (OBOR), і досліджено вплив контракту про розподіл витрат на ключові рішення для ланцюжка поставок логістичних послуг з масовим налаштуванням. Мотивація дослідників була заснована на зростаючих індивідуальних потребах в логістичних послугах в регіоні OBOR. У цьому дослідженні ланцюжок поставок логістичних послуг, що складається з одного постачальника функціональних логістичних послуг (FLSP) і одного інтегратора логістичних послуг (LSI), була розглянута і виконана на OBOR. На основі теоретико-ігрового підходу продуктивність ланцюжка поставок оцінювалася за чотирма моделям договору про розподіл витрат між FLSP і LSI, відповідно. Ініціатива «Пояси і дороги» є найбільшим міжнародним економічним прагненням Китаю, спрямованим на стимулювання економічного розвитку в великому регіоні, що охоплює субрегіону в Азії, Європі та Африці, на частку якого припадає 64% світового населення і 30% світового ВВП [6]. В рамках ініціативи «Пояс і дорога» (B & R) в статті [7] були побудовані два нових торгових коридору, що з'єднують Далекий Схід з Європою. Одна з них – це лінія швидкісної наземного зв'язку Китай-Європа (CESEL), а інша – Новий євразійський сухопутний міст (NELB). Мета цього документа – зрозуміти ставлення відповідних зацікавлених сторін до ефективності традиційної морської лінії (TSL) поряд з двома контейнерними маршрутами в рамках ініціативи B & R. Використовуючи глобальну обчислювальну модель загальної рівноваги, в статті [8] досліджується макроекономічний вплив Китайської ініціативи в області «Пояс і дорога» (BRI). Беручи до уваги зовнішні ефекти розвитку інфраструктури щодо зниження торгових витрат і підвищення енергоефективності, аналіз показує, що BRI принесе значну користь світовій економіці в плані добробуту і торгівлі, навіть при консервативних припущеннях про розмір загальних інвестицій в рамках ініціативи.

Аналіз поточного стану знань у області визначення ефективного варіанту доставки товарів показав, що для раціональної організації цього процесу необхідно розробляти всі можливі варіанти, використовуючи переваги всіх видів транспорту та сучасних технологій в роботі складів, транспортних та логістичних (експедиторських) компаній.

Список використаних джерел

1. Географічна структура зовнішньої торгівлі товарами у 2021 році : веб-сайт. URL: http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2021/zd/ztt/ztt_u/arh_ztt2021.html (дата звернення: 01.03.2022).
2. Китай скорочує субсидування Нового шовкового шляху : веб-сайт. URL: https://cfts.org.ua/articles/kitay_sokraschaet_subsidirovanie_novogo_shelkovogo_puti_1587 (дата звернення: 15.03.2022)..
3. Нефьодов, В.М. Побудова логістики поставки консолідованих вантажів з України в Європу [Текст] / В.М. Нефьодов, О.В. Павленко, Д.О. Великодний // Комунальне господарство міст. 2021. 161. С. 191-198
4. Звягін О. А. Повышение эффективности мелкопартионных перевозок грузов : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к-та т. наук : 05.22.01, 2009. 21 с.
5. Liu X., Zhang K., Chen B., Zhou J., Miao L. Analysis of logistics service supply chain for the One Belt and One Road initiative of China. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 2018. Vol. 117. P. 23-39.
6. Huang Y. Understanding China's Belt & Road Initiative: Motivation, framework and assessme. *China Economic Review*. 2016. Vol. 40.P. 314-321.
7. Yang D., Jiang L., Ng A. K. Y. One Belt one Road, but several routes: A case study of new emerging trade corridors connecting the Far East to Europe. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2018. Vol. 117. P. 190-204.
8. Zhai F. China's belt and road initiative: A preliminary quantitative assessment. *Journal of Asian Economics*. 2018. Vol. 55. P. 84-92.

ДОСЛІДЖЕННЯ МАСТИЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ ПІДВІСКІ АВТОМОБІЛЯ

**О.В. Диха, проф., д-р техн. наук,
О.П. Бабак, доц., канд. техн. наук,
О.М. Маковкін, доц., канд. техн. наук,
С.Ф. Посонський, доц., канд. техн. наук**

Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна

Підвищення довговічності виробів машинобудування досягається не тільки застосуванням нових матеріалів, покриттів, вдалим конструюванням вузлів тертя, але й, в значній мірі, правильним вибором змащувального матеріалу. При виборі мастила найдостовірніші дані дають експлуатаційні випробування, проте вони є тривалими і дорогими. Тому поширені також раціональні лабораторні і стендові випробування. Лабораторні випробування мастильних матеріалів проводять для визначення фізико-механічних або службових властивостей.

Пластичні мастила в номенклатурі вживаних мастильних матеріалів отримали найбільше розповсюдження. Пластичні мастила – це густі мазеподібні продукти, до складу яких входять: масло - основа, загусник - мила, тверді вуглеці і різні добавки (присадки). Відмінною особливістю пластичних мастил є те, що вони здатні залежно від умов роботи володіти властивостями як твердих, так і рідких речовин. Під дією невеликих навантажень мастила поведуться як тверде тіло можуть утримуватися на вертикальних і похилих поверхнях. При дії великих навантажень мастила працюють як рідина володіють текучістю. Ефективним застосуванням пластичних масти є вузли тертя автомобілів: кульові шарніри, підшипники та інші.

Випробування мастильних матеріалів є одним з основних етапів оцінки придатності для роботи у вузлах тертя. Дослідження характеристик мастильних матеріалів на моделях чи в натурних умовах дає багатий матеріал для аналізу і вибору найкращого варіанта. Якість мастильного матеріалу в цьому випадку можна оцінювати на основі його експлуатаційних властивостей, найважливішими з яких є антифрикційні, протизносні і протизадирні властивості. Важливе значення мають дослідження мастил при нових розробках. Найбільшого поширення набули дослідження мастил на конструктивно нескладних машинах тертя з застосуванням зразків, що мають просту геометричну форму [1-6]. Як зразки можуть бути використані кулі, циліндри, прямокутні призми, ролики і т. п. Для оцінки мастильної здатності мастил на машинах тертя такого типу використовують наступні показники.

Коефіцієнт тертя. Цей показник має велике значення для мастил, призначених для змащення механізмів, з погляду енергетичних втрат на тертя.

Навантаження заїдання. Навантаження заїдання характеризує властивості мастил і матеріалів у визначених умовах контактування. Це те мінімальне навантаження в даних умовах дослідів, при якому відбувається руйнування граничної масляної плівки у всій зоні контакту. Чим вище навантаження заїдання для мастила в даних умовах дослідів, зроблених на одній машині тертя, тим краще мастильна здатність мастила, тобто стійкість масляної плівки і її здатність захищати поверхні від заїдання і зносу.

Критичну температуру масляної плівки. Вона характеризує мінімальну температуру, за якою для даного сполучення мастила і матеріалів поверхонь тертя відбувається руйнування граничного мастильного шару. Чим вище критична температура, тим більше навантаження витримує комбінація мастила і матеріалу в парі тертя без заїдання й пошкодження поверхонь.

Знос поверхонь тертя. Крім зазначених вище параметрів важливою характеристикою

мастила є здатність протистояти зносу поверхонь тертя. Тому що на знос впливає кожний з перерахованих вище параметрів, то він є як би підсумовуючою характеристикою мастила.

В сучасних умовах, коли значно збільшилась номенклатура виробляємих мастил та присадок до них, а також розширилась сфера їх застосування, вказані показники вже не можуть дати вичерпну характеристику трибологічних властивостей мастил в у всіх можливих умовах експлуатації. Так, зокрема, важливим стає фактор швидкості ковзання, який часто не враховують при проведенні випробувань мастил. Більшість існуючих конструкцій чотирикулькових машин тертя не передбачає безступінчастої зміни швидкості ковзання в широкому діапазоні. До недоліків існуючих конструкцій слід також віднести складність проміжних вимірювань зносу нижніх шарів без розбирання робочого вузла. Оцінка існуючих підходів по дослідженню працездатності вузлів тертя в умовах граничного змащування вказує на потребу створення і вдосконалення методів випробувань і випробувального обладнання з метою більш достовірного прогнозування їх довговічності і надійності. В даній роботі представлена конструкція стенду для випробувань кульових опор автомобіля, методологія та результати випробувань їх змащування. Машина тертя змонтована на базі свердлувального верстата. Для приводу обертання шпинделя використаний двигун постійного струму типу П22У4, з номінальною частотою обертання 1500 об/хв, потужністю 1 кВт, із змішаним збудженням. Блок живлення, який складається з випрямляча постійного струму і автотрансформатора, дозволяє плавно регулювати частоту обертання двигуна від номінальної до нуля. Між двигуном і шпинделем встановлений кривошипно-шатунний механізм, що дозволяє задавати досліджуваному зразку зворотно-обертальний рух. Основним вузлом машини тертя є робочий вузол, конструкція якого представлена на рис. 1. У шпинделі верстату 1 через перехідну втулку 2 встановлюється досліджуваний кульовий палець 3. В нижній частині вузла тертя 6 змонтована опора для встановлення вкладників 4 шарового пальця. Виключення перекосів та самоввстановлення при під час випробувань забезпечується радіальним сферичним дворядним шарикопідшипником 7 типу 1309. Для сприйняття осьових навантажень та можливості вимірювання коефіцієнта тертя використовується шариковий упорний однорядний підшипник 5 типу 8118. Весь вузол базується і закріплюється на столі машини тертя за допомогою основи 8. Кульовий палець навантажується через шпиндель за допомогою важільної системи з передаточним відношенням $k=3,25$.

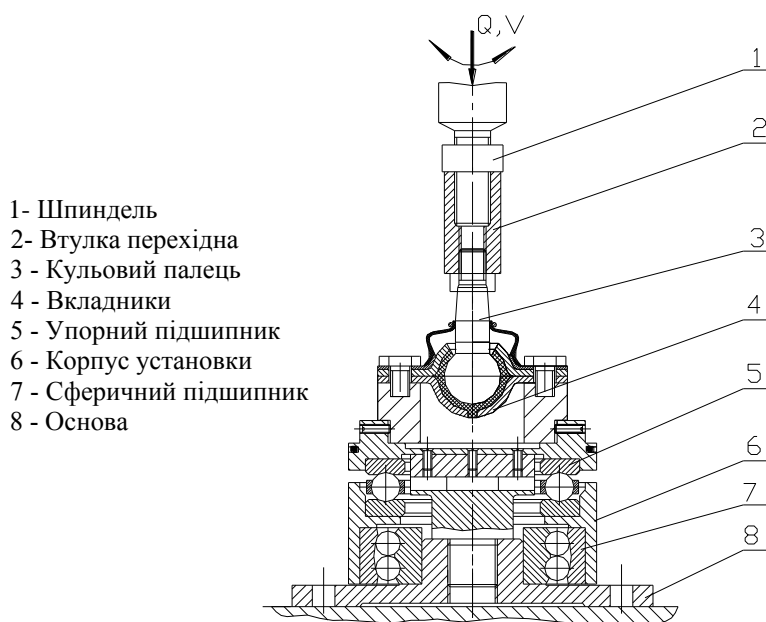


Рисунок 1 – Робочий вузол випробувальної установки

Для виміру температури мастила в зоні тертя застосовується термометр ЕТП-М, який

працює за методом одинарного неврівноваженого моста постійного струму. Чуттєвий вимірювальний елемент термометра при цьому розміщується через центральний отвір в опорі під нижніми вкладниками. Таким чином, під час випробувань є можливість постійного контролю температури мастила в зоні випробувань. Для вимірювання величини зони використовувався метод штучних баз. Для вимірювання ширини риски зносу $a(a_0)$ на вкладних використовувався мікроскоп МПБ-2.

Вихідні дані: матеріал кульового пальця : Сталь 40Х; матеріал вкладника: пластмаса; відносна швидкість ковзання: $V = 0,045$ м/с; навантаження на кульовий палець: $N = 350$ Н. Випробувались два види пластичних мастильних матеріалів: Солідол С та Літол-24.

Нижче представлена графічна інтерпретація результатів випробувань зносостійкості вкладників кульової опори автомобіля при використанні різних мастильних матеріалів.

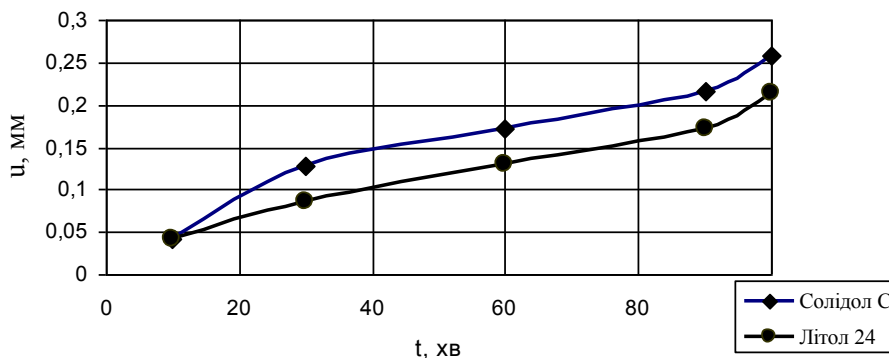


Рисунок 2 – Результати випробувань

Аналіз результатів випробувань показує на кращу зносостійкість базового матеріалу вкладників шарової опори автомобіля при використанні мастила Літол 24.

Таким чином, запропонована конструкція випробувального стенду для досліджень зносостійкості деталей кульових опор автомобіля та проведені порівняльні дослідження трибологічних властивостей двох типів пластичних мастил.

Список використаних джерел

1. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Експлуатаційна надійність автомобілів: Підручник у 2 ч., 4 кн. – К.: Вища школа, 2000. – Ч. 1: кн. 1. – 609 с., кн.2. – 458 с.; Ч.2: кн.3. – 321 с.; кн. 4. – 552 с.
2. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. – К.: Знання-Прес, 2003. – 512 с.
3. Диха О.В. Розрахунки вузлів тертя машин: навчальний посібник / О.В. Диха. – Хмельницький : ХНУ, 2013. – 175 с.
4. Закалов, О.В. Триботехніка і підвищення надійності машин [Текст]: О.В. Закалов. – Тернопіль: ТДТУ, 2000. – 354 с.
5. Кіндрачук, М.В. Трибологія / М.В. Кондрачук, В.Ф. Хабутель, М.І. Пашечко, Є.В. Корбут. – К.: Вид-во Національного Авіаційного університету «НАУ-друк», 2009. – 232 с
6. Диха О. В. Спосіб визначення коефіцієнта тертя змащених поверхонь / О. В. Диха, А. Г. Кузьменко // Проблеми трибології. – 2003. – № 1. – С. 136–139.
7. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія / Аулін В. В. [та ін.] ; за ред. проф. Ауліна В. В. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2016. - 303 с.
8. Замота Т.Н. Управление процессами приработки основных сопряжений деталей машин при изготовлении и ремонте: Монография // Т.Н. Замота, В.В. Аулин. – Кировоград: издатель Лысенко В.Ф.; 2015. – 303 с.
9. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки. Дисертація д-ра техн. наук: 05.02.04, Хмельниц. нац. ун т. Хмельницький, 2015. 447 с.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМИ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ SOLIDWORKS ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ АВТОМОБІЛІВ

А.В. Лішук, *магістрант. гр. МТВАм-21-1,*

О.Ю. Рудик, *доц., канд. техн. наук*

Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна

Витрати на ремонт і технічне обслуговування (ТО) автомобілів є досить високими. При цьому вони експлуатуються із значними відхиленнями технічного стану механізмів від оптимальних. У таких автомобілів у наявності підвищена витрата палива, що викликано відсутністю необхідних умов для своєчасної та якісної оцінки їх технічного стану.

Зниженню негативних чинників, які впливають на якість ТО та ремонт автомобілів, сприяє запровадження новітніх методів і засобів технічного діагностування, у тому числі стендових перевірок – діагностування.

Діагностування проводиться при ТО, ремонті, виявленні причин відмов, а також при визначенні залишкового ресурсу автомобілів.

Основна мета застосування діагностування – забезпечення найбільш ефективної експлуатації автомобілів при мінімальних витратах на їхнє ТО й ремонт. Скорочення витрат при впровадженні діагностування досягається за рахунок виконання ремонтно-обслуговуючих робіт відповідно до технічного стану машин. Це дозволяє запобігти передчасним ремонтам, вчасно запобігти відмовам і скоротити простої автомобілів з технічних причин.

При діагностуванні визначають справність або тільки працездатність механізмів і систем; стан регульованих спряжень; технічні характеристики складових частин, зазначені в інструкції для експлуатації автомобіля; виявляють ознаки, місця й причини відмов. У результаті діагностування одержують характеристику фактичного технічного стану автомобіля (ставлять діагноз). На основі діагнозу вказують конкретні ремонтні роботи, необхідні для відновлення допустимих параметрів технічного стану.

Діагностування виконують згідно з технологією, яка містить: технічні вимоги на діагностування, вказівки про порядок і режими проведення робіт, застосовуваному устаткуванню, послідовності перевірок; поопераційних нормативах трудомісткості й тривалості робіт.

У результаті діагностування отримують інформацію про технічний стан автомобіля, яка дозволяє: вчасно виявити й запобігти його відмовам; підтримувати оптимальні регулювання; скоротити простої через технічні несправності; кваліфіковано оцінити технічний стан складових частин й розробити рекомендації з виконання попереджувальних операцій; замінити окремі частини автомобіля, їх ремонт або подальшу експлуатацію без ТО.

Впровадження діагностування дозволяє на основі достовірної інформації про технічний стан автомобіля раціонально організувати його ТО й ремонт.

Тому метою даного дослідження є визначення працездатності стенду діагностики коробок передач і ведучих мостів автомобілів на основі використання універсальної системи параметризації SolidWorks. Конструкція стенду діагностики та принцип його роботи наведені в [1].

Початок дослідження – екстремальний випадок, який може виникнути при збиранні стенду діагностики: ослаблення (або відсутність) правого болта кріплення підшипникової опори. Внаслідок цього відбувається перекіс вала барабану [2]. Продовження – розрахунок статичної міцності вала натяжного пристрою ланцюгової передачі [3].

У цих дослідженнях для розрахунків застосовані інформаційні технології на прикладі

застосування сучасної промислової системи автоматизованого проектування (CAD) та інженерного аналізу (CAE) – SolidWorks. Її можливості:

- простий інтерфейс;
- можливість при побудові віртуального образу визначати площу, об'єм, масу об'єкта, відстань між його характерними точками;
- спроможність легко змінювати розміри й форми віртуального геометричного тіла.

Додатком SolidWorks є SolidWorks Simulation, за допомогою якого можна прогнозувати поведінку деталі в реальній експлуатації. Для цього цифрова модель аналізується методом скінченних елементів (МСЕ). Можна проводити лінійний і нелінійний статичний і динамічний аналізи. Переваги [4]:

- можливість швидко прорахувати велику кількість альтернативних варіантів конструкції;
- скорочення циклу розробки завдяки оптимізації конструкторських рішень;
- визначення запасу міцності, внутр. напружень та інших параметрів на ранніх стадіях розробки деталі;
- скорочення витрат на матеріали (SolidWorks Simulation допомагає виявити й виключити зайвий запас міцності);
- зниження витрат на випробування фізичних зразків завдяки віртуальним випробуванням цифрових 3D-моделей.

Взаємодія з додатками SolidWorks для проектування [4]:

- робота у середовищі SolidWorks 3D CAD;
- підтримка конфігурацій і матеріалів SolidWorks;
- довідкова система, документація й база даних;
- запис макросів та інтерфейси прикладного програмування (API).

Основна ідея МСЕ полягає в тому, що будь-яку безперервну величину, таку як температура, тиск і переміщення, можна апроксимувати дискретною моделлю, яка будується на безлічі шматково-безперервних функцій. У загальному випадку безперервна величина наперед не відома, і потрібно визначити значення цієї величини в деяких внутрішніх точках області [5].

Останнє дослідження деталей стенду діагностики, яке проводилось у SolidWorks Simulation – статичний розрахунок його вала [1], матеріал якого – сталь 45 ГОСТ 535-88. При аналізі результатів моделювання встановлено, що мінімальний коефіцієнт запасу міцності вала становить $n = 2,903$, що більше допустимого $[n] = 1,5$. Тому мета даної роботи – визначення можливості заміни даного матеріалу на інший, наприклад, сталь 15 DIN 1.1141 (C15E) – рис. 1.

Имя:	Сталь 45 ГОСТ 535-88	Имя:	1.1141 (C15E)
Тип модели:	Линейный Упругий Изотропный	Тип модели:	Линейный Упругий Изотропный
Критерий прочности по умолчанию:	Максимальное напряжение von Mises	Критерий прочности по умолчанию:	Максимальное напряжение von Mises
Предел текучести:	8.3e+008 N/m ²	Предел текучести:	4,5e+08 N/m ²
Предел прочности при растяжении:	9.8e+008 N/m ²	Предел прочности при растяжении:	5,5e+08 N/m ²
Модуль упругости:	2.04e+011 N/m ²	Модуль упругости:	2,1e+11 N/m ²
Коэффициент Пуассона:	0.3	Коэффициент Пуассона:	0,28
Массовая плотность:	7826 kg/m ³	Массовая плотность:	7 800 kg/m ³
Модуль сдвига:	7.8e+010 N/m ²	Модуль сдвига:	7,9e+10 N/m ²
Коэффициент теплового расширения:	1.19e-005 /Kelvin	Коэффициент теплового расширения:	1,1e-05 /Kelvin

а)

б)

Рисунок 1 – Властивості сталей 45 (а) і 15 (б)

Повторними розрахунками у SolidWorks Simulation проведено розділення моделі вала на скінченні елементи [6], побудовано матрицю жорсткості; здійснено синтез скінченно-елементної моделі з урахуванням умов її закріплення у вузлових точках; розв'язано одержану систему алгебраїчних рівнянь; визначено компоненти напружено-деформівного стану (на рис. 2 наведено кінцевий результат розрахунків – запас міцності FOS вала).

Имя	Тип	Мин	Макс
Запас прочности1	Авто	2.90266 Узел: 13965	7.01485e+006 Узел: 929

а

Имя	Тип	Мин	Макс
Запас прочности1	Авто	1,540e+00 Узел: 13965	9,566e+06 Узел: 915

б

Рисунок 2 – Запас міцності FOS вала (а – сталь 45, б – сталь 15)

Встановлені максимальні напруження VON , які виникають у валу, виготовленому із сталі 15 $\sigma_{max} = 292,1$ МПа (вузол 13965); максимальне результуюче переміщення $URES$ $h_{max} = 1.285e-01$ mm (вузол 10663); максимальна еквівалентна деформація $ESTRN$ $\delta_{max} = 7.101e-04$ (елемент 4072). Таким чином, у випадку заміни сталі 45 на сталь 15 для виготовлення вала стенду діагностики коробок передач і ведучих мостів автомобілів запас міцності достатній (допустимий коефіцієнт запасу міцності $[n] = 1,5$).

Отже, отримані результати підтверджують актуальність проведеного дослідження з використанням SolidWorks та його додатку – SolidWorks Simulation (застосування лінійного статичного аналізу): з точки зору забезпечення міцності для виготовлення вала заміна його матеріалу є можливою. Але, враховуючи умови роботи цієї деталі, для підвищення її зносостійкості рекомендується термічна або хіміко-термічна обробка.

Список використаних джерел

1. Borovyk O. V. Application of ICT for the development of the diagnostic stand of gear-boxes and anchorman bridges of vehicles / O. V. Borovyk, O. Yu. Rudyk, M. O. Pazii // Scientific achievements of modern society. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. Cognum Publishing House. Liverpool, United Kingdom, 2020. – Pp. 71-79. – URL: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8768>
2. Рачок Р. В. Дослідження працездатності стенду діагностики автомобільної техніки за допомогою SolidWorks / Р. В. Рачок, О. Ю. Рудик, В. С. Єрмаков // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Ресурсно-орієнтоване навчання в «3D»: доступність, діалог, динаміка» / укл. Н. В. Кононець, В. О. Балюк. – Полтава: КУЕП ПДАА, 2019. – С. 80-85. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8431>
3. Трасковецька Л. М. Застосування інформаційно-комп'ютерних технологій для міцнісних розрахунків // Л. М. Трасковецька, О. Ю. Рудик, С. П. Мазур // Тези доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2019» (18-20 квітня 2019 р.). – Житомир: ЖДТУ, 2019. – С. 190-191. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/8466>
4. SOLIDWORKS Simulation [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://intersed.kiev.ua/simulation_packages
5. Овчаренко В.А. Основи методу кінцевих елементів і його застосування в інженерних розрахунках: Навчальний посібник / В.А. Овчаренко, С.В. Подлесний, С.М. Зінченко. – Краматорськ: ДДМА, 2008. – 380 с.
6. Рудик О. Ю. Методологія використання ІКТ на базі SolidWorks / О. Ю. Рудик, О. В. Диха // Сучасні інформаційні технології в освіті і науці : 3 Всеукр. наук. Інтернет-конф., 26-27 березня 2021 р. : (зб. матеріалів) / МОН України, Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини, Ін-т інформаційних технологій і засобів навч. НАПН України [та ін.] ; [редкол.: Медведєва М.О. (голов. ред.), Ткачук Г.В., Жмуд О.В., [та ін.]. – Умань : Візаві, 2021. – С. 120-122. – Режим доступу: <http://elar.khnu.km.ua/jspui/handle/123456789/10192/>
7. 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.

ПРОЕКТУВАННЯ ВІТРОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З МОЖЛИВІСТЮ ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ ПІДЗАРЯДКИ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

О.В. Диха, проф., д-р техн. наук,
С.Ф. Посонський, доц., канд. техн. наук,
О.П. Бабак, доц., канд. техн. наук,

Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна

Вітрові електростанції (ВЕС) – комплекси сучасного обладнання, що складаються з вітрогенератора потужністю від 100 Вт до 10 МВт [1], контролера заряду, комплекту акумуляторних батарей та інвертора напруги. ВЕС призначено для перетворення чистої природної енергії вітру в електрику, що широко використовується в повсякденному житті. Вітрогенератори бувають з горизонтальною або вертикальною віссю. Сучасний вітровий електрогенератор з горизонтальною віссю більш розповсюджений, має більший ККД (майже в 3 рази) [2], легкий в регулюванні і здійсненні штормового захисту та має нижчу вартість. Одночасно вітрогенератор малої потужності до 1 кВт [3] з вертикальною віссю має перевагу в роботі від слабких вітрів усіх напрямків, легкий в конструюванні і майже не створює шуму. Такий вітрогенератор, незважаючи на набагато більшу вартість, набув широкого застосування. Найпоширенішим є вітрогенератор «Савоніуса» [4].

Вітрові електрогенератори найбільш вигідно використовувати в місцях, де неможливо провести загальну електромережу, або підключення є дуже витратним, а також у місцях з частими відключеннями електрики. Також потрібно врахувати середньорічну швидкість вітру та встановлювати їх там, де цей показник перевищує 3 м/с.

Розрахунок вертикального вітряка по суті ні чим не відрізняється від розрахунку звичайного горизонтального, але має свої певні особливості [5].

Наведемо формулу розрахунку потужності енергії вітру:

$$P_v = 0,5QSV^3, \quad (1)$$

де P_v - потужність вітрового потоку, Вт;

S - площа обтікання ротору, м²;

V - швидкість вітру, м/с;

Q - щільність повітря (1,23 кг/м³).

Оскільки стовідсоткового перетворення одного виду енергії в іншу досягти неможливо, то маємо врахувати втрати. Вітроколесо має певний коефіцієнт використання (перетворення) енергії вітру. Максимальне значення теоретичного використання енергії вітру в ідеальних швидкохідних крильчатих вітроколесах становить 0,593 [5]. Для кращих зразків швидкохідних вітроколес з аеродинамічним профілем цей показник – від 0,42 до 0,46 [5]. Для багатолопатевого тихохідного вітроколеса цей показник коливається від 0,27 до 0,35 в залежності від якості виконання, і в розрахунках позначається символом C_p . Для узгодження оборотів тихохідного вітроколеса і генератора необхідно використовувати підвищувальний редуктор (мультиплікатор) і його ККД (N_M) коливається від 0,7 до 0,9 в залежності від коефіцієнта передачі і виконання.

Перетворюючи механічну енергію в електричну, також зазнаємо втрат. Тому відображаємо їх в ККД генератора N_g від 0,6 (для автотракторних генераторів з обмоткою збудження) до 0,8 (для генераторів з порушенням від постійних магнітів).

$$P = 0,5QSV^3 C_p N_g N_R. \quad (2)$$

З формули (2) робимо висновок, що найбільш суттєво потужність вітрового потоку залежить від швидкості вітру.

Виконаємо розрахунок площі обтікання повітря вітрогенератора за наступною формулою:

$$S = \frac{P_v}{0,5QV^3}. \quad (3)$$

Результати розрахунку наведено на рис. 1. Враховуючи необхідну потужність вітродвигуна (для одної вітроелектростанції в середньому 600 Вт), при середній швидкості вітру на території України 3 – 5 м/с, обираємо площу обтікання вітродвигуна 9 м², з радіусом кола та висотою по 3 м².

Залежно від діаметра і кількості лопатей обертів вітряка при одній і тій же швидкості вітру будуть різні (при відсутності регулювання кроку гвинта). Цей показник називається швидкохідністю вітроколеса і визначається відношенням окружної швидкості кінця лопаті до швидкості вітру.

При проходженні повітря через лопаті залишається обурений слід, який гальмує обертання вітроколеса. І тому чим лопатей більше, тим швидкохідність стає менше. Тому, щоб орієнтовно розрахувати оберти вітроколеса, візьмемо за основу швидкохідність (Z), наведену в таблиці 1, встановлену практичним шляхом для вітряків з різною кількістю лопатей [6]:

Таблиця 1 – Швидкохідність вітроколес.

кількість лопатей	1	2	3	6	12
швидкохідність	9,0	7,0	5,0	3,0	1,2

Багатолопатевої конструкції – низькообертової, і отже відцентрові і гіроскопічні сили значно менші, ніж у високооборотних.

За наведеною нижче формулою розрахуємо оберти вітроколеса W (об/хв.) в залежності від швидкості вітру і швидкохідності.

$$W = \frac{60VZ}{L}, \quad (4)$$

де: V - швидкість вітру, м/с;

L - довжина кола ротору, м.

Результати розрахунку наведено на рис. 2.

Чим більше лопатей має вітродвигун, тим складнішим є процес його виготовлення та нижча швидкохідність, але стабільність роботи вітродвигуна збільшується. Так, наприклад, однолопатевої двигун має найбільшу швидкохідність але під час його обертання відбуваються суттєві ривки (стрибки), що різко зменшують стабільність обертів та збільшують динамічні навантаження на підшипникові вузли щоглової конструкції [7-8].

Керуючись отриманими даними, при середній швидкості вітру на території України 3 – 5 м/с обираємо швидкохідність вітродвигуна «7», що відповідає двохлопатевою вітродвигуну. Таким чином, приймаємо мінімальну кількість обертів вітродвигуна 134 об/хв. Діапазон обертів вітродвигуна складає 134 - 401 об/хв.

Тоді, приймаємо наступні умови та припущення. Територія розміщення знаходиться на височині і є відкритий простір навколо майбутнього місця установки вітрогенератора. Суспільної електромережі немає.

Завдання: повністю забезпечити 300 - 400 кВт електроенергії щомісячно з піковими навантаженнями до 4 кВт (мінімум). Для розв'язання проблеми розглянемо наступні елементи.

Генератор - пристрій перетворює механічну енергію в електричну. У вигляді

механічної енергії може бути енергія вітру, води, палива. Всі електростанції використовують в своєму складі генератори: атомні електростанції, теплоелектростанції, гідроелектростанції, бензинові та дизельні електростанції, а також вітроелектростанції.

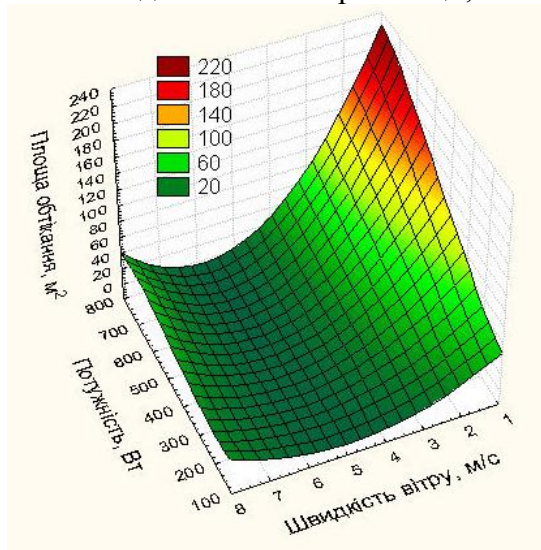


Рисунок 1 – Залежність площі обтікання повітря вітродвигуна від швидкості вітру та потужності

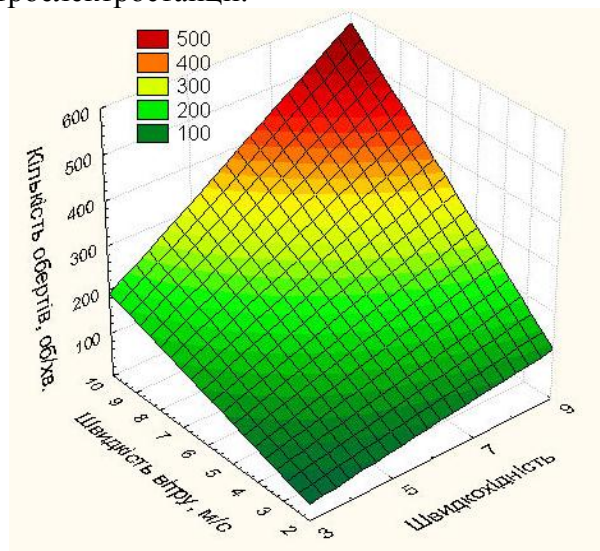


Рисунок 2 – Залежність кількості обертів ротору від швидкості вітру та швидкохідності вітродвигуна

Всі сучасні електрогенератори можна розділити на два основних види: генератори із обмотками збудження струму і без. Для генераторів з обмотками збудження струму, необхідне зовнішнє джерело електроенергії, яке дає збудження (включає в роботу електромагніт). Даний вид генераторів має невисоку ціну. Але істотним недоліком таких генераторів є невисокий ККД і присутність щіток ковзання, що вимагає частого обслуговування генератора.

Другий тип генераторів – від постійних магнітів. Їм не потрібне зовнішнє додаткове джерело електроенергії. У генераторі на роторі встановлено магніти, при обертанні яких генерується електроенергія. Дана конструкція практично не вимагає частого обслуговування, так як не має в своєму складі щіток ковзання. Тому даний генератор дуже надійний і може тривалий час працювати безперервно. У конструкції використано підшипники, стійкі до значних вертикальних навантажень. Номінальні оберти коливаються від 120 до 200 об/хв залежно від потужності [9]. Так само особливість генератора на постійних магнітах в тому, що він починає генерувати електроенергію відразу ж, як тільки починається обертання. Тому дані генератори вигідно застосовувати в мобільних установках, невеликих вітрогенераторах для роботи в польових умовах. До недоліків можна віднести відносно високу вартість і нестабільну напругу на виході. Необхідно додатково застосовувати системи стабілізації напруги або контролери заряду для акумуляторних батарей.

Щоб зрозуміти, як швидко повинні заряджатися акумулятори при витраті електроенергії 400 кВт на місяць, ми повинні розділити 400 кВт/міс на 30 днів (отримаємо щоденне споживання), а потім отримане число розділити на 24 години ($400/30/24 = 0,56$ кВт/годину – середнє споживання на годину). Швидкість заряду акумуляторних батарей генератором повинна скласти як мінімум 560 Ватт на годину.

Для того, щоб забезпечити заряд акумуляторних батарей генератором за цих умов зі швидкістю 560 Ватт на годину, потрібно взяти генератор, номінальна потужність якого буде як мінімум в три рази більше необхідної, тому що генератор буде працювати всього на 30-35% від номінальної потужності 1680 Вт/год. На всіх вітрогенераторних станціях вертикального типу доцільним вважають встановлення синхронного тихохідного інерційного генератора з постійними магнітами [10]. Даний тип генератора належить до безредукторних, що істотно збільшує ККД перетворення енергії і підвищує його надійність. Разом з тим, такий генератор здатний видавати короткочасний імпульс струму, що в 3-4 рази [10-11]

перевищує номінальний, який рекомендовано для відновлення пускових енергоспоживачів (електродвигуни, електроінструменти, компресори та інші блоки живлення). Для цих потреб нам підходить генератор EuroWind з номінальною потужністю до 3000 Ватт, що розробляється і розповсюджується в Україні компанією «ООО Українська альтернативна енергетика».

Вітроагрегат розмірами 3 на 3 метри з двома лопатями типу «вітряна турбіна Савоніуса» забезпечує необхідну потужність для роботи генератора.

Акумулятори: при середньому рівні заряду акумуляторних батарей 560 Вт/год за інтервал 8-9 годин вітровий генератор зможе виробити близько 5000 Ватт. У вітряні дні цей показник може збільшитися як мінімум в два рази, тому за той же період часу може бути вироблено 10000 Ватт електроенергії.

Генератор EuroWind 2 має напругу 120 Вольт, тому йому необхідно 10 акумуляторів з напругою 12 Вольт ($12 \text{ В на } 10 = 120 \text{ В}$). Одна акумуляторна батарея 12 В 100 Ач здатна зберегти до 1,2 кВт електроенергії. Десять таких батарей можуть зберегти до 12 кВт. Для запасу 10000 Ватт електроенергії нам відмінно підійдуть 10 акумуляторних батарей 12 В з ємністю 100Ач.

Сумарна напруга усіх послідовно підключених акумуляторних батарей повинна дорівнювати вихідній напрузі вітрогенератора і відповідати напрузі інвертора.

Наприклад: якщо напруга на виході з генератора EuroWind 2 становить 120 Вольт, то вам необхідна акумуляторна батарея з напругою 120 Вольт (тобто десять акумуляторів по 12 Вольт, які з'єднані послідовно або п'ять по 24 В).

Ємність акумуляторів впливає на термін автономної роботи від них при низькій швидкості вітру або повну його відсутність. Чим більше ємність ваших акумуляторних батарей, тим більше може генератор накопичити в них електроенергії, і тим довше ви зможете забезпечити себе цією електроенергією.

Одного акумулятора 12В 100Ач вистачає приблизно на 1 годину роботи при навантаженні 1 кВт, тобто 1 кВт/год (відповідно: 12 В 40Ач – 24 хвилини при навантаженні 1 кВт, 12 В 150 Ач – 1 година 30 хвилин при навантаженні 1 кВт, 12 В 200 Ач – 2 години при навантаженні 1 кВт).

Якщо ви збільшите навантаження, то автономний термін роботи зменшується прямо пропорційно збільшенню навантаження.

Наприклад: 20 штук повністю заряджених акумуляторних батарей 12 В 200 Агод зможуть безперервно забезпечити нас електроенергією з навантаженням 1 кВт протягом 40 годин. Якщо ми збільшимо навантаження до 2 кВт/год, то термін автономної роботи скоротиться в два рази – до 20 годин. А якщо навантаження підняти до 10 кВт/год, то термін роботи скоротиться в 10 разів – до 4 годин.

Баластове навантаження, вбудоване в електричний ланцюг контролера ВЕУ, представляє собою потужний резистор, який спалює зайву енергію, одержувану з вітряка. Баластове навантаження включається в роботу в той момент, коли напруга на клеммах акумулятора досягає рівня, що свідчить про повний заряд АКБ (приблизно 14,2 Вольт – для батареї номіналом 12 В). З цього моменту зайва енергія буде спалюватися на баласті, одночасно захищаючи акумулятори від перезарядження і не даючи вітрогенератору розвивати занадто більших обертів. Так поведуться найбільш технологічні контролери вітрогенераторів, які і рекомендовано включати в комплект альтернативних електростанцій.

Більш прості і дешеві контролери ВЕУ (вони часто застосовуються в побутових системах) при збільшенні напруги на акумуляторах вище заданих значень просто замикають фази генератора. Таке «електромагнітне гальмо» повністю зупиняє гвинт генератора і тримає його в цьому положенні до тих пір, поки напруга на АКБ знову не впаде. Потім цикл повторюється. Повна зупинка вітрогенератора негативно позначається на стані акумуляторних батарей, адже недотримання режимів зарядки значно скорочує термін їхньої служби.

Щоб продовжити термін служби акумуляторних батарей, домашню електростанцію

необхідно комплектувати контролерами ШІМ (PWM). Це пристрої широтно-імпульсної модуляції, які забезпечують оптимізований цикл зарядки АКБ: вчасно підключають і відключають батарею від джерела струму, регулюють напругу і силу струму на всіх стадіях зарядки.

Інвертор перетворює енергію постійного струму, накопичену в АКБ в синусоїдальну (змінну) напругу стандартного споживання (220 В та 50 Гц). При виборі інвертора слід керуватися показником максимальної потужності споживання. Для максимального споживання електроенергії в пікові моменти до 4 кВт оберемо модель інвертора 5 – КВА вищезгаданої компанії «ООО УАЕ», з потужністю 4 кВт. Він зможе забезпечити постійне навантаження 4 кВт і пускові струми до 6 кВт (150 % навантаження).

Для того щоб мінімізувати втрати напруги в проміжку між АКБ і інвертором, слід виходити з того, що перетин кабелю має бути обернено пропорційним його довжині. Вихідними даними для розрахунку перетину кабелю має бути потужність інвертора і довжина кабелю.

На основі розрахункових даних скомпоновано вітроелектростанцію для відновлення заряду АКБ електромобілів з наступними складовими елементами: двохлопатевий вертикальний вітрогенератор типу «Савоніуса» висотою 3 м та діаметром колеса 3 м.; конічна секційна металева зварювальна щогла висотою 9 м із закріпленням в бетонному фундаменті; синхронний тиххідний інерційний генератор з постійними магнітами вертикального типу, в якого відсутній мультиплікатор; 10 АКБ на 12 В з ємністю 100 Агод, здатних тримати пікове навантаження 4000 Вт протягом 4 годин; інвертор потужністю до 5000 Вт.

Список використаних джерел

1. Електронний ресурс: <http://www.ecosvit.net/ua/vitrogeneratori>
2. Король Р. Р. Автономные источники энергии / Р.Р. Король // Источники энергии. – 1997. – № 3. – С. 45-50.
3. Оніпко О. Ф. Мала вітроенергетика / Оніпко О.Ф, Коробко Б.Л. – К. – 2000. – Огляд інформ. Сер. Енергетика. – 2000. – Вип.1. – 76 с.
4. Диха О. В. Аналіз альтернативних джерел енергії з можливістю їх використання для підзарядки батарей електромобілів / О.В. Диха, С.Ф. Посонський, О.П. Бабак / Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems". Кропивницький : ЦНТУ, 2021. – с. 117-119
5. Електронний ресурс: <http://vetrogenerator.com.ua/vetrogenerator/gorizont/165-raschet-moschnosti-vetrogeneratora-vetryaka-formula.html>
6. Електронний ресурс: <http://vetrogenerator.com.ua/vetrogenerator/gorizont/164-bystrohodnost-vetrogeneratora-vetryaka-zavisit-ot-skorosti-vetra-i-kolichestva-lapastey.html>
7. Шишкин Н. Д. Оценка основных параметров, комбинированных вертикально-осевых ветроэнергоустановок для судов и нефтедобывающих платформ / Н. Д. Шишкин, И. С. Терентьев // Вестник АГТУ. Сер.: Морская техника и технология. – 2015. – № 2. – С. 56–63.
8. Лагода Ф. І. Методика (математична модель) розрахунку енергетичних характеристик ротора Савоніуса / Ф. І. Лагода, С. В. Суков, Т. В. Бубенчікова // Молодий вчений. – 2016. – №22.3. – С. 34-40.
9. Електронний ресурс: <http://wind.ae.net.ua>
10. Waldmann, Thomas Temperature dependent ageing mechanisms in Lithium – ion batteries – A Post – Mortem study // Thomas Waldmann, Marchael Kasper, Meike Fleischhammer, Margret Wohlfahrt – Mehrens// Journal of Power Sources, Elsevier, 2014, 363,pp. 129–135. DOI 10.1016/j.jpowsour. 2014.03.112, hal-03787753. 152
11. P Gorny, Monitoring and Health prognosis of Lithium-Ion battery system // Piotr Gorny, Piotr Morz, Tadeusz UHL // 8th European Workshop On Structural Health Monitoring (EWSHM 2016), 5-8 July 2016.
12. Оптимізація конструктивних характеристик вітрогенератора для вітроенергетичної установки / Капелюшний Ф., Аулін В., Магопєць С., Калита М. // Техніка АПК. - 2006. - № 6-7. - С. 32-33.

ПРО ОДИН СПОСІБ ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Н.Л. Костьян, доц., канд. техн. наук

Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

В процесах оптимізації руху транспортних потоків та вдосконалення методів проектування транспортних мереж великих міст вагомою є оцінки ефективності та продуктивності транспортних систем автомобільних перевезень. На енергоефективність системи впливає комплекс характеристик окремо взятого транспортного засобу та сумарного транспортного потоку, а також дорожні, погодні та часові умови. На сьогодні існує ряд методів для оцінки ефективності використання транспортного засобу [1, 2], проте більшість з них потребує наявності спеціалізованого обладнання. Так в межах дослідження [1] паливна ефективність представлена у вигляді відношення пробігу легкового автомобілю до фактичної витрати палива, км/л, що не вирішує питання визначення витрати палива в межах необхідної точності. Авторами [3-5] описано методи розрахунку витрат палива транспортних засобів на основі значень їх швидкостей та прискорень руху.

В роботі [2] рівень енергоефективності транспортного засобу як функціонального елемента транспортної системи розраховується за виразом:

$$LEE = \frac{E_{basis}}{E_{fact}}, \quad (1)$$

де E_{basis} – енергія, що витрачена двигуном при заданому режимі руху ТЗ по горизонтальній дорозі при помірних погодних умовах, МДж; E_{fact} – енергія, що фактично витрачена двигуном, МДж.

Для транспортного засобу з двигуном внутрішнього згорання при усталеному русі та в режимі розгону фактично витрачена енергія E_{fact} дорівнює кількості теплоти, що виділяється внаслідок згорання палива:

$$E_{fact} = LHV \cdot m = LHV \cdot 0,001 \cdot H_s \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot K_e), \quad (2)$$

де LHV – нижча теплота згорання палива, МДж/кг; m – витрати палива для легкових автомобілів і автобусів, кг; H_s – базова норма витрат палива, г/км, рівняння регресії для розрахунку якої та значення відповідних коефіцієнтів регресії наведено в [6]; S – пробіг автомобіля, км; K_e – сумарний коригуючий коефіцієнт, %.

Враховуючи (1)-(2), можна записати наступним чином:

$$LEE = \frac{LHV \cdot 0,001 \cdot H_s \cdot S}{LHV \cdot 0,001 \cdot H_s \cdot S \cdot (1 + 0,01 \cdot K_e)} = \frac{1}{(1 + 0,01 \cdot K_e)}, \quad (3)$$

$$K_e = \sum_{i=1}^n K_i - \sum_{j=n+1}^{n+m} K_j, \quad (4)$$

де K_i , K_j – i -й підвищуючий та j -й понижуючий коефіцієнти до норм витрат палива відповідно, %;

n , m – кількість підвищуючих та понижуючих коефіцієнтів відповідно.

Виходячи з зазначеного вище, пропонується використовувати залежність (5) для оцінювання енергоефективності транспортних засобів:

$$LEE = \frac{1}{1 + 0,01 \cdot \left(\sum_{i=1}^n K_i - \sum_{j=n+1}^{n+m} K_j \right)}, \quad (5)$$

Авторами систематизовано коригуючі коефіцієнти та визначено діапазони їх значень до норм витрат палива виходячи з сучасних умов експлуатації транспорту в межах міста. Таким чином, відповідно до значень коригуючих коефіцієнтів на рівень енергоефективності транспортних систем впливають наступні фактори: фактична температура повітря навколишнього середовища; рух на підйом або чергуванні підйомів та спусків; наявність заокруглень дороги; кількість населення міста; напружені дорожні умови; вік автомобіля; зупинки транспортного засобу на перехрестях, зупинних пунктах або в заторах, в тому числі; загальний пробіг автомобілю; аеродинамічний опір; часовий проміжок доби; коефіцієнт навантаження транспортного засобу; режими руху.

Апробацію запропонованого способу визначення енергоефективності окремих транспортних засобів категорій M1-M3, N1-N3 виконано на наступних ділянках транспортних мереж міст України та Польщі:

- вул. Хрещатик (від вул. Б. Хмельницького до вул. Прорізної), м. Київ;
- вул. Козацька (від вул. Героїв Сталінграда до вул. Г. Дніпра), вул. Чехова (від вул. Гоголя до вул. Шевченка), проспект Хіміків (від вул. Чорновола до вул. Рози Люксембург), вул. Оборонна (від вул. Байди Вишневецького до вул. Смілянської), Замковий узвіз (від вул. Гагаріна до вул. Б. Вишневецького), вул. Смілянська (від вул. до вул.), м. Черкаси;
- вул. Шевченка (від вул. Левандівської до вул. Луцького), м. Львів;
- вул. Київський шлях (від вул. Свободи до вул. Короленка), м. Бориспіль;
- вул. Шевченка, м. Золотоноша, Черкаська обл.;
- вул. Уманська (від вул. Лесі Українки до вул. Левицького), м. Сміла, Черкаська обл.;
- Французький бульвар (від вул. Академічної до вул. Довженка), м. Одеса.;
- вул. Підмосковка та вул. Донця, м. Канів;
- ділянки автобусних маршрутів №13 та №17, м. Жешув, Польща.

Результати розрахунку рівня енергоефективності транспортних засобів на основі даних спостереження станів системи надають можливість будувати нелінійні моделі для оцінювання даного показника залежно від її параметрів.

Список використаних джерел

1. Jaehyuk Lim, Yumin Lee, Kiho Kim and Jinwook Lee. Experimental Analysis of Calculation of Fuel Consumption Rate by On-Road Mileage in a 2.0 L. Gasoline-Fueled Passenger Vehicle. *Applied Sciences*. 2018, 8, 2390. <https://doi.org/10.3390/app8122390>
2. Śmieszek, M., Kostian, N., Mateichyk, V., Mościszewski, J., Tarandushka, L. Determination of the Model Basis for Assessing the Vehicle Energy Efficiency in Urban Traffic. *Energies* [online]. 2021, 14(24), 8538. <https://doi.org/10.3390/en14248538>
3. Śmieszek, M., Mateichyk, V. Determining the fuel consumption of a public city bus in urban traffic. In: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 1199. The 26th International Slovak-Polish Scientific Conference on Machine Modelling and Simulations (MMS 2021) 13th-15th September 2021, Bardejovské Kúpele, Slovak Republic, 2021. 012080. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1199/1/012080>
4. Du, J., et al. COVID-19 pandemic impacts on traffic system delay, fuel consumption and emissions. *International Journal of Transportation Science and Technology*. 2021, 10(2), p. 184–196. <https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2020.11.003>
5. Ahn, K., Rakha, H., Trani, A., Van Aerde, M. Estimating vehicle fuel consumption and emissions based on instantaneous speed and acceleration levels. *Journal of Transportation Engineering*. 2002, 128(2), p. 182–190. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-947X\(2002\)128:2\(182\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-947X(2002)128:2(182))
6. Про затвердження Змін до Норм витрат палива та мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. Наказ Міністерства інфраструктури України (№ 36 від 24.01.2012 р.) (2012). Київ. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0036733-12#Text>

АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ

**Є.В Лук'яненко, ст. гр. МАВ-73,
О.Ю Лук'яненко, доц., канд. техн. наук**
Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна

На сучасному етапі парк вантажних автомобілів комерційного призначення інтенсивно оновлюється за рахунок сучасних моделей вітчизняного та закордонного виробництва. При цьому власники транспортних підприємств здійснюють вибір автомобілів, орієнтуючись на престиж марки, наявність тих чи інших моделей на ринку, вартість тощо. Але в процесі експлуатації часто виявляється так, що придбаний автомобіль має більші порівняно з конкурентами експлуатаційні витрати, хоча відповідає вимогам технологічного процесу перевезень. У більшості випадків це пов'язано або з відмовами автомобілів або з високою вартістю запасних частин, витратних та мастильних матеріалів.

Ефективність експлуатації автомобілів під час здійснення вантажних комерційних перевезень для власника вантажних автомобілів зрештою визначається отриманням максимального прибутку. Величина, одержаного прибутку, залежить від ефективності використання автомобілів та собівартості перевезення вантажу, що залежить у свою чергу від величини експлуатаційних витрат [1].

З'явилась необхідність оцінки ефективності експлуатації сучасних комерційних вантажних автомобілів вітчизняного та закордонного виробництва, для яких нормативна база нині відсутня.

Експлуатація автомобільного транспорту як галузь науки та сфера практичної діяльності охоплює безліч напрямків [2]. У кожному з цих напрямків можна знайти резерви підвищення ефективності експлуатації автомобільного транспорту.

Залежно від виду підприємств автомобільного транспорту (ПАТ) та їх діяльності в експлуатації автомобілів можна назвати такі підсистеми, представлені рисунку 1 [3,4] :

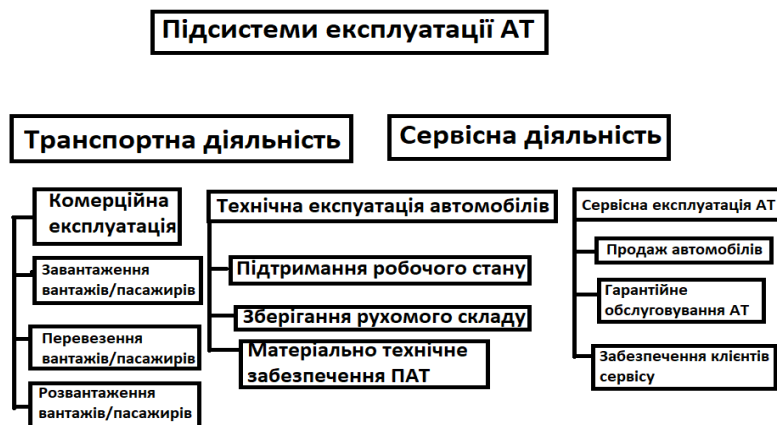


Рисунок 1 – Підсистеми експлуатації АТ

В автотранспортній діяльності експлуатація автомобілів вирішує завдання з перевезення вантажів та пасажирів (комерційна експлуатація), підтримці парку у працездатному стані та його матеріально-технічному забезпеченні (технічна експлуатація). У цьому випадку завданням технічної експлуатації автомобілів (ТЕА) є забезпечення перевізної діяльності працездатними та технічно справними транспортними засобами. Завдання комерційної експлуатації (КЕ) - найбільш ефективно використання справних

автомобілів, отримання доходу та його розподіл із системою ТЕА відповідно до фактичного внеску у транспортний процес [5,6].

Отже, пріоритетним напрямом підвищення ефективності експлуатації в автотранспортній діяльності є можливість підвищення ступеня технічної готовності рухомого складу до виконання транспортної роботи при найменших витратах. Таким чином, аналіз факторів, що впливають на ефективність експлуатації автомобілів, може бути виконаний з позиції технічної експлуатації автомобілів, яка включає сукупність засобів, способів і методів людської діяльності, спрямованих на ефективне використання та забезпечення працездатності, економічності, безпеки та екологічності автомобільного транспорту [7,8].

Проведений аналіз сучасного стану галузі автомобільного транспорту дозволив виявити фактори, що знижують чи збільшують ефективність експлуатації автомобілів. Для систематизації чинників, які впливають на ефективність технічної експлуатації, розроблена їх класифікація з урахуванням дерева систем технічної експлуатації автомобілів, представлена на рисунку 2 [2,9].

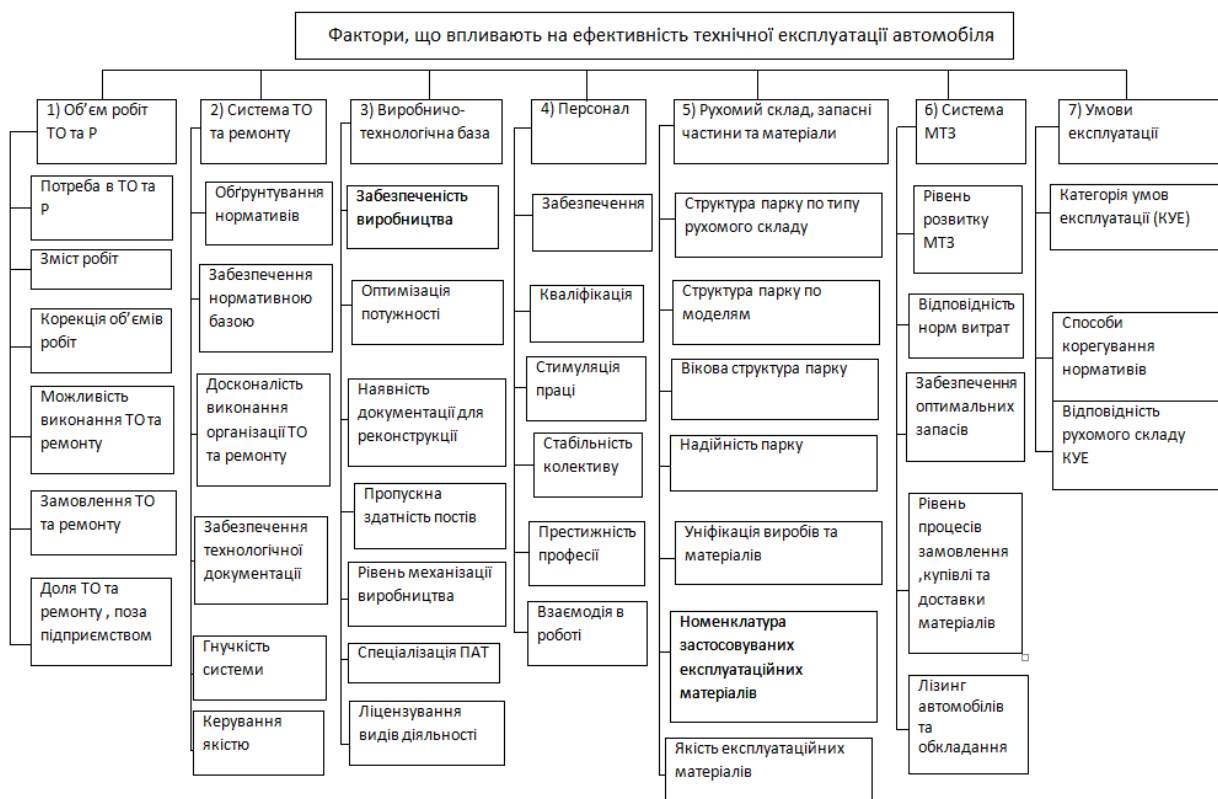


Рисунок 2 – Фактори, що впливають на ефективність технічної експлуатації автомобілів

У першу групу «Об'єм робіт ТО та ремонту» входять фактори, що визначають потребу підприємства у послугах з технічного обслуговування (ТО) та ремонту автомобілів. Чим вище потреби в цих роботах, чим різноманітніший перелік робіт, тим складніше забезпечити високий технічний рівень рухомого складу автомобілів.

До другої групи «Система ТО та ремонту» входять фактори, що визначають рівень технології, організації та управління технічного обслуговування та ремонтом автомобілів на підприємстві. Чим якісніше на підприємстві організовано нормативно-технічне забезпечення виробництва ТО та ремонту автомобілів, тим вищий рівень працездатності парку автомобілів та, відповідно, ефективність технічної експлуатації автомобілів [10].

До третьої групи факторів, що впливають на ефективність технічної експлуатації автомобілів, входять фактори «Виробничо-технічна база», що визначають технічну можливість проведення ТО та ремонту автомобілів на підприємстві. Як відомо виробничо-технічна база АТП складається з виробничих площ, обладнання, пристроїв.

До четвертої групи «Персонал» входять фактори, що визначають забезпеченість

підприємства трудовими ресурсами, які включають такі основні категорії працівників, як робітники, службовці, спеціалісти та керівники. Нерідко функціональні обов'язки працівників об'єднуються чи, навпаки, дробляться більш конкретні.

До п'ятої групи «Рухомий склад, запасні частини та матеріали» входять такі фактори, як:

- рівень надійності автомобілів, що визначаються параметрами властивостей: довговічність, безвідмовність, довговічність, безвідмовність, збереженість та ремонтпридатність;

- номенклатура та якість використовуваних експлуатаційних матеріалів;

- вікова структура рухомого складу.

Від цих факторів багато в чому залежить тривалість простоїв автомобілів з технічних причин; об'єми, утримання та вартість робіт ТО та ремонту – отже, ефективність технічної експлуатації.

До шостої групи, пов'язаної із системою матеріально-технічного забезпечення входять фактори, що визначають функціонування системи постачання та резервування, яка характеризується каналами отримання, зберігання та методами доставки запасних частин та матеріалів, палива тощо.

До сьомої групи «Умови експлуатації» входять фактори, що визначають збільшення витрат на експлуатацію, а отже, її ефективність залежно від дорожніх, кліматичних умов та режимів руху автомобілів. У разі ускладнення умов експлуатації зменшується періодичність технічного обслуговування, трудомісткість технічного обслуговування та поточного ремонту збільшується, скорочуються норми міжремонтних пробігів. Зі зростанням числа технічних впливів та трудомісткості одного технічного обслуговування зростає сума експлуатаційних витрат та знижується технічна готовність парку.

На підставі проведеного аналізу можна зробити наступні висновки:

1. На ефективність експлуатації автомобілів впливає велика кількість комплексних факторів: система ТО та ремонту; обсяг робіт ТО та ремонту; стан виробничо-технічної бази; структура рухомого складу; умови експлуатації, система МТЗ та ін.

2. Залежно від виду діяльності підприємств автомобільного транспорту виділяють підсистеми комерційної експлуатації, технічної експлуатації та сервісної експлуатації автомобілів.

3. Під час визначення резервів підвищення ефективності експлуатації автомобілів насамперед необхідно аналізувати сферу технічної експлуатації, оскільки ТЕА є основною і забезпечує сферу комерційної експлуатації працездатним рухомим складом.

4. При аналізі факторів, що впливають на ефективність експлуатації автомобілів необхідно насамперед розглядати фактори, що змінюють продуктивність автомобілів, коефіцієнт технічної готовності та витрати на підтримку працездатного стану.

5. Встановлено такі особливості сучасного стану транспортної галузі країни: зростання парку автомобілів в країні, низький рівень розвитку ПТБ транспортних підприємств, відсутність передової технології та низький рівень кооперації транспортних підприємств, недолік кваліфікованого персоналу, зміни в системі МТЗ, збільшення різномарочності автомобілів та погіршення умов експлуатації.

Список використаних джерел

1. Аулін В., Голуб Д., Біліченко В., Замуренко А. Формування показників оцінки ефективності транспортного процесу перевезень // Вісник машинобудування та транспорту. - 2020. - № 1 (11). - С. 4-9.
2. Лудченко О . А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія: Підручник. — К.: Вища шк., 2007. — 527 с.
3. Лудченко О . А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: Підручник. — К.: Знання-Прес, 2003. — 511 с..
4. Хаврук В.О. Вплив техніко-експлуатаційних властивостей вантажних автомобілів на показники ефективності експлуатації// Сучасні Технології в машинобудуванні та транспорті,. - 2021. - № 1 (16). - С.168-176.

5. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки. 2-е изд., перераб. и доп.-К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986.-447с.
6. М.Г. Босняк «Вантажні автомобільні перевезення». Навчальний посібник, - К.: Видавничий Дім «Слово», 2010.- 408 с..
7. Ачкасова Л. Оцінка ефективності процесу перевезення вантажів // Економіка транспортного комплексу.- 2014. - Вип. 24. - С. 117-124.
8. 8 Abishev, K. Mukanov, R., Kasenov, A., Baltabekova, A. An Issue of Intelligent Road Transport in Kazakhstan // Acta Polytechnica. - Vol. 12 (2017). P. 1-4..
9. Інформаційні технології в технічній експлуатації автомобілів : навч. посіб. / [кол. авт.: В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов та ін. ; за ред. В. П. Волкова] ; Харків. нац. автомобільно-дорож. ун-т. – Харків : ХНАДУ, 2015. – 388 с.
10. Хаврук В.О. Фактори, що впливають на ефективність експлуатації автомобілів. Сучасні виклики і актуальні проблеми науки та освіти. Матеріали науково-практичної конференції (м. Київ, 25-26 червня 2021 р.). – Херсон: Видавництво «Молодий вчений», 2021.С. 74 - 78.
11. 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.
12. 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.
13. Аулін В.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія / В.В. Аулін, Д.В. Голуб, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. – 370 с.
14. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія / Аулін В. В. [та ін.] ; за ред. проф. Ауліна В. В. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2016. - 303 с.

СТВОРЕННЯ НОВИХ МЕТОДІВ ІНЖЕНЕРІЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН І МЕХАНІЗМІВ

І.В. Шепеленко, доц., д-р техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Е.К. Посвятенко, проф., д-р техн. наук,

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

Сучасні машини повинні мати комплекс експлуатаційних, естетичних, екологічних, технологічних та інших властивостей, які визначаються системою показників якості машини, що в свою чергу забезпечуються властивостями поверхні, поверхневого шару або окремої ділянки поверхні деталі. Це означає, що при виборі конструкційних матеріалів для машинобудування слід розмежовувати функції серцевини та поверхневого шару. Така конструкторсько-технологічна концепція створення машин є не лише стратегічною, а й універсальною, оскільки домінує протягом усього життєвого циклу машини, зокрема, при її виготовленні, експлуатації та ремонті, а також при відновленні окремих вузлів та деталей. Загальний пріоритетний напрямок сучасного машинобудування, що включає розвиток відомих та створення нових технологій впливу на поверхневий шар деталі, метою яких є управління складом, структурою та властивостями останнього, одержало визначення «інженерія поверхні деталей машин» (ІП) [1].

Відомо близько двохсот методів ІП, які доцільно класифікувати наступним чином: нанесення покриттів, модифікування поверхневого шару, технологічні та комбіновані (гібридні) методи. На даному етапі розвитку машинобудування найбільшу увагу дослідників заслуговують різні методи нанесення покриттів, які за призначенням використовуються як зносостійкі, антифрикційні, корозійно-стійкі, теплостійкі та ін. [2]. Такі покриття можуть бути отримані газотермічним і механотермічним напиленням, вакуумно-конденсаційними технологіями, наплавленням, гальванічним і хімічним осадженням, емалюванням, плакуванням, облицюванням, гарячим покриттям металами, нанесенням твердих змащень [2, 3]. Маючи ряд переваг (товщину 0,005÷5 мм; високий рівень фізико-механічних властивостей; відпрацьоване обладнання та технологічне оснащення), покриття все ж таки недостатньо надійно утримуються на основі, вимагають чистової механічної обробки, створюють великий градієнт шкідливих залишкових напружень. Модифікування поверхневого шару, що включає поверхневу термічну та хіміко-термічну обробку та процеси холодного пластичного деформування (ХПД), вільне від зазначених недоліків, оскільки засобом впливу на властивості металу служать структурні перетворення, дифузійні процеси та зміни щільності дислокацій у матеріалі основи. Недоліком модифікування є складність керування розмірами зношених деталей. Технологічні методи передбачають вплив на поверхневий шар деталі з метою зміни його властивостей обробкою різанням або спорідненими процесами. До цієї групи належать більшість методів отримання регулярних макро- та мікрорельєфів [4]. Гібридні методи передбачають отримання нового ефекту від впливу на деталь двома або більше різнорідними процесами, що належать до однієї або різних груп ІП [5].

Очевидно, що кожен з методів впливає на експлуатаційні властивості поверхонь деталей машин через комплекс геометричних та фізико-механічних характеристик поверхні, насамперед, точність, шорсткість, опорну площу, мікрорельєф, макрорельєф, пористість, твердість, мікротвердість, залишкові напруження, мікроструктуру, текстуру, адгезійні властивості, міцність зчеплення з основою, ресурс використаної пластичності та ін. Отримані фізико-механічні та геометричні характеристики дозволяють підвищити опір зношування, корозійну стійкість, втомну міцність, опір окисленню, контактну жорсткість, жаростійкість,

опір адгезії, жароміцність, антифрикційні або фрикційні властивості, герметичність з'єднань, міцність, ефективність утримання мастил, ущільнення пар тертя, тепло- та електроізоляційні властивості, ефективність осколкових боєприпасів, ріжучі властивості інструментів.

Найбільш ефективними процесами ІІ деталей машин і механізмів, як в основному, так і у вторинному (ремонтно-відновлюваному) виробництвах, є гібридні технології. Особливої уваги при цьому заслуговують методи фінішної обробки деталей ХПД, серед яких слід виділити деформуюче протягування. Застосування гібридних технологій на основі деформуючого протягування дозволяють поєднувати переваги різних методів, у тому числі модифікації поверхні та нанесення покриттів з досягненням більш високих експлуатаційних властивостей деталей. Прикладом створення такої технології є розроблений авторами [6] технологічний процес обробки гільз ДВЗ, що вміщує операції деформуючого протягування та фінішної антифрикційної безабразивної обробки, що забезпечує отримання робочої поверхні гільзи з поліпшеними фізико-механічними і трибологічними характеристиками.

Список використаних джерел

1. Посвятенко Е.К. Инженерия деталей, обрблених протягуванням: монографія/ Е.К. Посвятенко, Я.Б. Немировський, С.Е. Шейкін, І.В. Шепеленко, О.В. Чернявський. Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 466 с.
2. Черновол М.И. Способы формирования антифрикционных покрытий на металлические поверхности трения/ М.И. Черновол, И.В. Шепеленко// Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету», Кіровоград, – 2012. – Вип.25 (1). – С.3–8.
3. Черновол М.І. Пристрої для фрикційно-механічного нанесення покриттів/ М.І. Черновол, І.В. Шепеленко // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету, Кіровоград, 2013. – Вип.26. – С.58–62.
4. Наливайко В.Н. Нанесение регулярного микрорельефа на поверхности деталей// В сб. «Проблемы надежности и долговечности сельскохозяйственных машин». - К.: УМКВО, 1992. – С.65 – 74.
5. Посвятенко Э.К. Гибридные процессы инженерии поверхностей деталей машин // Инженерия поверхности и реновация изделий: Матер. 8-й междунар. науч.-техн. конф., 27–29 мая 2008 г., г. Ялта. – К.: АТМ України. – С.195–198.
6. Nemyrovskiy Ya. Improving the processing quality of cylinder liners using combined technology/ Ya. Nemyrovskiy, I.Shepelenko, R. Osin, E. Posviatenko // Cutting and Tools in Technological Systems. №96 (2022). P.121–130.

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ІОННОАЗОТОВАНИХ ЗРАЗКІВ ІЗ ПОВИТТЯМ В УМОВАХ ІЗОТЕРМІЧНОЇ ТА ТЕРМОЦИКЛІЧНОЇ ПОВЗУЧОСТІ.

А. В. Рутковский, *ст.н.с., канд. техн. наук,*
Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренко НАН України, м. Київ, Україна
С.І. Маркович, *доц., канд. техн. наук,*
С.С. Михайлюта, *здоб.*
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Постановка проблеми. Одним з прогресивних методів підвищення теплової стійкості поршнів двигунів внутрішнього згорання є іонне азотування (іонно-плазмове азотування) [1]. Разом з тим дослідження напружено - деформованого стану зразка з алюмінієвого сплаву з теплозахисними дифузійними іонноазотованими шарами в умовах термоциклічного навантаження (одночасної дії навантаження та температури) є актуальною задачею. При цьому застосування методу кінцево-елементного аналізу надає можливість передбачити роботу деталей циліндропоршнєвої групи, а саме час і місце виникнення тріщини при зміні навантаження та температури [2,3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Метод кінцевих елементів є потужним чисельним методом вирішення найрізноманітніших інженерних задач та має вирішальне місце в прогнозуванні працездатності конструктивних елементів при дії експлуатаційних факторів [4].

В залежності від виду розрахунку, складності задачі та направленості того, чи іншого програмного забезпечення для конкретного розрахунку дослідниками використовується програмний продукт NASTRAN, який має спільну розрахункову базу на основі методу кінцевих елементів і є однією з програм кінцево-елементного аналізу. Ці програми обумовлені використанням їх для розрахунку складних задач механіки деформованого твердого тіла, задач теплопровідності, теорії коливань та інших специфічних розрахунків таких як розрахунок елементів конструкції на міцність, або оптимізація конструкції за граничними напруженнями та поперечним перетином деталі. При цьому є можливість моделювати практично всі типи матеріалів, включаючи композитні. Оскільки поршні автотракторних двигунів внутрішнього згорання працюють у важких температурних режимах і складних статичних і динамічних умовах навантаження, та мають складні геометричні форми, то для розрахунку напружено-деформованого стану доцільно використовувати програмний комплекс – MSC NASTRAN for WINDOWS [5, 6].

Постановка завдання. На основі методу кінцево-елементного аналізу здійснити дослідження напружено - деформованого стану зразка з алюмінієвого сплаву з теплозахисними дифузійними іонноазотованими шарами в умовах термоциклічного навантаження.

Виклад основного матеріалу. При розрахунку напружено-деформованого стану враховувалися особливості їх геометричних параметрів, властивості конструктивного матеріалу, вид розрахунку (статичний, тепловий, та ін.), та умови силового й температурного навантаження, що діють на них. Розрахунок у роботі проводили з використанням реальних експериментальних зразків.

Методика розрахунку напружено-деформованого стану композиції “основа - покриття” з врахуванням експлуатаційних та технологічних факторів складається з декількох етапів: розв’язування задачі нестационарної теплопровідності для визначення залишкових напружень, які є результатом нанесення покриття; визначення напружень від силового та температурного навантаження; отримання напружено-деформованого стану методом суперпозиції.

З використанням методу кінцево-елементного аналізу проведено оцінку напружено - деформованого стану алюмінієвого зразка, як без зміцнення, так із теплозахисним

дифузійним іонноазотованим поверхневим шаром від одночасного впливу навантаження та температури, а саме в умовах термоциклічної повзучості. Для більш точного визначення еквівалентних напружень проведення розрахунків проводилася на 1/8 частині зразка (рис. 1). Порівняна оцінка напружено-деформованого стану 1/8 зразка з алюмінієвого сплаву АЛ21 та із зміцненим поверхневим шаром здійснювалася з використанням програмного пакета NASTRAN.

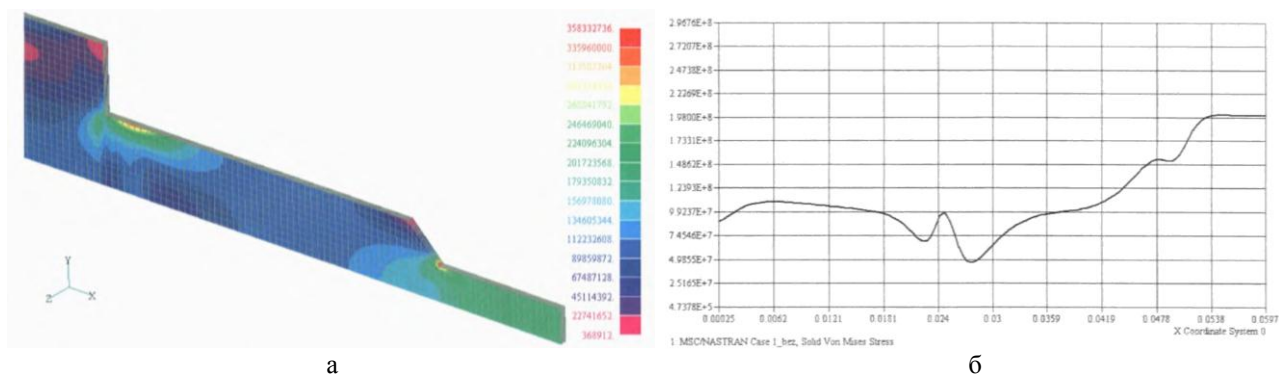


Рисунок 1. Поля а) та зміна б) еквівалентних напружень в моделі 1/8 зразка без зміцнення в умовах термоциклічного навантаження, Па

В якості початкових даних застосовувалися фізико-механічні властивості алюмінієвого сплаву АД21 й зміцненого поверхневого шару, основу якого складає AlN [7, 8]: густина матеріалу - $\rho = 3,26 \text{ г/см}^3$; коефіцієнт лінійного розширення - $\alpha_l = 5 \cdot 10^{-6} \text{ К}^{-1}$; коефіцієнт теплопровідності - $\lambda = 90 \text{ Вт/(м К)}$; питома теплоємність - $c = 850 \text{ Дж/(кг К)}$; модуль Юнга - $E = 3 \cdot 10^{11} \text{ Па}$; модуль зсуву - $G = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ Па}$; коефіцієнт Пуассона - $\mu = 0,2$.

Модель напружено-деформованого стану 1/8 зразка з алюмінієвого сплаву АЛ21 без зміцнення розбито на кінцеві елементи з полями переміщень у напрямку дії сили, яка прикладена до верхньої частини зразка, при одночасному впливі температури. Модель складається із 12691 вузла та має 10020 елементів. На рисунку 1 представлено поля еквівалентних напружень в цій моделі в умовах термоциклічного навантаження.

В результаті аналізу отриманої моделі та значення напружень по довжині 1/8 зразка спостерігаємо (рисунку 2), що максимальні еквівалентні напруження діють в середині робочої ділянки зразка по всій площі поперечного перетину. Це зумовлено значним впливом термічних напружень, так як ця частина зразка підлягає значному впливу температури. Стрибкоподібний характер кривої пояснюється збільшенням напруження в місцях можливого виникнення тріщин. Руйнування зразка без зміцнення почнеться при напруженні $1,99 \cdot 10^8 \text{ Па}$.

Модель напружено-деформованого стану 1/8 зразка з алюмінієвого сплаву АЛ21 із дифузійними іонноазотованими шарами розбито на 10020 кінцевих елементів та 12691 вузла, Елементи що знаходяться на поверхні мають змінний модуль пружності по товщині елемента, починаючи від азотованої поверхні до основного матеріалу.

На початку оцінки встановлено розподіл температури по площі зразка протягом часу нагрівання (рисунку 2 а), приклад розподілу температури на 4 с нагрівання) та охолодження (рисунку 2 б), приклад розподілу температури на 4 с охолодження) в умовах термоциклічної повзучості.

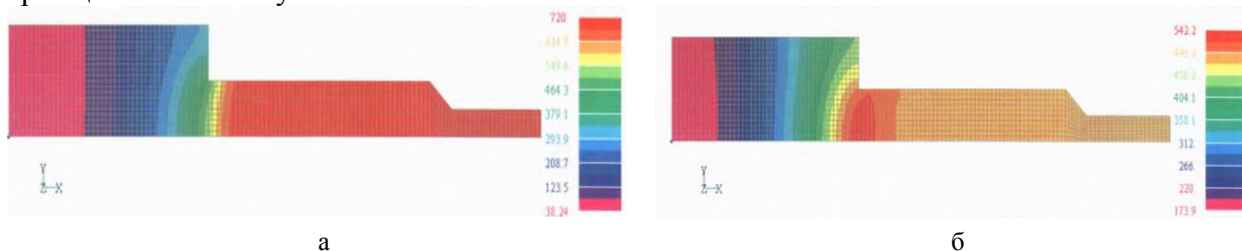


Рисунок 2. Розподіл температури по площі 1/8 зразка із зміцненням після 4 с. нагрівання °С а) та охолодження °С б)

При аналізі моделі зразка після вакуумного азотування у пульсуючому пучку плазми розраховано поля еквівалентних напружень при одночасному впливі навантаження та температури (рисунок 3 та 4) в умовах термоциклічної повзучості.

В результаті аналізу отриманої моделі та значень напружень по довжині та поперечному перерізу 1/8 зразка встановлено, що зміцнений поверхневий шар сприймає значні, в порівнянні з основою, еквівалентні напруження від одночасної дії навантаження та температури. Спостерігаємо, що в середній частині зразка (по перетину) значення їх збільшуються від $1,9 \cdot 10^8$ Па в основі, до $10,8 \cdot 10^8$ Па у зміцненому поверхневому шарі. Високі значення еквівалентних напружень у зміцненому шарі, можливо, можна пояснити різним значенням коефіцієнта лінійного розширення алюмінієвого сплаву АЛ21 та азотованого поверхнього шару.

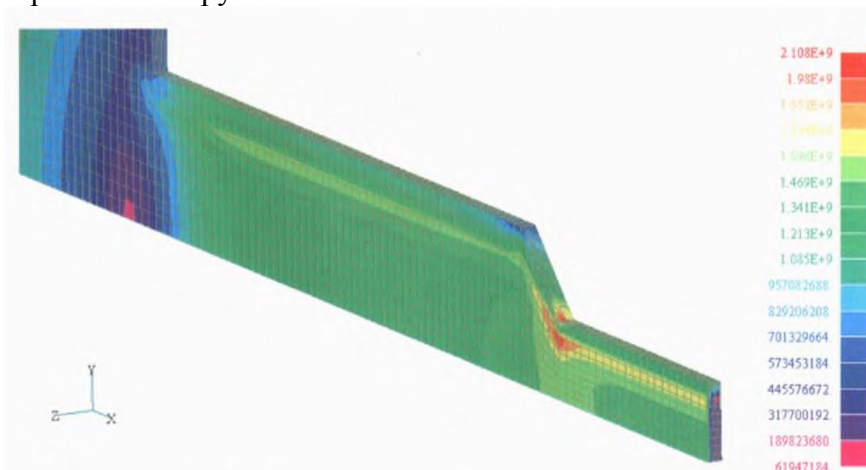


Рисунок 3 - Поля еквівалентних напружень у моделі 1/8 зразка із зміцненням при одночасному впливі навантаження та температури, Па.

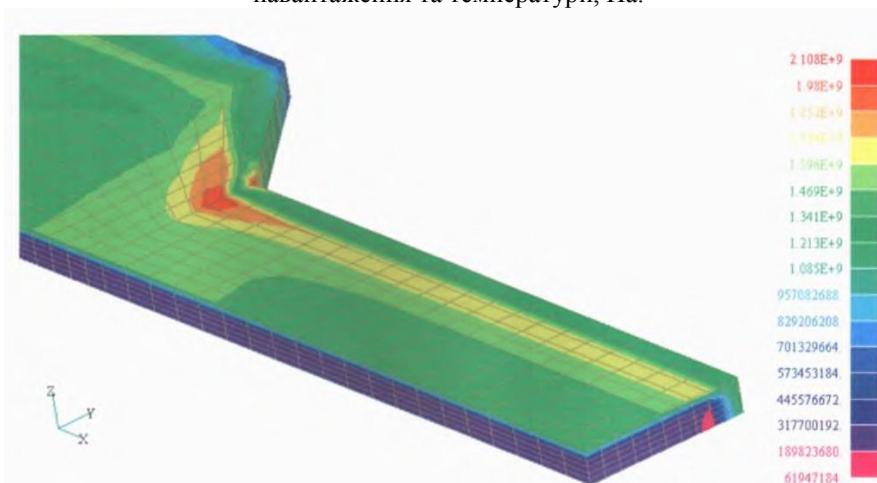


Рисунок 4 - Поля еквівалентних напружень в моделі робочої частини 1/8 зразка із зміцненням в умовах термоциклічної повзучості, Па.

На рисунку 5 а) та рисунку 5 б) представлено характер зміни еквівалентних напружень в основі та у зміцненому поверхневому шарі по всій довжині 1/8 частини зразка.

Спостерігаємо, що в місці виникнення тріщини збільшується величина еквівалентних напружень у іонноазотованому шарі і при значенні більше $1,09 \cdot 10^9$ Па проходить руйнування зразка в умовах термоциклічного навантаження. Тобто, зміцнений зразок може витримати в 1,5 рази більші еквівалентні напруження ніж без зміцнення.

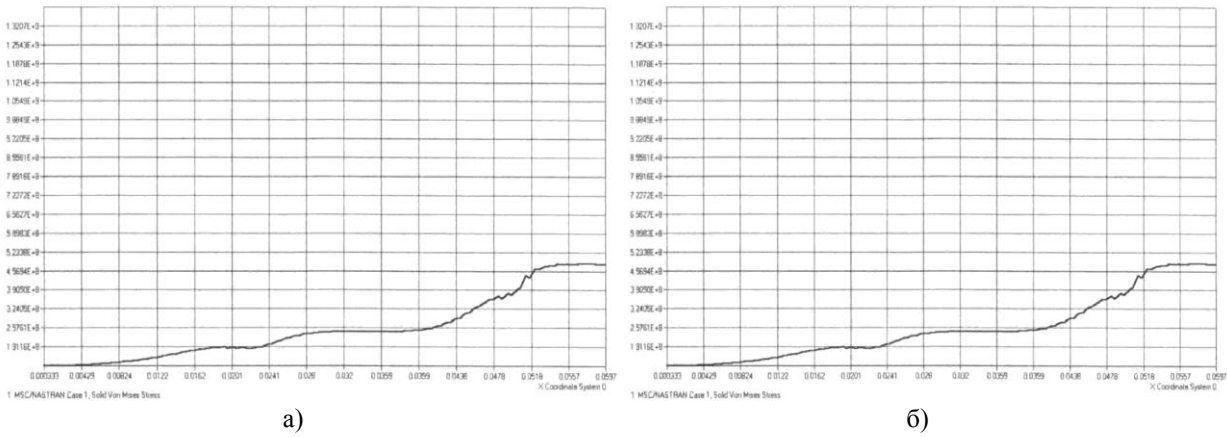


Рисунок 5 - Зміна напружень в основі а) та зміцненого зразка б) по довжині 1/8 зразка при одночасному впливі навантаження та температури

Висновок. Таким чином, на основі проведеного аналізу напружено - деформованого стану зразка з алюмінієвого сплаву з теплозахисними дифузійними іонноазотованими шарами в умовах термоциклічного навантаження (одночасної дії навантаження та температури) встановлено, що значна частина еквівалентних напружень сприймається зміцненим поверхневим шаром при збереженні несучої здатності основи. Цим підтверджується підвищення опору композиції “основа-покриття” як ізотермічній так і термоциклічній повзучості. Крім того, за допомогою методу кінцево-елементного аналізу можна передбачити роботу деталей циліндропоршньової групи, а саме час і місце виникнення тріщини при зміні навантаження та температури.

Список використаних джерел

1. Ляшенко Б.А.. Розробка технологічного процесу вакуумного азотування поршнів двигунів в пульсуючому пучку плазми [Текст] / Ляшенко Б.А., С.І. Маркович, Михайлюта С.С. // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 47, ч. 1. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – С. 158-166.
2. Рутковський А.В. Теплостійкість іонноазотованих алюмінієвих сплавів при ізотермічному та термоциклічному впливі / Рутковський А.В., Маркович С.І., Михайлюта С.С. // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки, Вип. 3(34) – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – С. 72-81.
3. Мірненко В.І. Автоматизована система контролю та управління дослідженням ізотермічної та термоциклічної повзучості / Мірненко В.І., Рутковський А.В., Зенкін М.А. // Технологические системы. - 2004. - №3. - С. 69-72.
4. Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов / Мяченков В.И., Мальцев В.П., Майборода В.П. и др. - М.: Машиностроение, 1989. - 576 с.
5. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC. visualNastran for Windows. - М.: ДМК Пресс, 2004. – 704 с.
6. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций MSC/NASTRAN for Windows. - М.: ДМК Пресс, 2001. - 448 с.
7. Костюк Г.И. Физико-технические основы нанесения покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения, комбинированных технологий. Книга 1: Физические процессы плазменно-ионных, ионно-лучевых, плазменных, светолучевых и комбинированных технологий. - Х.: АННУ, 2002. - 588 с.
8. Костюк Г.И. Физико-технические основы нанесения покрытий, ионной имплантации и ионного легирования, лазерной обработки и упрочнения, комбинированных технологий. Книга 2: Справочник для расчета основных физических и технологических параметров оценки возможностей и выбора типа технологий и оборудования. - Х.: АННУ, 2002. - 442 с.

ВПЛИВ ПЛАЗМО-ЕЛЕКТРОЛІТНОЇ ОБРОБКИ АЛЮМІНІЄВИХ ЛИВАРНИХ СПЛАВІВ АК9 ТА АК12 НА ЇХ АБРАЗИВНУ ЗНОСОСТІЙКІСТЬ

М.М. Студент¹, *пров.наук. співр., проф, док. техн. наук;*
І.М Погрелюк¹, *зав. від., проф., док. техн. наук;*
С.І. Маркович², *доц., канд. техн. наук;*
В.М. Гвоздецький¹, *ст. наук. співр., канд. техн. наук,*
Х.Р. Задорожна¹, *наук. співр., канд. техн. наук,*
В.І. Топчій³, *доц., канд. техн. наук,*

¹Фізико-механічний інститут НАН України, м. Львів, Україна

²Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

³Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

Постановка проблеми. Алюмінієві ливарні сплави використовуються на машинобудівних, автомобільних, авіаційних, електротехнічних та текстильних підприємствах. Однак алюмінієві сплави мають низьку абразивну зносостійкість, що суттєво стримує їх застосування у технологічних середовищах, де є наявні абразивні частинки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проведений огляд літературних джерел показав, що для підвищення зносостійкості алюмінієвих сплавів найчастіше використовують гальванічне хромування [1], газотермічне нанесення покриттів [2, 3], плазмоелектролітне оксидування (ПЕО) та тверде анодування (Hard Anodic Coatings). Метод гальванічного хромування екологічно небезпечний через використання канцерогенних та екологічно небезпечних електролітів. Метод твердого анодування (Hard Anodic Coatings) технологічно простий та відносно дешевий й починає широко використовуватись у промисловості, однак має суттєві недоліки, а саме: покриття мають низьку твердість (≤ 500 HV) та зносостійкість [4]. Метод плазмоелектролітного оксидування ПЕО на алюмінієвих сплавах забезпечує високу твердість до 2000 HV, низький коефіцієнт тертя, високу адгезію до металевої основи, високу екологічну чистоту [5]. Однак цей метод не дозволяє синтезувати оксидні шари із високою абразивною зносостійкістю на ливарних сплавах - силумінах. ПЕО шари синтезовані на найбільш широковживаних Al-Si ливарних сплавів мають суттєві недоліки: мала швидкість синтезу оксидокерамічного шару - 0,5 - 1 мкм/хв., мала товщина-до 140 мкм, низька мікротвердість (700-1000 HV) та низька абразивна зносостійкість [6,7].

Постановка завдання. Синтезувати оксидні ПЕО шари на поверхні зразків із ливарних алюмінієвих сплавів АК9 та АК12. Дослідити мікроструктуру ПЕО шарів, зміну їх мікротвердості в залежності від складу електроліту в процесі плазмо-електролітної обробки синтезованих на поверхні ливарних алюмінієвих сплавів та дослідити їх абразивну зносостійкість закріпленим абразивом.

Виклад основного матеріалу. Матеріали та методи досліджень. ПЕО шари синтезували на поверхні пластин 30x30 мм товщиною 4 мм із алюмінієвих ливарних сплавів АК-9 (9% Si) та АК-12 (12% Si) в електроліті – 3 г/л КОН + 2 г/л Na₂SiO₃ (водний розчин рідкого скла) без та з додатком в електроліт 3 г/л перекису водню H₂O₂, імпульсним струмом за частоти 50 Гц у катодно-анодному режимі при співвідношенні струмів (I_k/I_a) = 1 та густини струму 20 А/дм². Товщина покриттів після синтезу на протязі 120 хв була 120 -130 μm. [4]. Металографічні дослідження проводили на скануючому електронному мікроскопі ZEISS EVO 40XVP з системою рентгенівського мікроаналізу INCA Energy. Фазовий склад поверхневих шарів досліджували за допомогою дифрактометра DRON-3M у Cu-K-випромінювання. Абразивну зносостійкість закріпленим абразивом визначали за допомогою абразивного диска (рис. 2б) діаметром 150 mm і шириною 8 mm, виготовленого з

електрокорунду із розміром зерна 250 - 315 μm , частота обертання диска 160 грт, навантаження в зоні лінійного контакту 15 Н. Знос зразків оцінювали за втратою маси на електронній вазі KERN ABJ 220 4M з точністю до $2 \cdot 10^{-4}$ г. Мікротвердість ПЕО шарів визначали за використання приладу ПМТ-3. Структуру оксидних шарів досліджено у характеристичному випромінюванні BSD на електронному мікроскопі EVO 40 XVP. Фазовий аналіз оксидних шарів виконано на рентгенівському дифрактометрі BRUKER D8 DISCOVER

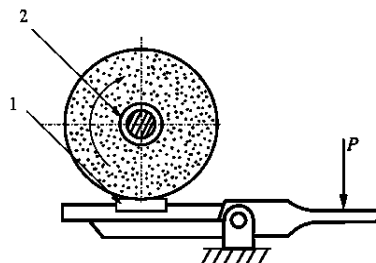
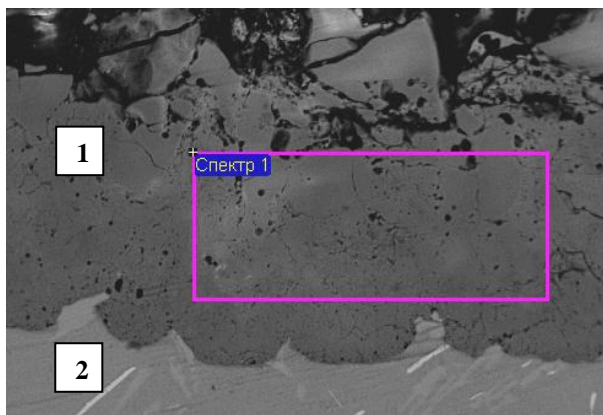


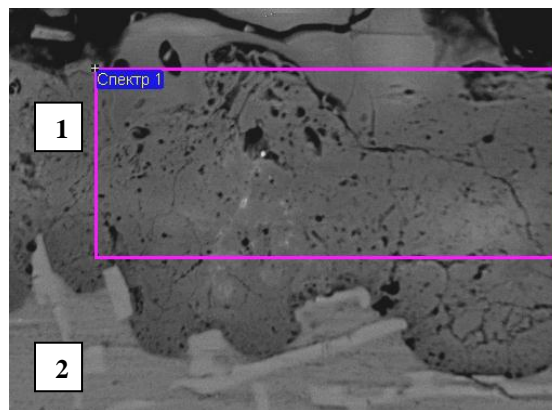
Рис. 1. Схема випробування на абразивний знос за використання абразивного диска (1 - зразок, 2 - абразивний круг)

Структура плазмоелектролітних шарів на силумінах. Фазовий аналіз показав, що оксидний ПЕО шар складається із двох оксидних фаз $\alpha\text{Al}_2\text{O}_3$, $\gamma\text{Al}_2\text{O}_3$ та силікатної фази силіманіту- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$. Кремній є присутній у структурі оксидного шару проте його є менше ніж у структурі силумінів. Очевидно, що в процесі плазмо-електролітної обробки кремній розчиняється у лужному електроліті. Причому із силуміну АК12 кремній розчиняється у більшій мірі ніж із силуміну АК9 рис. У структурі ПЕО шару спостерігаються мікротріщини та пори. Це зумовлено швидким охолодженням зони розрядних каналів в процесі синтезу оксидного шару. Верхній шар оксидного шару як правило є більш дефектним ніж нижній шар.



Елемент	Мас. %
О К	52.39
Al К	41.56
Si К	5.39
К К	0.65
сума	100.00

1-ПЕО шар, 2-основа силумін АК-9



Елемент	Мас. %
О К	51.12
Al К	42.17
Si К	5.42
К К	1.28
сума	100.00

1-ПЕО шар, 2-основа силумін АК-12

Рис. 2. Структура плазмо-електролітних шарів на силумінах

Абразивна зносостійкість ПЕО шарів. ПЕО шари на силумінах мають мікротвердість на рівні 1000-1300HV (рис.3) однак ця твердість є суттєво меншою за мікротвердість, яку мають ПЕО шари синтезовані на сплавах Al-Cu. Так до прикладу мікротвердість ПЕО шару синтезованого на алюмінієвому сплаві Д16 становить 1600...1800 HV. Ми пов'язуємо малу мікротвердість ПЕО шарів на силумінах із синтезом у структурі ПЕО шарів фази силіманіту- $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$, яка має низьку мікротвердість.

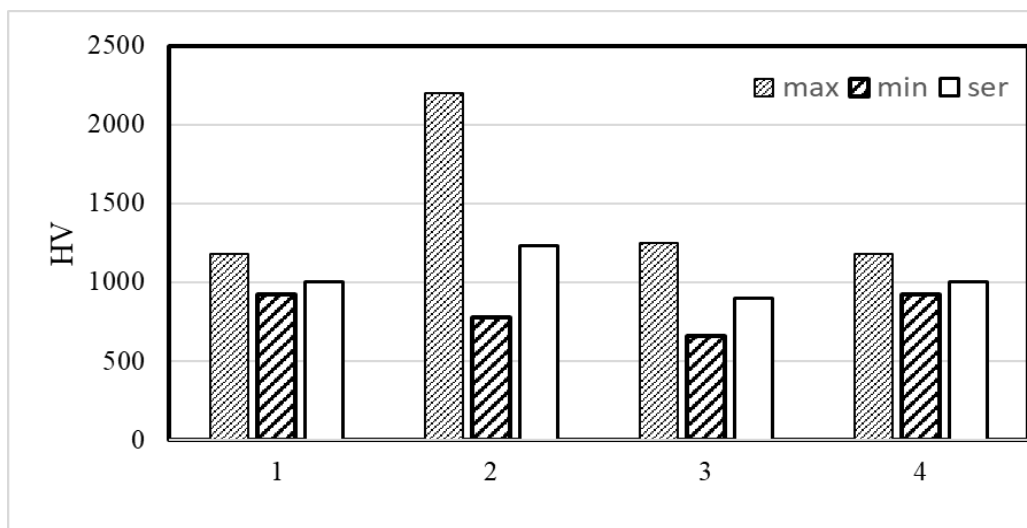


Рис.3. Мікротвердість ПЕО шарів синтезованих на сплавах алюмінію.

1-сплав АК9 (електроліт 3 g/l KOH + 2 g/l Na₂SiO₃), 2-сплав АК9 електроліт 3 g/l KOH + 2 g/l Na₂SiO₃ + 3г/л H₂O₂),
 3 сплав АК12 (електроліт 3 g/l KOH + 2 g/l Na₂SiO₃), 4-сплав АК12 електроліт 3 g/l KOH + 2 g/l Na₂SiO₃ + 3г/л H₂O₂)

Плазмоелектролітна обробка силумінів суттєво підвищує їх абразивну зносостійкість рис.4. Так зносостійкість сплаву АК9 після плазмоелектролітної обробки зростає у 57 разів, а зносостійкість сплаву АК12 у 14 разів. Додаток в електроліт перекису водню H₂O₂ у кількості 3% мас. підвищує абразивну зносостійкість силумінів після плазмоелектролітної обробки ще на 30...70%. Це зумовлено збільшенням оксидних фаз αAl₂O₃, γ Al₂O₃ та зменшенням силікатної фази силіманіту- Al₂O₃•SiO₂ у структурі покриття.

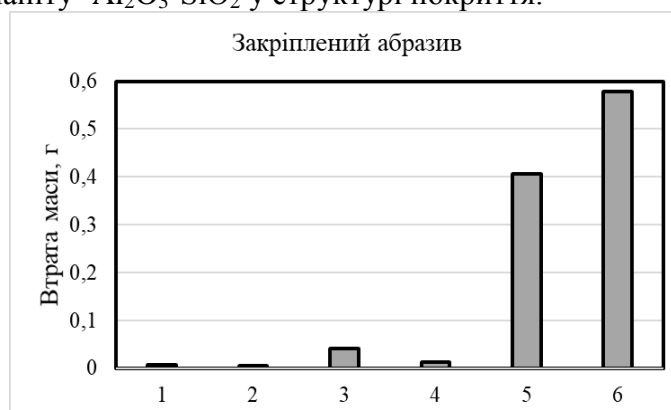


Рис. 4. Абразивна зносостійкість ПЕО шарів синтезованих на сплавах алюмінію:

Табл. 1. Зносостійкість сплавів АК9 (5) та АК12 (6) та ПЕО шарів синтезованих на сплавах АК9(1,2) та АК12 (3,4).

Позначення сплавів та їх обробки на рис.4	Марка силуміну, (склад електроліту)	Знос, г
1	АК-9 (3 g/l KOH + 2 g/l Na ₂ SiO ₃)	0,0071
2	АК-9 (3 g/l KOH + 2 g/l Na ₂ SiO ₃ + 3г/л H ₂ O ₂)	0,0051
3	АК-12 (3 g/l KOH + 2 g/l Na ₂ SiO ₃)	0,0418
4	АК-12 (3 g/l KOH + 2 g/l Na ₂ SiO ₃ + 3г/л H ₂ O ₂)	0,0134
5	АК-9 вихідний сплав	0,4065
6	АК-12 вихідний сплав	0,578

Висновки:

1. Плазмоелектролітна обробка силумінів АК9 та АК12 підвищує їх мікротвердість до 1000 ...1300 HV, це спричиняє підвищення їх абразивної зносостійкості у 14...57 разів.

2. Додаток в електроліт перекису водню H_2O_2 у кількості 3% мас. підвищує абразивну зносостійкість силумінів після плазмоелектролітної обробки ще на 30...70%. Це зумовлено збільшенням вмісту оксидних фаз $\alpha-Al_2O_3$, $\gamma-Al_2O_3$ та зменшенням вмісту силікатної фази силіманіту- $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ у структурі покриття.

Список використаних джерел

1. Bazaluk, O., Dubei, O., Ropyak, L., Shovkoplias, M., Pryhorovska, T., Lozynskiy, V. / Strategy of compatible use of jet and plunger pump with chrome parts in oil well // (2022) *Energies*, 15 (1), art. no. 83, DOI: 10.3390/en15010083
2. Improvement of wear resistance of aluminum alloy by HVOF method. V.Hutsaylyuka, M.Student, Kh.Zadorozhna, O.Student, H.Veselivska, V.Gvosdetskii, P.Maruschak, H.Pokhmurska /*Journal of Materials Research and Technology*. 2020. Vol. 9, Iss. 6. P. 16367–16377, //doi.org/10.1016/j.jmrt.2020.11.102 .
3. The Effect of Increasing the Air Flow Pressure on the Properties of Coatings during the Arc Spraying of Cored Wires / Student M., Gvozdetzky V., Student O., Prentkovskis O., Maruschak P., Olenyuk, O., Titova, L. // *Strojnický Casopis* this link is disabled, 2019, 69(4), pp. 133–146, DOI:10.2478/scjme-2019-0048
4. Effects of anodizing conditions and the addition of $Al_2O_3/PTFE$ particles on the microstructure aluminium alloy / Michaela Remešová, Serhii Tkachenko, Daniel Kvarda, Ivana Ročňáková, Bernhard Gollas, Melita Menelaou, Ladislav Čelko, Jozef Kaise // *Applied Surface Science* Volume 513, 30 May 2020, 145780 //doi.org/10.1016/j.apsusc.2020.145780
5. Plasma electrolytic oxidation coatings with particle additions – A review / Xiaopeng Lu , Marta Mohedano, Carsten Blawert, Endzhe Matykina, Raul Arrabal, Karl Ulrich Kainer, Mikhail L. Zheludkevich, // *Surface and Coatings Technology* Volume 307, Part C, 15 December 2016, Pages 1165-1182 //doi.org/10.1016/j.surfcoat.2016.08.055
6. A.B. Rogov, H. Lyu, A. Matthews, A. Yerokhin, AC plasma electrolytic oxidation of additively manufactured and cast AlSi12 alloys, *Surf. Coat. Technol.* 399 (2020), 126116, <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.126116>.
7. K. Li, W. Li, G. Zhang, W. Zhu, F. Zheng, D. Zhang, M. Wang, Effects of Si phase refinement on the plasma electrolytic oxidation of eutectic Al-Si alloy, *J. Alloys Compd.*

ВПЛИВ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ МЕТОДУ ГРАНИЧНИХ СТАНІВ НА НАДІЙНІСТЬ СТАЛЕВИХ КРОКВЯНИХ БАЛОК

В. А. Пашинський, проф., д-р техн. наук,
М.В. Пашинський, ст. викл., канд. техн. наук

В.С. Шамара, магістрант гр. БІ-20 М

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Рівень надійності будівельних конструкцій визначається комбінацією розрахункових параметрів методу граничних станів, які визначаються за нормами [1, 2] і враховуються при проектуванні. Найбільш вагомими є такі параметри: розрахункові значення навантажень, розрахунковий строк експлуатації конструкції та коефіцієнт відповідальності. Розрахункові значення навантажень встановлюються згідно з ДБН В.1.2-2:2006 "Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи" [2] і включають постійні навантаження від ваги несучих та огорожувальних конструкцій, змінні навантаження від ваги технологічного обладнання, корисні навантаження на перекриття та кліматичні навантаження, визначені з урахуванням форми будівлі та місця її географічного розташування. Строк експлуатації встановлюється в завданні на проектування згідно з рекомендаціями ДБН В.1.2-14-2018 [1] і зазвичай враховується при визначенні розрахункових значень змінних навантажень і впливів на конструкції за [2]. Коефіцієнт відповідальності визначається за [1] і регулює рівень надійності конструкцій залежно від класу наслідків (відповідальності) об'єкта, категорії відповідальності конструкції та розрахункової ситуації. Інші параметри методу граничних станів повинні забезпечувати рівну надійність конструкцій, запроєктованих для різних комбінацій навантажень і розрахункового строку експлуатації.

У якості числових показників надійності зазвичай використовують імовірність відмови та імовірність безвідмовної роботи конструкції чи її елемента протягом розрахункового строку експлуатації. Ці показники можна визначити за методикою [3, 4], яка базується на описі резерву несучої здатності елемента конструкції комбінованим законом розподілу Гумбеля-Гауса, який представляє собою лінійну комбінацію подвійного експоненціального розподілу Гумбеля [5] та нормального розподілу Гауса [6]. Постійне навантаження та характеристика міцності матеріалу вважаються нормально розподіленими випадковими величинами, а змінні навантаження описуються послідовностями річних максимумів із законом розподілу Гумбеля. Методика, викладена в [3, 4], є достатньо простою і може бути покладена в основу оцінювання показників надійності елементів металевих конструкцій будівель, споруд, підйомно-транспортних та інших машин. Для практичного використання цієї методики загальні формули з [3, 4] слід адаптувати до розрахунків елемента конкретного типу на конкретний вид деформації. Наприклад, така адаптація використана в [3] для оцінювання рівня надійності стержнів кроквяних ферм.

З метою виявлення впливу основних параметрів, які враховуються при проектуванні за методом граничних станів [1, 2, 7], аналізуються зварні сталеві кроквяні балки прольотом 24 м, встановлені з кроком 6 м. Такі балки були запроєктовані в роботі [8] згідно з вимогами чинних нормативних документів [1, 2, 7] для строків експлуатації $T = 20, 50, 100, 200$ років з урахуванням коефіцієнта відповідальності $\gamma_n = 1,0$. Розглянуті покрівлі трьох типів з достатньо різними характеристичними значеннями Q_0 та граничними розрахунковими значеннями Q_m постійного навантаження від їх ваги:

- холодна покрівля зі сталевого профільованого настилу $Q_0 = 215$ Па, $Q_m = 226$ Па;
- утеплена покрівля по сталевому профільованому настилу $Q_0 = 648$ Па, $Q_m = 772$ Па;
- експлуатована утеплена покрівля з трав'яним покривом $Q_0 = 1156$ Па, $Q_m = 1489$ Па.

Балки призначені для експлуатації в трьох містах України, які відносяться до різних снігових районів ДБН [2] та практично повністю охоплюють діапазон можливих значень снігового навантаження на території України. Розрахункові значення ваги снігового покриву для вказаних вище строків експлуатації визначені шляхом статистичної обробки даних снігомірних зйомок за методикою [4]. В результаті обробки отримані такі характеристичні значення ваги снігового покриву:

- м. Вознесеньк Миколаївської області (2 сніговий район) – $S_0 = 635$ Па;
- м. Кропивницький (4 сніговий район) – $S_0 = 1345$ Па;
- м. Семенівка Чернігівської області (6 сніговий район) – $S_0 = 1991$ Па.

Перебір усіх комбінацій описаних змінних параметрів дає 36 варіантів балок, які були запроєктовані в роботі [8] згідно з вимогами Державних будівельних норм України [1, 2, 7].

Нижче викладені результати оцінювання показників надійності цих балок та проаналізовані залежності отриманих показників від розрахункового строку експлуатації та розрахункових значень постійного і снігового навантаження. Для цього методика оцінювання показників надійності [3, 4] адаптована до розрахунків сталевих кроквяних балок при дії постійного навантаження від ваги покрівлі та змінного навантаження від ваги снігового покриву. Розглядається відмова за критерієм перевищення нормальних напружень в розрахунковому перерізі балки. Для оцінювання показників надійності кроквяних балок необхідно задати такі дані:

L, B – проліт і крок балок (метри);

W – момент опору перерізу (см^3);

T – строк служби балки (роки);

M_R, S_R – математичне сподівання й стандарт межі текучості сталі ($\text{кН}/\text{см}^2$);

M_{Π}, S_{Π} – математичне сподівання й стандарт постійного навантаження від власної ваги покрівлі (Па);

M_C, S_C – математичне сподівання й стандарт вибірки річних максимумів ваги снігового покриву (Па).

Розрахунок за адаптованою методикою [3, 4] виконується в такому порядку:

1. Обчислюються математичні сподівання та стандарти найбільших згинальних моментів у балці від дій постійного та снігового навантаження:

$$M_{MPI} = \frac{B \cdot M_{\Pi} \cdot L^2}{8000}, \quad S_{MPI} = \frac{B \cdot S_{\Pi} \cdot L^2}{8000}, \quad (1)$$

$$M_{MC} = \frac{B \cdot (M_C + 0,78 S_C \ln T) \cdot L^2}{8000}, \quad S_{MC} = \frac{B \cdot S_C \cdot L^2}{8000}, \quad (2)$$

Доданок $0,78 S_C \ln T$ у формулі (2) забезпечує перехід від річного максимуму ваги снігового покриву до максимуму снігового навантаження за строк служби T згідно з відомою властивістю закону розподілу Гумбеля [4, 5]. Ділення на 8000 замість 8 у формулах (1) і (2) забезпечує подання результатів у ($\text{кН} \times \text{м}$).

2. Обчислюється математичне сподівання й стандарт несучої здатності балки, як найбільше можливе значення згинального моменту в балці, відповідно до формули перевірки нормальних напружень з [7]:

$$M_{MR} = \frac{W \cdot M_R}{100}, \quad S_{MR} = \frac{W \cdot S_R}{100}, \quad (3)$$

Ділення на 100 у формулах (3) забезпечує подання результатів у ($\text{кН} \times \text{м}$).

3. Статистичні характеристики (математичне сподівання, стандарт і коефіцієнт асиметрії) резерву міцності балки обчислюються відповідно до формул [3, 4]:

$$M_s = M_{MR} - M_{MPI} - M_{MC}, \quad S_s = \sqrt{S_{MR}^2 + S_{MPI}^2 + S_{MC}^2}, \quad A_s = -\frac{1,48 \cdot S_{MC}^3}{S_s^3}. \quad (4)$$

4. Імовірність відмови балки дорівнює імовірності того, що резерв міцності приймає від'ємне значення. Ця імовірність обчислюється за формулою, отриманою шляхом

підстановки до функції розподілу резерву міцності, описаного комбінованим розподілом Гумбеля-Гауса (3, 4), нульового значення аргументу:

$$Q(T) = F_s(0) = C \left\{ 1 - \exp \left[- \exp \left(\frac{0 - M_s}{0,78 S_s} - 0,577 \right) \right] \right\} + (1 - C) F_n(0), \quad (5)$$

де M_s, S_s, A_s – числові характеристики резерву міцності (4);

$F_n(0)$ – функція нормального розподілу з параметрами (4);

$C = 0,8775 \cdot |A_s|$ – ваговий коефіцієнт у виразі комбінованого розподілу Гумбеля-Гауса.

5. Імовірність безвідмовної роботи балки протягом строку служби T і показник надійності в белах дорівнюють

$$P(T) = 1 - Q(T). \quad Bel(T) = -\log[Q(T)]. \quad (6)$$

Вираження рівня надійності в белах приводить імовірності відмови до величин одного порядку і тим самим забезпечує зручність порівняльного аналізу, побудови графіків та пошуку залежностей рівня надійності від врахованих розрахункових параметрів.

При розрахунках надійності використані статистичні характеристики постійного навантаження від ваги покрівель, обчислені через його характеристичні та розрахункові значення за методикою [4]. Математичні сподівання та стандарти вибірок річних максимумів ваги снігового покриву встановлені у процесі статистичної обробки результатів снігомірних зйомок на трьох вказаних вище метеостанціях. Математичне сподівання й стандарт межі текучості сталі С245, використаної при проектуванні кроквяних балок, прийняті рівними $M_R = 290$ МПа та $S_R = 27$ МПа за даними [9] та рекомендаціями [4].

Розрахунки за формулами (1)...(6) реалізовані в середовищі Microsoft Excel у формі розрахункового бланка, який дозволив проаналізувати значну кількість кроквяних балок. У результаті виконаних розрахунків для кожної з 36 балок, які були запроєктовані у [8] відповідно до всіх можливих комбінацій перелічених вище розрахункових параметрів, отримані імовірності відмови $Q(T)$ і безвідмовної роботи $P(T)$ протягом різних строків експлуатації T . Нижче розглядаються показники надійності в белах (6), як більш зручні для аналітичного та графічного аналізу. Результати розрахунків показали, що рівень надійності розрахованих балок змінюється в межах $0,7...2,3$ Bel. Це відповідає імовірностям відмови $Q(T) = 0,183...0,0055$ та імовірностям безвідмовної роботи $P(T) = 0,817...0,9945$.

Отримані в результаті розрахунків табличні залежності проілюстровані рисунками 1...3, які наочно відображають залежності показника надійності балок від основних розрахункових параметрів і таким чином дозволяють проаналізувати вплив цих параметрів на рівень надійності кроквяних балок.

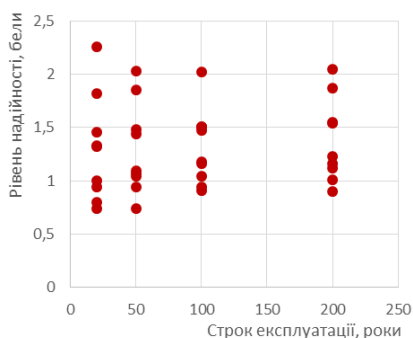


Рисунок 1 – Залежність показника надійності від строку експлуатації балок

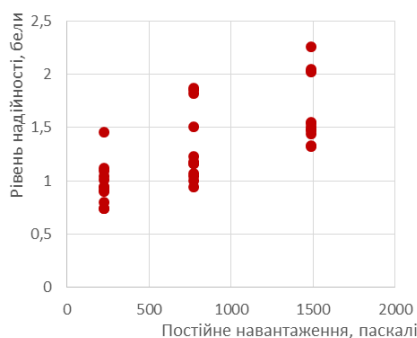


Рисунок 2 – Залежність показника надійності від величини постійного навантаження

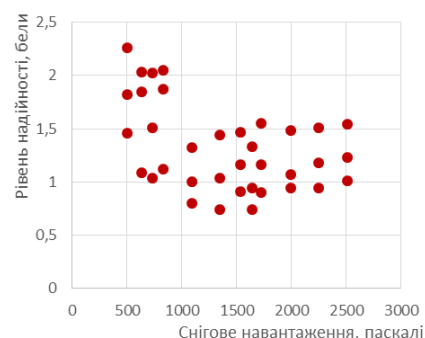


Рисунок 3 – Залежність показника надійності від величини снігового навантаження

З рисунка 1 видно, що попри значний розкид, обумовлений впливом інших факторів, рівень надійності балок у середньому мало залежить від їх проектного строку експлуатації T . При $T = 20$ років і частково при $T = 50$ років спостерігається дещо більший розкид показника надійності відносно середнього значення. Стабільність показника надійності підтверджує

коректність встановлення коефіцієнтів надійності за граничним розрахунковим значенням снігового навантаження в нормах [2]. Коефіцієнти надійності з [2] забезпечують незмінність рівня надійності при усіх строках експлуатації, що й відповідає їх призначенню.

На рисунках 2 і 3 зображені залежності показника надійності від величини постійного та снігового навантаження. На графіках спостерігається явне зростання рівня надійності на 0,6...0,8 бала при збільшенні постійного навантаження, тобто із ростом постійного навантаження імовірність відмови зменшується у 4...6 разів. Це можна пояснити меншим коефіцієнтом варіації постійного навантаження порівняно із сніговим. Тому з ростом частки постійного навантаження зменшується коефіцієнт варіації сумарного згинального моменту в балці, що й призводить до зменшення імовірності відмови.

На рисунку 3 істотно вищим рівнем надійності виділяються балки, запроєктовані під невеликі навантаження, зокрема для м. Вознесенськ. Аналіз даних [8] показав, що перерізи цих балок були підібрані за критерієм жорсткості при значних запасах міцності. Саме це й обумовило завищені рівні надійності досліджених балок.

Загалом проведений аналіз дозволив зробити такі висновки:

1. Використана методика оцінювання показників надійності дозволила здійснити порівняльний аналіз рівня надійності кроквяних балок, запроєктованих для різних комбінацій розрахункових параметрів методу граничних станів.
2. Рівень надійності кроквяних балок мало залежить від строку експлуатації та величини снігового навантаження.
3. Зростання рівня надійності балок при збільшенні постійного навантаження вказує на необхідність розгляду питання про встановлення та введення в розрахунки коефіцієнта сполучення снігового й постійного навантаження, який міг би вирівняти надійність балок, запроєктованих під різні комбінації цих навантажень.
4. Використана в роботі методика оцінювання показників надійності може бути легко адаптована для розрахунків елементів несучих металевих конструкцій будівель, споруд, підйомно-транспортних та інших машин при дії постійних і змінних навантажень і при різних видах напружено-деформованого стану.

Список використаних джерел

1. ДБН В.1.2-14-2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – К.: Мінрегіонбуд України, 2018. – 30 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. К.: Мінбуд України, 2007. – 60 с.
3. Пашинський В. А. Інженерна методика оцінювання показників надійності стержнів металевих кроквяних ферм / В. А. Пашинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2017.– Вип. 66.– с. 48-53.
4. Основи теорії надійності будівель і споруд. Навчальний посібник для студентів будівельних спеціальностей усіх форм навчання / В.А Пашинський: – Кропивницький: ЦНТУ, 2016. – 155 с.
5. Гумбель Э. Статистика экстремальных значений / Э. Гумбель. – М.: Мир, 1965. – 450 с.
6. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – 12-е изд., стер. – Москва: Высшая школа. – 2018. – 658 с.
7. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування. К.: Мінрегіон України, 2014. – 199 с.
8. Швидкий О.М. Вплив розрахункових параметрів на металоємність сталевих балок покрівлі // Досвід впровадження в навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій. Збірник матеріалів II Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – С. 48-51.
9. Пічугін С.Ф. Статистичний опис механічних характеристик сталей для будівельних конструкцій // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві : Збірник наукових праць. Випуск 14. – Луцьк: ЛНТУ, 2020. – С. 147-159.

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВЗ ФОРМУВАННЯМ РЕГУЛЯРНОГО МІКРОРЕЛЬЄФУ У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ЇХ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ

В.О. Дубовик, доц., канд.техн.наук,
Ю.А. Невдаха, доц., канд.техн.наук,
В.В. Пукалов, доц., канд.техн.наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

На сьогодні в машинобудуванні та при відновленні поверхонь деталей відома велика кількість способів отримання зносостійких покриттів за допомогою комбінації механіко-енергетичних впливів на матеріал, з метою створення регулярного рельєфу [1].

Достатньо високу стійкість проти спрацювання гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання, забезпечує застосування металокерамічних матеріалів і електроерозійного легування шляхом насиченням карбідними та боридними сполуками тугоплавких металів [2, 3] як з механічною обробкою так і без неї [4-6].

Найбільш раціональним, на нашу думку, технологічним рішенням, є спосіб формування мікрорельєфу концентрованими потоками енергії [4] з пошаровим нанесенням м'якого шару підложки та твердою сіткою, що утворює зносостійкий оливоутримуючий рельєф.

Але поряд з прийнятними характеристиками відносно зносостійкості, міцності зчеплення твердих елементів з матеріалом основи, відносній простоті технічної реалізації можна відзначити і деякі недоліки, що властиві більшості способів нанесення мікрорельєфу.

Основним недоліком відомих способів формування мікрорельєфу гільз циліндрів є наявність залишкових напружень різання, необхідність доводки поверхні гільзи. Також, при формуванні мікрорельєфу не враховується градієнт напружень в матеріалі гільз циліндрів при експлуатації, особливо в області поршневого пальця.

Тому проблемою є підвищення ресурсу гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання з врахуванням нерівномірності зносу шляхом створення оптимального мікрорельєфу концентрованими потоками енергії.

Рішення цієї проблеми полягає у тому, що формування мікрорельєфу здійснюється у вигляді напівкруглих комірок перемінної величини у відповідності до напружено-деформованого стану з врахуванням положення поршневого пальця.

Напівкруглі комірки розташовані на внутрішній поверхні гільзи своїми гострими кутами вгору з поступовим розширенням, що створює необхідний оливоутворюючий рельєф. Крім того, зростання густини "сітки" комірок в області руху поршневого пальця дозволяє "армувати" гільзу в найбільш зношуваних місцях.

Формування оливоутворюючого мікрорельєфу проводили в декілька етапів.

Лазерну обробку проводили CO₂ – лазером безперервного випромінювання (Комета – 2)

Для основної частини внутрішньої поверхні гільзи, в режимах: P=0,8кВт, d=0,2...0,8мм, v=2...10мм/с, без оплавлення поверхні.

З метою покращення фізико-механічних властивостей частини внутрішньої поверхні гільзи в області руху поршневого пальця (+15°...-15° від осі поршневого пальця): P=0,8кВт, d=0,1...0,2мм, v=12...15мм/с, без оплавлення поверхні.

Розмір комірки визначався градієнтом напружено-деформованого стану матеріалу на конкретній ділянці гільзи.

Мікрометраж виконували шляхом проведення замірів у 4 січних площинах через 45° і не менше 8 точках замірів по висоті, з обов'язковим заміром посередині положення I

поршневого кільця при положенні поршня у ВМТ та посередині останнього поршневого кільця при знаходженні поршня у НМТ.

В результаті проведених досліджень спостерігали підвищення трибологічних властивостей сполучень деталей за рахунок утвореного змінного за напрямком і величиною мікрорельєфу що дозволяє покращити умови змащення поверхонь деталей.

Це можна пояснити тим, що утворений лазерною обробкою змінний мікрорельєф був сформований у вигляді кольчуги з різною величиною комірок, які були розвернуті готрими краями у напрямку сприйняття найбільшого навантаження. Це дозволило збільшити стійкість від задирів у 1,4...1,8 разів, зносостійкість для вставок в області поршневого кільця у 1,5...1,9 разів, а для інших поверхонь гільзи циліндру - стійкість від задирів збільшилась у 1,1...1,7 разів, а зносостійкість у 1,3...1,5 разів.

А тому загальна зносостійкість для гільз дизельного двигуна ЯМЗ-238Д зменшилась у 2,3...2,5 рази. Таким чином проведені дослідження вказують на те, що запропоновані рішення сприяють зменшенню загального спрацювання внутрішньої поверхні гільзи циліндру і в результаті це призведе до підвищення ресурсу двигуна.

Список використаних джерел

1. Петров Ю.Н. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин / Петров Ю.Н. – М.: Колос, 1972. – 527с.
2. Пат. України № 48963. Оpubл. Бюл. №7, 2010.
3. Пат. України № 49556. Оpubл. Бюл. №8, 2010.
4. Пат. 65981 Україна, МПК (2011.01) В23К 26/00 Спосіб формування регулярного мікрорельєфу внутрішньої поверхні гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання / Аулін В.В., Жулай О.Ю., Труш М.М. заявник та патентовласник Кіровоградський національний технічний університет; заявлено 11.04.2011; заявка № u201104423; опубл. 26.12.2011, Бюл.№ 24, 2011р.
5. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія / Аулін В. В. [та ін.] ; за ред. проф. Ауліна В. В. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2016. - 303 с.
6. Замота Т.Н. Управление процессами приработки основных сопряжений деталей машин при изготовлении и ремонте: Монография // Т.Н. Замота, В.В. Аулин. – Кировоград: издатель Лысенко В.Ф.; 2015. – 303 с.

ОГЛЯД МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ФОРСУНОК БЕНЗИНОВИХ ДВИГУНІВ

М.В. Красота, доц., канд. техн. наук

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

Р.А. Осін, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

На теперішній час найбільшого поширення на легкових автомобілях отримали бензинові двигуни з системами живлення з розподіленим уприскуванням палива. Високі показники цих двигунів реалізуються в повній мірі лише за умови технічно справної системи подачі палива, зокрема електромагнітних форсунок (ЕМФ). Неприпустимі зміни технічного стану ЕМФ приводять до зниження експлуатаційної надійності двигунів [1, 2]. Підвищення ефективності експлуатації бензинових двигунів можливо досягти за рахунок точного діагностування ЕМФ та їх технічного обслуговування за результатами діагнозу. Отже, постановка точного і своєчасного діагнозу ЕМФ є актуальною проблемою сервісу автомобілів.

Для діагностування технічного стану ЕМФ використовують ряд методів.

Стендове діагностування. Одним з достовірних методів, що використовується на підприємствах автомобільного сервісу є перевірка ЕМФ на стендах [2].

Більшість стендів для перевірки ЕМФ мають схожу конструкцію та функціонал, що дозволяє виконати діагностування на різних режимах з імітацією різного числа обертів двигуна, тривалості імпульсу уприскування а також перевірити їх герметичність в закритому стані. Стендове діагностування дозволяє візуально оцінити якість розпилювання, а також визначити нерівномірність продуктивності форсунок [2].

При діагностуванні ЕМФ виконуються наступні тести: тест розпилювання (функція Hold Open, тест герметичності, ця перевірка дозволяє встановити чи знаходяться інжектори у вихідному положенні (закриті), чи вони несправні, вимірювання продуктивності інжекторів, тест реакції соленоїдів.

Недоліком стендового методу діагностування є необхідність в демонтажі форсунок з двигуна, що тягне за собою розгерметизацію системи живлення, заміну ущільнень форсунок, можливе подальше неточне встановлення форсунок в посадочне місце. Також, за цим методом складно оцінити реакцію соленоїда форсунки.

Діагностика за зміною частоти обертання колінчастого вала двигуна. Перспективним методом оцінки технічного стану ЕМФ є метод діагностування зі зміною частоти обертання колінчастого вала. В основу методу покладено припущення про існування зв'язку між якістю паливо-повітряної суміші і індикаторною потужністю двигуна [3].

Це припущення базується на аналогії регулюванням холостого ходу карбюраторних бензинових двигунів: так, зміна положення гвинта якості системи холостого ходу на півоберта може змінити частоту обертання колінчастого вала двигуна на 100...150 хв-1. В роботі [3] була сформульована наступна гіпотеза: зміна частоти обертання колінчастого вала двигуна на тестових режимах його діагностування при роботі на одному циліндрі корелює з пропускнуою спроможністю форсунки.

Основою для розробки методу діагностування форсунки послужив метод, суть якого полягає в тому, що за рахунок повного відключення частини циліндрів двигуна або частково працюючих циліндрів можна створити будь-який навантажувальний режим для працюючих циліндрів. Двигун при цьому працює з постійною частотою обертання колінчастого вала. Якщо індикаторна потужність працюючих циліндрів дорівнює потужності механічних втрат в двигуні, то будь-які причини, які викликають зміну індикаторної потужності (якість

паливо-повітряної суміші, кут випередження запалювання тощо), порушують цю рівновагу і викликають зміну частоти обертання колінчастого вала двигуна.

Цей метод дозволяє фіксувати зміну індикаторної потужності в частках відсотка. Однак на зміну частоти обертання колінчастого вала двигуна на тестових режимах можуть впливати не тільки технічний стан форсунки, а й знос циліндропоршневої групи і газорозподільного механізму. Отже, необхідно при проведенні досліджень враховувати вплив цих факторів на оціночний показник технічного стану бензинової електромагнітної форсунки. Решта несправності, які впливають на якість паливно-повітряної суміші, що діагностується і можуть бути усунені в процесі технічного обслуговування.

Вимірювання пропускної здатності та тиску палива. В роботі [4] встановлено, що витрата палива через ЕМФ є досить достовірним і інформативним параметром та містить діагностичну інформацію, що може бути використана при визначенні їх технічного стану. Ефективним, з точки зору отримання інформації про стан ЕМФ, є вимірювання значень величини тиску палива як функції витрати палива при спрацьовуванні ЕМФ.

Аналіз часових параметрів ЕМФ в даній роботі показав, що в ідеальному, з точки зору регулювання, випадку час відкритого стану клапана має бути рівним тривалості електричного імпульсу, що подається на обмотку електромагніту. Однак, в реальній форсунки клапан відкривається і закривається не одночасно з початком надходження і закінченням керуючого імпульсу, а з запізненням. Як час спрацьовування, так і час відпускання не залежать від тривалості керуючого електричного імпульсу, тобто для даної конструкції ЕМФ не є керованими часовими і параметрами характеристик.

Систему подачі палива можливо розглядати як пружну напружену систему, що складається з ряду ємностей і трубопроводів, заповнених рідиною під тиском. Кожна форсунка на двигуні спрацьовує один раз за цикл його роботи.

Ефективним з точки зору отримання інформації про стан двигуна є вимірювання і аналіз фізичних параметрів, що змінюються синхронно до циклограми його роботи, а саме, значень величини тиску палива до функції витрати палива при спрацьовуванні ЕМФ.

З огляду на досить складну природу формування і поширення ударних хвиль, аналізувати витрату палива через ЕМФ доцільно величиною падіння тиску палива в рампі. В результаті відкритого стану клапана ЕМФ зниження тиску в паливній рампі відбувається за лінійною залежністю (від моменту повного відкриття до моменту початку закриття клапана), при цьому абсолютна величина зміни тиску палива в рампі пропорційна витраті палива через форсунку.

Використання електронного пристрою і певного математичного апарату для обробки і одержуваного сигналу засобів і обчислювальної техніки дозволяє оцінювати пропускну здатність кожної ЕМФ на функціонуючому двигуні з похибкою не більше 3%.

Однак, такий спосіб вимагає встановлення датчика тиску в системі живлення, його тарування і аналіз осцилограм. Крім того, на вимірювання тиску в системі значний вплив будуть мати стан насоса, регулятора тиску палива, фільтрів та пульсації палива в системі живлення.

Вимірювання осцилограми напруги форсунки. В роботі [5] запропонований спосіб діагностування ЕМФ заснований на вимірюванні напруги на обмотці форсунки після завершення подачі керуючого імпульсу.

Запропонований спосіб експрес-діагностики форсунок заснований на вимірюванні напруги на обмотці форсунки після завершення подачі керуючого імпульсу. Форма сигналу реєстрованої напруги (в даному випадку осцилографом) відображає рух голки від верхньої точки до сідла. Існують характерні точки в зміні напруги, однією з яких є вершина першого піку, відповідного першому відскоку голки від сідла. У форсунки зі значним напрацюванням спостерігається більша кількість піків сигналу (відскоків від сідла) при одночасному збільшенні часу між відскоками, що говорить про послаблення зворотної пружини і збільшення підйому голки. Другою характерною точкою є початок руху голки, який визначається по розбіжності кривих спаду напруги для нерухомої і вільною голки.

Даний спосіб експрес-діагностики має достовірність, що підтверджується відповідністю отриманих результатів з даними мікрометричних вимірювань величини підйому голки у розібраної форсунки.

Для форсунки з напрацюванням, що діагностується за допомогою запропонованого способу, збільшення підйому голки щодо нової склало близько 50%, що відповідає збільшенню підйому на 75 мкм. Мікрометричні вимірювання показали збільшення підйому голки на 67 мкм. Таким чином, відносна похибка визначення зростання ходу (підйому) голки за допомогою запропонованого способу діагностики склала 11%.

Спосіб експрес-діагностики рекомендується використовувати перед очищенням форсунок з метою визначення його доцільності. На підставі практичного застосування даного способу не рекомендує використовувати очищення форсунок зі значним напрацюванням, якщо збільшення величини підйому голки перевищує 30%. При такому істотному зносі голки і сідла компенсувати його наслідки практично неможливо.

Віброакустичний метод діагностування форсунок. В роботі [6] запропоновано виконувати діагностування ЕМФ за допомогою електронного стетоскопу, сигнал з якого може бути проаналізований на осцилографі.

Алгоритм діагностування передбачає визначення амплітудно-частотних характеристик та порівняння їх з еталонними. Передбачається, що забруднена ЕМФ буде мати іншу форму віброакустичного сигналу ніж справна, що і дозволить проводити її діагностування.

Однак, основною проблемою віброакустичного методу діагностування є накладення шумів та вібрацій від різних вузлів, що істотно ускладнює виділення характерної для конкретної несправності картини. Крім того, якість сигналу стетоскопу сильно залежить від надійності контакту датчика та ЕМФ.

Проведений аналіз методів діагностування форсунок дозволяє зробити висновки, що перевірку технічного стану форсунок доцільно виконувати без демонтажу з двигуна. Перспективними є методи, що базуються на аналізі цифрового сигналу, отриманого при перетворенні структурних фізичних параметрів інжекторів (тиск палива, напруга) та встановлення, таким чином, необхідної діагностичної інформації.

Список використаних джерел

1. М.В. Красота, И.В. Шепеленко, А.А. Матвиенко, Аль Соодани Салем М. Муташир. Исследование влияния загрязнений электромагнитных форсунок на параметры бензиновых двигателей/Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. , вип. 43, ч. II, - Кіровоград: КНТУ, 2013, с. 125-134.
2. М.В. Красота. Типові несправності електромагнітних форсунок бензинових двигунів. Збірник праць молодих науковців. – Вип. 11. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020.
3. Бакайкин Д. Д., Гриценко А. В. Результаты экспериментальных исследований пропускной способности бензиновых форсунок// Вестник КрасГАУ. – 2012. – № 12. – С. 120–127.
4. Веревитин А.Ю. Методика диагностирования систем топливоподачи двигателей с впрыскиванием бензина: сборник научных трудов / А. Ю. Веревитин. Рязань. : РВАИ, 2006. Вып. 16
5. Овчинников Г.В. Влияние загрязнения и износа элементов электромагнитных форсунок на характеристики автомобильного бензинового двигателя: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.04.02. Владимир, 2009. 18 с.
6. Браильчук А.П. Виброакустический метод экспресс-диагностики форсунок впрыска легких топлив / А.П. Браильчук, А.А. Трифонов, Р.С. Санов // Вестн. ХНАДУ. – 2006. – Вып. 34–35. – С. 208–211.

ДІАГНОСТИЧНІ ОЗНАКИ НЕСПРАВНОСТЕЙ МЕХАНІЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ ТА ЇХ АКУСТИЧНІ ПРОЯВИ

М.В. Красота, доц., канд. техн. наук

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

Р.А. Осін, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Зубчасті передачі та підшипники коробок передач - найбільш поширені механізми машин і агрегатів, зважаючи на свою надійність і довговічність. Однак, в процесі роботи навіть справна коробка передач випромінює шум та вібрацію, вимірявши які можна вирішувати питання визначення її технічного стану.

В процесі експлуатації неодмінно відбувається поява дефектів шестерень, надмірний розвиток яких може призвести до порушення роботи або поломки приводу.

Віброакустична діагностика дозволяє здійснювати безрозбірний контроль, при якому скорочуються витрати ресурсів і часу. Технічний стан будь-якої зубчастої пари може бути оцінений за допомогою аналізу вібросигналів [1]. Таке ствердження справедливе як для одиначної зубчастої пари, так і для складних багатовальних зубчастих приводів (редукторів, мультиплікаторів).

Віброакустичний сигнал має складну структуру, що залежить від динаміки механізму і набору комплектуючих його вузлів, містить корисну складову і перешкоди, які перешкоджають точній розшифруванню інформації, що міститься в сигналі. По-перше, енергія, що виділяється в процесі зубчатого зачеплення не дуже велика; по-друге, місця установки вібродатчиків, в силу конструктивних особливостей приводів, значно віддалені від зони зубчатого зачеплення.

В результаті шлях передачі енергії вібрації зубчатого зачеплення значний і сигнали в ньому сильно загасають. Тому, для підвищення інформативності необхідно використовувати спеціальні програмні і апаратні засоби, висококваліфікованих діагностів, а також враховувати конструктивні і навантажувальні особливості конкретного об'єкта при розробці методики контролю.

До дефектів багатовальних коробок передач відносяться як дефекти виготовлення і складання, так і дефекти, що з'являються в процесі експлуатації, що порушують умови функціонування зубчатого зачеплення. Дефекти виготовлення і складання визначають вихідні характеристики віброакустичних процесів для подальшого порівняння їх з поточними характеристиками в експлуатаційний період.

Експлуатаційні дефекти контактуючих поверхонь зубів є додатковими збуджуючими факторами, які призводять до зміни властивостей віброакустичного сигналу зубчатого приводу. До таких дефектів відносять абразивне зношування робочої поверхні зубів, викришування зубів, заїдання робочих поверхонь, тріщини і злам зубів.

Найшвидшим і тому небезпечним видом пошкодження зубів є їх руйнування, що починається з появи тріщини і закінчується зколом або поломкою зубів. Крім того, досить частим експлуатаційним дефектом є порушення режиму мащення контактуючих поверхонь, що приводить до шумового наповнення спектра вібрації. Зміни, до яких призводять дефекти зубчастих коліс, стосуються всіх характеристик вібрації, в тому числі і спектра коливань, при цьому змінюється енергетичне співвідношення компонент спектра.

Абразивне зношування зубчатого зачеплення відноситься до категорії розподіленого експлуатаційного дефекту [2, 3, 4], воно призводить до збільшення бічного зазору, до відривання профілів зубів в зачепленні і ударному режиму збудження коливань. Це приводить до збільшення енергії гармонійного ряду частот, кратних частоті зачеплення, і перерозподілення енергії між компонентами цього ряду на користь високочастотних компонент.

Викришування зубів (піттинг) часто стає причиною вторинних руйнувань, тому важливо своєчасно діагностувати даний вид пошкодження. Розвиток локального пошкодження типу ямок викришування супроводжується зміною віброакустичного сигналу як в діапазоні робочих частот, так і за його межами - в зоні високочастотних резонансів механічної системи, викликаними амплітудною модуляцією коливального процесу в зубчастій передачі періодичною послідовністю ударних імпульсів, що виникають при попаданні дефекту в зону контакту [2]. Зміни в віброакустичному сигналі зубчастої передачі при виникненні ямок викришування спостерігаються як на вимушених, так і на власних частотах [4].

У роботах [3, 6] зазначено, що вищерблення призводить до збільшення деформації зубів, а точніше - до зростання його контактної складової. В силу цього жорсткість зачеплення передачі в момент контактування зуба, що має дефект, зменшується, що відбувається один раз за оборот валу. Піттинг призводить також до флуктуації тиску в момент контактування пошкодженого зуба, наслідком чого є збільшення глибини амплітудної модуляції - зростання амплітуд. При піттингу, тобто втомно-контактного викришування, бічних поверхонь зубів відбувається поява періодичних сплесків вібрації, модулюючих основний процес збудження коливань.

Заїдання робочих поверхонь зубчастих коліс - це найбільш поширений вид руйнування при високих температурах, який з часом напрацювання може приймати лавинний характер, в результаті чого передача виходить з ладу. Заїдання зазвичай супроводжується нерегулярними викидами в тимчасовому сигналі, флуктуаціями амплітуд гармонік зубцевої частоти. Важливо, що перераховані ознаки можуть супроводжуватися появою і інших пошкоджень зубчастих коліс і не є характерними ознаками заїдання.

Тріщини і злам зубів зубчастих коліс - найбільш небезпечний вид ушкодження зубчастих коліс, який може привести до відмови всього зубчастого механізму при попаданні продуктів руйнування в зачепленні, підшипників або інших робочих органів механізму. При появі тріщини в основі зуба (або в іншому місці) жорсткість зачеплення в момент контактування з цим зубом різко падає. Це призводить до передчасного входу в зачеплення наступної пари зубів, що супроводжується ударом [2, 4]. У віброакустичному сигналі з'являються імпульси, амплітуда яких буде рости зі збільшенням тріщини. Причому число імпульсів за один оборот колеса буде дорівнювати числу пошкоджених зубів.

Крім коливань на вимушених частотах в діапазоні вібрації присутня яскраво виражена реакція механічної системи на власних частотах на вплив періодичної послідовності ударних імпульсів при попаданні локального дефекту в зону контакту зубів [2].

До дефектів підшипників слід віднести овальність і гранування доріжок кочення, різнорозмірність тіл кочення, відхилення їх форм від розрахункових, відхилення форми від сферичної. Можливе погіршення параметрів шорсткості поверхні тіл кочення також є дефектом, що впливає на силу тертя, збільшує рівень випадкових складових вібрації підшипника.

Вплив дефектів підшипників на вібрацію валів коробки передач призводить до появи складових вібрації на частотах, кратних частотам обертання валу. Такий самий вплив надають неспіввісність валу коробки передач і внутрішнього кільця підшипника, їх овальність або гранність. Зношення тіл кочення, відхилення їх форми від номінальної призводять до появи вібрації на частотах, кратних частотам обертання сепараторів і частотам обертання тіл кочення.

Дефекти зносу поверхонь кочення підшипників впливають на низькочастотні і високочастотні складові вібрації коробок передач. Вплив на високочастотні складові полягає не тільки в тому, що в процесі зношування збільшується коефіцієнт тертя кочення і інтенсивність випадкової вібрації, створеної силами тертя, але і в тому, що при взаємодії дефектних поверхонь кочення виникають періодичні удари, що супроводжуються зростанням інтенсивності сигналу, як на вищих гармоніках, так і на його випадкових складових.

Вплив зношування на низькочастотну вібрацію підшипників кочення, (і агрегату в цілому), проявляється на тлі інших дефектів не відразу, а лише після того, як величина зношування перевищить якоесь граничного значення, тобто на одному з останніх етапів експлуатації підшипника, характеризується високою швидкістю зносу. У підшипниках зі збільшеним через зношування поверхонь кочення радіальним зазором можливе виникнення незатухаючих коливань валів коробки передач.

Сили тертя в підшипниках є причиною появи випадкових складових вібрації, що вносять помітний внесок у загальний рівень вібрації коробки передач. У підшипниках кочення сили тертя і створювана ними вібрація залежать від сил нормального тиску на поверхні кочення і коефіцієнта тертя кочення. Частка енергії, що витрачається на подолання сил тертя, перетворюється в енергію вібрації. Так як коефіцієнт тертя кочення, залежить від сили нормального тиску і числа тіл кочення, що контактують з обома кільцями, то випадкова вібрація, створювана силами тертя, матиме амплітудну модуляцію.

Сприятливі вирішенню проблеми виявлення дефектів коробки передач може вдосконалення засобів діагностики, що припускає впровадження в коло розв'язуваних ними завдань алгоритмів обробки сигналу, що знижують суб'єктивність прийняття рішення.

При ускладненій ідентифікації дефектів в силу зазначеної причини ефективно себе показав метод синхронного накопичення, реалізація якого в функціональних можливостях засобів діагностики дозволяє розділити частотні складові від різних джерел. Крім того, слід провести вимірювання вібрації в декількох точках приводу і зіставити спектри; змінити навантаження передану приводом; в окремих випадках необхідно провести вимірювання при розгоні ведучого вала.

Точність оцінки поточного технічного стану, а також достовірність діагностики дефектів коробок передач по віброакустичному сигналу багато в чому залежить від досвіду діагноста, його знань про внутрішню будову вузла і природи вібраційних процесів. Незважаючи на значне поширення численних методів обробки і аналізу вібрації, програмних і апаратних засобів діагностики, постановка діагнозу містить велику частку суб'єктивності, процес діагностики тривалий і трудомісткий.

Наявність викладених проблем змушує продовжувати дослідження, спрямовані на розробку таких методів віброакустичної діагностики, які б дозволили підвищити її об'єктивність і ефективність, автоматизувати процес вимірювання, обробки і постановки діагнозу. Цьому сприяє розвиток обчислювальної техніки, систем програмування та комп'ютерної математики, що відкривають широкі можливості для реалізації поставлених цілей.

Список використаних джерел

1. М.В. Красота, И.В. Шепеленко, А.А. Матвиенко, Аль Соодани Салем М. Муташаир. Исследование влияния загрязнений электромагнитных форсунок на параметры бензиновых двигателей/Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. , вип. 43, ч. II, - Кіровоград: КНТУ, 2013, с. 125-134.
2. Русов В. А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам. - Пермь, 2012. - 252 с.
3. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В. В. Клюева. Т. 7: В 2 кн. Кн. 2: Балицкий Ф. Я., Барков А. В., Баркова Н. А. и др. Вибродиагностика. - М.: Машиностроение, 2005. - 829 с.
4. Ширман А.Р., Соловьев А.Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. - Москва, 1996. - 276 с.
5. Генкин М.Д. Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика машин и механизмов. - М.: Машиностроение, 1987. - 288 с.
6. Костюков В. Н. Основы виброакустической диагностики машинного оборудования: Учебное пособие / В. Н. Костюков, А. П. Науменко, С. Н. Бойченко, Е. В. Тарасов; под ред. В. Н. Костюкова. - Омск : НПЦ «Динамика», 2007. — 286 с.
7. Герике Б.Л. Мониторинг и диагностика технического состояния машинных агрегатов: Учебное пособие: В 2 ч.: ч 2.

ДО ПИТАННЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗНИЩЕНОЇ АБО ПОШКОДЖЕНОЇ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ РОСІЙСЬКОЇ ФЕДЕРАЦІЇ З ТЕРИТОРІЇ СІЛЬГОСПУГІДЬ

¹**В.В. Аулін**, проф., д-р. техн. наук,

¹Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

²**О.Д. Деркач**, доц., канд. техн. наук,

²**Д.О. Макаренко**, доц., канд. техн. наук,

²**Є.С. Муранов**

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

Постановка проблеми З початку повномасштабного військового вторгнення російської армії в Україну (24 лютого 2022 року), власники сільгоспугідь, по території яких рухалися колони техніки або велися бойові дії, зіткнулися з проблемою транспортування або іншого виду утилізації підбитої військової техніки. Масштаби знищеної, підбитої або покинутої техніки на звільнених територіях вражають. Наприклад, станом на 25 березня кількість російської трофейної техніки тільки у вигляді танків в українських збройних силах склала 117 одиниць. У той же час Збройні Сили України втратили на ту ж дату підбитими або знищеними 74 танки. Таким чином танковий парк українських військ збільшився на 43 танки. Явище транспортування танків, легкої броньованої техніки, автомобілів стало настільки масштабним, що автори поставили метою роботи розробити спрощені рекомендації до так званого агрегування певного класу чи модельного ряду енергетичних засобів і виду броньованої техніки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сьогодні відомі різні конфігурації транспортних агрегатів «енергетичний засіб – транспортуємий засіб». Серед реалізованих найбільш популярні наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Популярні схеми транспортування броньованої техніки тракторами с.-г. призначення

№ з/п	Енергетичний засіб (трактор)	Транспортуємий засіб
1	МТЗ-82	МТ-ЛБ, БМП-1/2/3, БДМ
2	ХТЗ-150К	РСЗВ БМ-21, БТР-80
3	John Deere 8310/8335	Т-80Б, Т-72, БМ30 «Смерч»

Транспортування військової техніки відбувалося в різних агро- і дорожніх фонах: по дернистому ґрунті, по ґрунтовій дорозі, асфальті тощо.

Різні агрофони зумовлювали вибір різних тягачів на різних фонах для однакової техніки, що транспортувалася. Також режими транспортування підбиралися експериментальним шляхом. Іноді доводилось залучати по два енергетичні агрегати. Часто є випадки, коли транспортується техніка на гусеничному ході (рис.1).



Рис. 1. Транспортування зенітно-ракетного комплексу TOP трактором John Deere 8335R (фото з часопису The Telegraph).

Метою роботи є визначення раціональних режимів роботи трактора при транспортуванні певного виду воєнної техніки.

Методики досліджень. Відомо, що технічна характеристика тракторів, обумовлена найбільшим тяговим зусиллям, яке розвиває трактор на стерні колосових нормальної вологості та твердості при певному буксуванні [1]. Так, для гусеничних тракторів буксування повинно бути не більше 3%, колісних з формулою 4×4 – не більше 14%, а з формулою 4×2 – не більше 16%. Нераціональний режим роботи, який створюватиме інші види буксування буде супроводжуватися перевитратою пального, підвищеним зносом як двигуна, так і трансмісії та ходової системи тракторів. Тому для розрахунку раціональних режимів транспортування трактором воєнної техніки використовували методики [1 – 3], які досить повно відображають розв’язок поставленого завдання для досягнення мети роботи.

Потужність на тягу машини розраховуємо за формулою:

$$N_{\varepsilon} = \frac{P_d \cdot n \cdot r_k}{10 \cdot i_{\text{тр}} \cdot 0,98}$$

де P_d – дотична сила тяги на ободі ведучого колеса, кН;

n – оберти колінчастого вала двигуна, хв^{-1} ;

r_k – радіус ведучого колеса трактора, м;

$i_{\text{тр}}$ – передаточне число трансмісії трактора на обраній передачі.

Радіус ведучого колеса трактора з урахуванням усадки пневматичної шини:

$$r_k = r_0 + \lambda \cdot h,$$

де r_0 – радіус обода колеса, м;

λ – коефіцієнт усадки для пневматичних шин низького тиску, дорівнює 075...08;

h – висота пневматичної шини, яка дорівнює її ширині, м.

Виходячи із максимально допустимої робочої швидкості та допустимому буксуванні (приймаємо для колісних тракторів $\delta = 12...16\%$, а для гусеничних 4-8%) визначаємо передаточне число трансмісії:

$$i_{\text{тр}} = 0,377 \cdot \frac{n \cdot r_k}{v_p} \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right),$$

При достатньому зчепленні $n = n_n$. (Додаток 4 [2]).

Вихідні дані, наприклад, для трактора John Deere 8520 виносимо з [2] і наводимо в табл. 2

Таблиця 2 – Вихідні дані для розрахунку тягових показників тракторів

Модель трактора	Двигун (виробник)	Режим M_{max}		Режим N_{max}		Номінальний		
		k_M	k_n	k_N	k_{nN}	N_n , кВт	$n_n, \text{хв}^{-1}$	g_n , г/(кВт·год)
John Deere 8520	John Deere	1,507	0,591	1,142	0,910	335	2200	250

Наведемо розрахунок транспортного агрегату John Deere 8520 + САУ 2С7М «Малка». Згідно [2] дотична сила тяги:

$$P_d = R_m + P_f + P_\alpha$$

де R_m – тяговий опір агрегату, кН. $P_T = R_a$

P_f – опір коченню трактора в заданих умовах, кН;

P_α – опір руху трактора на місцевості з кутом похилу α .

При цьому дотична сила тяги на ободі ведучого колеса дорівнює тяговому зусиллю на обраній передачі, тобто $P_d = P_T$.

При рівномірному русі агрегату на місцевості з похилом $\pm i$ (%), тяговий опір машини, що транспортується, складе:

$$R_m = G_m \cdot \left(f_m + \frac{i}{100} \right),$$

де f_m - коефіцієнт опору кочення машини, значення приймаємо з даних [2].

G_m - вага машини, кН. Вага машини САУ 2С7М «Малка» становить 456,16 кН;

i – похил місцевості, %. Приймаємо 4% [1].

Опір коченню трактора в заданих умовах, кН:

$$P_f = f \cdot G;$$

де f - коефіцієнт опору коченню [2]. Приймаємо $f = 0,12$.

G - вага трактора, кН. Для трактора John Deere 8520 дорівнює 102,56 кН.

Опір руху трактора на місцевості з кутом похилу α :

$$P_\alpha = G \cdot \frac{i}{100}, \text{ кН.}$$

Коефіцієнт корисної дії двигуна:

$$\eta_T = \frac{N_T}{N_{ен}}$$

де N_T - тягова потужність трактора на обраній передачі, кВт;

$N_{ен}$ - максимальна потужність двигуна трактора, становить 335 кВт.

Тягова потужність трактора на обраній передачі:

$$N_T = \frac{P_T \cdot V_p}{3,6}, \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт завантаженості двигуна трактора:

$$\xi = \frac{N_\xi}{N_{ен}}$$

Результати досліджень. Для перевірки правильності завантаженості двигуна трактора коефіцієнт ξ повинен бути не менше 1,0 і не більше значення за технічною характеристикою трактора. Так, для трактора John Deere 8520 максимальний коефіцієнт завантаженості двигуна становить 1,142. Тобто, розрахунки вказують на перевантаження трактора на 9,8 %. Розраховано, що буксирування самохідної артилерійської установки САУ 2С7М «Малка» трактором John Deere 8520 по ріллі (культивация, злежана оранка тощо), двигун вказаного трактора перевантажений на 9,8 %. Тому для виконання вказаної операції по ріллі пропонуємо використовувати додатково трактор тягового класу 1.4. А при рухові по ґрунтовій дорозі трактор John Deere 8520 може здійснювати буксирування самостійно.

Проекція розрахунків на буксирувальний агрегат МТЗ-82 + БМП-3 показала, що при його роботі по ґрунтовій дорозі коефіцієнт завантаження двигуна складе 0,58, що задовольняє умовам транспортування.

Результати розрахунків наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Результати розрахунку тягово-економічних показників машинних агрегатів

Марка трактора і молель	Вага трактора, кН	Вага машини, кН	Потужність двигуна, кВт	Розмір шин	Радіус ведучого колеса, м	Дотична сила тяги, кН	Опір коченню трактора, кН	ККД двигуна	Опір машини	Швидкість руху, км/год.	Тягова потужність, кВт	Коефіцієнт завантаженості двигуна
Fendt 926 + БМ-21 «Град» (Урал)	80,94	134,4	180,5	620/70R42	0,85	40,9	12,14	0,75	25,5	12,0	136,3	0,98
Fendt 926 + 2Б26 «Град» (КамАЗ)	80,94	151,07	180,5	620/70R42	0,85	44,07	12,14	0,81	28,7	12,0	146,9	1,05
Massey Ferguson 8480 + БМ30 «Смерч»	88,7	428,7	183,7	650/85R38	0,82	61,1	6,2	0,92	51,4	10,0	169,7	1,02
John Deere 7720 + 9К515 «Горнадо-С»	90,0	137,34	105,81	650/65R42	0,87	26,38	6,3	0,69	16,5	10,0	73,3	0,76
John Deere 8220 + МТ-ЛБ	99,9	125,5	167,7	710/70R38	0,85	54,12	20	0,89	30,1	10,0	150,3	1,16
МТ3-82 + БМП-3	33,5	183,4	58,9	15,5R38	0,78	11,0	2,68	0,58	22,0	11,0	34,2	0,5
Fendt 936 + БТР-70	106,2	112,8	243	710/75R42	0,9	48,5	12,7	0,44	31,6	8,0	107,7	0,57
Fendt 936 + БТР-80	106,2	133,4	243	710/75R42	0,9	54,2	12,7	0,49	37,3	8,0	120,4	0,64
Fendt 936 + БТР-82	106,2	156,9	243	710/75R42	0,9	60,9	12,7	0,55	44,0	8,0	135,0	0,72
John Deere 8520 +2С7М «Малка»	102,56	456,16	335	800/70 R38	0,8	144,1	12,3	0,95	127,7	8,0	320,2	1,24
Challenger МТ 965В + Т72	127,7	402,0	381	800/70R38	0,9	155,3	32	0,9	112,6	8,0	345,1	1,17
Challenger МТ 965В + Т64	127,7	372,0	381	800/70R38	0,9	147	32	0,85	104,4	8,0	326,0	1,11
Challenger МТ 965В + Т90 (Т72Б3)	127,7	456,1	381	800/70R38	0,9	170,4	32	0,99	127,7	8,0	378,6	1,29
John Deere 8320 + 96К6 «Пандирь-С1»	145	294,3	238,6	480/80R50	0,88	71,9	10,1	0,83	56	10,0	199,7	1,04

В таблиця не наведено детальних режимів буксирування кожного агрегату, тому що напів- та автоматичні коробки передач, а також коробки передач з інтелектуальним управлінням забезпечать виконання даної операції.

Висновки. Отримані результати можуть слугувати рекомендаціями для швидкого визначення марки та/або моделі енергетичного засобу для буксирування того чи іншого спеціального (воєнного) обладнання по ґрунтових дорогах.

Список використаних джерел

1. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288 с.
2. Деркач О.Д. Методичні рекомендації до написання розрахунково-графічної роботи з дисципліни машиновикористання в рослинництві / О.Д. Деркач, П.М. Кухаренко, Н.О. Пономаренко, Д.О. Макаренко, Є.С. Муранов: Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, Дніпропетровськ, 2017. – 54 с.
3. Ільченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник В.П. та ін. Практикум з використання машин у рослинництві. – Дн-ськ: ДДАУ, 2002. – 212 с.
4. Замота Т.Н. Управление процессами приработки основных сопряжений деталей машин при изготовлении и ремонте: Монография // Т.Н. Замота, В.В. Аулин. – Кировоград: издатель Лысенко В.Ф.; 2015. – 303 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПЛАСТИКІВ НА ОСНОВІ ФЕНІЛОНУ С1

О.С. Кабат, доц., д-р техн. наук,

Д.О. Макаренко, доц., к.т.н.,

О.Д. Деркач, доц., к.т.н.,

Є.С. Муранов, асист.

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

Сучасне машинобудування відчуває гостру нестачу у спеціальних конструкційних матеріалах, які мають незначну собівартість та мають достатній рівень властивостей, ніж вже існуючі. Основне завдання створення та впровадження таких матеріалів у трибоспряження машин та механізмів – підвищення їх надійності та довговічності. Використання деталей з конструкційних пластиків має певні обмеження, що обгрунтовані їх невисокими, у порівнянні зі сталями, показниками міцності. Також працездатність полімерно-композитних матеріалів (ПКМ) залежить від режимів їх експлуатації (режимів тертя). Тому, у багатьох вузлах тертя надають перевагу у використанні саме металів та сплавів [1]. При цьому, завдяки високій хімічній та зносостійкості, невисокому рівню густини та за умови достатнього рівня фізико-механічних властивостей є перспективними широке різноманіття ПКМ [2-3]. Одним із таких матеріалів є фенілон С1 [4, 5]. Проте, існуюючи технології переробки мають досить високу собівартість одержання готових виробів. Тому, розробка нових або вдосконалення існуючих технологій отримання ПКМ при незначних затратах є актуальним завданням машинобудування та матеріалознавства.

В якості матриці ПКМ обрано фенілон С1. Наповнювач, діоксид кремнію (силікагель). Дослідження властивостей та характеристик виконували за стандартними методиками.

Встановлено, що введення силікагелю 30 мас. % у фенілон С1 призводить до підвищення напруження при межі текучості та модуля пружності при стисканні на 6,3 % і 13,3 % відповідно. Подальше збільшення концентрації наповнювача призводить до погіршення вказаних параметрів. Виявлено, що введення кремнеземів в фенілон С1 сприяє підвищенню стійкості отриманого ПКМ. Зокрема, температура початку активної деструкції при 30 % наповненні вихідної матриці досягає 375 °С, що на 25 °С перевищує показники відповідного матеріалу. Встановлено, що теплостійкість наповненого композиту збільшується на 11,6 % при зменшенні теплового лінійного розширення на 10–20 %, в залежності від вмісту наповнювача. Розширення температурного інтервалу переробки розробленого ПКМ спрощує технологію виготовлення деталей, і як результат, їх собівартість.

Список використаних джерел

1. Косторнов А.Г. Материаловедение дисперсных и пористых металлов и сплавов. – Киев.: Наукова книга, 2002. – 540 с.
2. Fengxia, D. The lubricity and reinforcement of carbon fibers in polyimide at high temperatures [Text] / D. Fengxia, H. Guoliang, C. Fengxiang and oth. // Tribology International. - 2016. - Vol 101. - P. 291-300
3. Kobets, A.S. Investigation friction and wear of constructional plastics based on aromatic polyamide [Text] / A.S. Kobets, O. D. Derkach, O. S. Kabat and oth. // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2020. - Vol. 15 (10) – P. 1189-1195
4. Burya, A. I. Influence of metal-containing carbon fibers on the properties of carbon-filled plastics based on aromatic polyamide / A. I. Burya, A. M. Safonova, I. V. Rula // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2012. – Vol. 85, N 4. – P. 943–949.
5. Tokar A., Kabat O., Chigvintseva O., Belošević S. Intermolecular Interactions in Complex Systems “Polyamide-Silica Gel”: The Quantum-Chemical Interpretation. In: Karabegović I. (eds) New Technologies, Development and Application IV. NT 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 233. Springer, Cham. P. 875-882.

ВПЛИВ КОНФІГУРАЦІЙ МІКРОНЕРІВНОСТЕЙ НА КОНТАКТНУ ТЕМПЕРАТУРУ ЗОНИ ТЕРТЯ РУХОМИХ ТРИБОСПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ З ПОЛІМЕРОКОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук,
С.В. Лисенко, доц., канд. техн. наук,
А.В. Гриньків, ст. викл., канд. техн. наук,
О.В. Кузик, доц., канд. техн. наук,
В.А. Побива, ст. гр. ТТ-21СЗ

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

На сьогодні відсутній єдиний погляд на природу процесу заїдання поверхонь трибоспряження деталей з полімерокомпозитних матеріалів (ПКМ). Це можна пояснити складністю протікання, а також труднощами пов'язаними з прямим експериментальним спостереженням за його виникненням і розвитком. Встановлено, що найбільш відповідальними чинниками, що впливають на процес заїдання спряження ПКМ є температура і навантаження. Разом з тим доцільні є виявлення впливу шорсткості на цей процес і величину температури в зоні контакту.

В даній роботі на основі рівняння теплопровідності й запропонованих різноманітних моделей фактичного контакту поверхонь тертя спряжень деталей з різними мікронерівностями робочої поверхні визначено температуру поверхонь деталей з ПКМ.

Оскільки фрикційний контакт в момент виникнення заїдання є дискретним, то при оцінці максимальної температури на мікронерівностях слід враховувати наступні складові:

$$T_{\max} = T_{cp} + \Delta T_{об} + \Delta T_n + \Delta T_m + \Theta_{cp}, \quad (1)$$

де T_{cp} – температура навколишнього середовища; $\Delta T_{об}$ – перевищення середньої об'ємної температури над T_{cp} ; ΔT_n – перевищення середньої поверхневої температури над середньою об'ємною температурою; ΔT_m – перевищення температури мікронерівності над середньою T_n ; Θ_{cp} – температурний спалах в зоні контакту внаслідок роботи сил тертя.

Експериментальні дослідження показують, що встановлення температури на поверхні одиначної мікронерівності як перед входом у контакт, так і в самому контакті технічно важко, тому теоретично розглянемо вплив різної конфігурації мікронерівності на величину вихідної поверхневої температури і температурного спалаху.

Нехай спряженні деталі I і II в процесі навантаження контактують на мікроплощинках d_{ϕ} й одночасно рухаються з різними швидкостями (рис. 1).

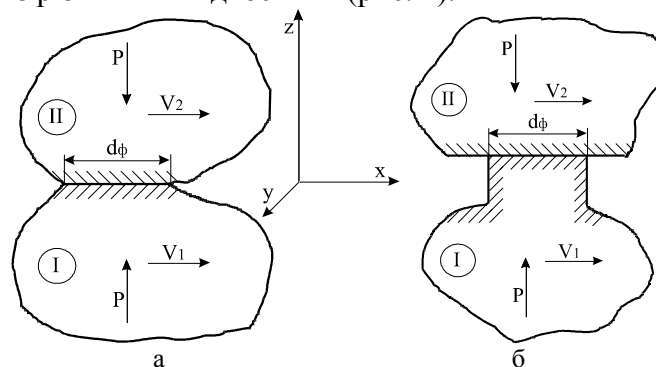


Рис. 1 – Моделі фактичного контакту спряжених деталей з різною конфігурацією мікронерівності

Вважаємо, що тривалість контакту зображених моделей деталей мала, величина точки

дотику невимірювально менше їх розмірів, глибина проникнення тепла за тривалість одного контакту також незначна, що часто зустрічається на практиці. Джерела теплової енергії в цих випадках можна розглядати як зосереджені і швидкодіючі.

При встановленні розходження у вихідних температурах перед наступним контактуванням нерівностей у спряжених деталях вважаємо, що загальні теплові джерела на мікронерівностях в обох випадках є однаковими і рівними. Після виходу з контакту нагріті спряженні поверхні ПКМ будуть охолоджуватися, але швидкість охолодження різна у цих двох випадках.

Випадок, рис.1,а, можна розглядати як теплову модель в якій, після одержання поверхнею контакту кількості тепла Q , охолодження точки відбувається з поверхні напівнескінченного тіла, а у іншому випадку, рис. 1,б, – при тій же кількості тепла на поверхні, процес охолодження можна розглядати таким, що відбувається в стрижні. Виходячи з рівняння теплопровідності, отримано вирази для цих випадків:

$$T_a(x, y, z, t) = \frac{Q}{4c\rho(\pi at)^{3/2}} \exp\left(-\frac{x^2 + y^2 + z^2}{4at}\right); \quad (2)$$

$$T_o(z, t) = \frac{Q}{2c\rho F(\pi at)^{1/2}} \exp\left(-\frac{z^2}{4at} - \frac{\alpha Lt}{c\rho F}\right), \quad (3)$$

де c – теплоємність матеріалу; ρ – густина; a – коефіцієнт температуропровідності; t – час; F – площа поперечного перерізу одиничного виступу; α – коефіцієнт тепловіддачі; L – периметр поперечного перерізу виступу

Для точок, розташованих на поверхні контакту, вирази (2) і (3) приймуть вигляд:

$$T_a(0, 0, 0, t) = \frac{Q}{4c\rho(\pi at)^{3/2}}; \quad (4)$$

$$T_o(0, t) = \frac{Q}{2c\rho F(\pi at)^{1/2}} \exp\left(-\frac{\alpha Lt}{c\rho F}\right). \quad (5)$$

Якщо знехтувати величиною тепловіддачі в навколишнє середовище в порівнянні з теплом, що йде в матеріал трибоспряження деталей, то з виразів (4) і (5) стає очевидним більш висока швидкість охолодження у випадку, зазначеному на рис. 1, а.

Визначено, що в процесі формування деталей з ПКМ, або їх модифікуванні, змінюючи технологічні параметри, керувати величиною шорсткості, то відповідно отримані вирази свідчать про те, що можна керувати швидкістю відводу теплової енергії із зони тертя.

Таким чином, збільшення розміру висоти мікронерівностей, кута її нахилу буде сприяти перевищенню вихідної температури поверхні шорсткості над середньою температурою робочої поверхні деталей, що вступає в контакт. Припрацювання поверхонь тертя, що сприяє зменшенню і вигладжуванню мікронерівностей, є позитивним чинником.

Список використаних джерел

1. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки. Дисертація д-ра техн. наук: 05.02.04, Хмельниц. нац. ун т. Хмельницький, 2015. 447 с.
2. Аулін, В. В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах : монографія / В. В. Аулін. - Кіровоград : ТОВ "КОД", 2014. - 369 с.
3. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія / Аулін В. В. [та ін.] ; за ред. проф. Ауліна В. В. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2016. - 303 с.

ТЕХНІЧНА ДІАГНОСТИКА ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ЯК ОСНОВА СТАНУ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ

А.В. Гриньків, *ст. викл., канд.техн. наук,*

В.В. Аулін, *проф., д-р техн. наук,*

А.О. Головатий, *асп.,*

О.М. Лівіцький, *канд. техн. наук,*

В.О. Дяченко, *асп.,*

Є.С. Галінський, *ст. гр. ТТ-21М,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

В умовах експлуатації транспортної машини (ТМ) у агропромисловому виробництві (АПВ) організація ремонтно-обслуговуючих робіт практично не відповідає технологічному змісту. Існуюча стратегія і планово-запобіжна система (ПЗС) технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) ТМ у АПВ не дає можливість забезпечити належний рівень інформації щодо проведення процесу управління їх технічним станом. Для підвищення ефективності процесу експлуатації ТМ, весь масив отриманої інформації бажано представити з точки зору кіберфізичного підходу і структурувати по напрямкам її отримання: безвідмовність, термін служби, ремонтпридатність, ефективність експлуатації.

Важливим є інформаційне забезпечення етапів експлуатаційного циклу вузлів, систем і агрегатів ТМ: засоби і способи збору, накопичення, обробки і використання даних про процеси експлуатації; результати аналізу відмов і дефектів; дані про зміну документації; порушення стабільності виробництва; зриви термінів і інші чинники відхилень від запланованого ходу розробки і застосування техніки; дані по заходам попередження, контролю і захисту від наслідків відхилень від працездатного стану.

При аналізі технічного стану ТМ виявляється сутність, закономірності, тенденції, причини процесів деградації на основі моніторингу технічного стану, коректування, управління та прийняття рішень щодо прогнозування та планування. Виявлення і збір інформації в спостереженнях за технічним станом машин являє собою моніторинг технічного стану. Виявлення виду технічного стану елементів (вузлів, систем, агрегатів) ТМ здійснюється на основі отримання вчасної та в достатньо достовірної діагностичної інформації.

Отримання інформації про технічний стан ТМ під час експлуатації, ТО і Р, на основі технічної діагностики у сучасних ТМ має логічне подовження за рахунок автоматизованих систем контролю та бортових електронних засобів. Засоби діагностики за допомогою штатних електронних модулів дозволяють контролювати діагностичні параметри вузлів, систем і агрегатів ТМ і здійснювати кіберфізичне управління.

Забезпечення надійності вузлів деталей, систем і агрегатів машин в експлуатації потребує розробки підходу до отримання якісної інформації на основі прийнятної системи управління їх технічним станом. Вирішується дане питання застосуванням технічного діагностування, стратегією технічного сервісу та системою ТО і Р щоб забезпечити належний рівень показників надійності при системно-спрямованому аналізі інформаційного забезпечення на основі управління технічним станом. В свою чергу, моніторинг технічного стану машин включає інформацію про технічний стан вузлів, систем і агрегатів, оцінку наявного рівня надійності, прийнятих стратегічних рішень конструктором та виробником, а також забезпечення працездатного стану експлуатаційником на основі виконання машиною технологічних операцій системи технічного сервісу.

Перехід до планування ремонту і обслуговування об'єктів, як кіберфізичної системи, на основі результатів діагностування їх технічного стану передбачає виконання діагностичних перевірок не тільки перед виконанням ТО, але і в проміжках між проведенням

планового ТО. Діагностування має стати засобом моніторингу технічного стану кожного об'єкта: елементів машини, окремої машини, модулів і парку машин в цілому. Для цього потрібні методи і засоби, які дають можливість прогнозувати зміну технічного стану ТМ, запобігати їх поломки, при необхідності коректувати періодичність ТО і Р, збільшувати час роботи машини за допомогою ремонтів у сприятливий момент з урахуванням залишкового ресурсу їх елементів.

Технічне діагностування як самостійний технічний вплив дозволяє вирішити наступні завдання: перевірка справності елементів машини; пошук дефектів і несправностей; визначення обсягу робіт при ТО або ПР машини; отримання інформації для прогнозування технічного стану вузлів, систем, агрегатів і ТМ в цілому.

Сучасні ТМ представляють собою складні динамічні системи, що мають велику кількість елементів з різними принципами дії, режимами роботи, процедурами обслуговування та умовами експлуатації. Однак є багато ТМ, на яких проблематичними є установка будь-яких датчиків фіксування певних параметрів і організація передачі діагностичної інформації. Все це свідчить про обмеженість вихідної бази системи діагностування і призводить до зниження рівня достовірності прийнятих рішень про актуальні і прогнозні технічні стани ТМ.

Машина як об'єкт моніторингу має певну структуру у вигляді комплексу спільно працюючих деталей та їх спряжень, що характеризуються значенням певних параметрів. Для визначення технічного стану придатні ті параметри її елементів, які можуть бути виміряні без розбирання машин, тобто діагностично симптоматичні.

В якості діагностично симптоматичних можуть служити параметри:

- вихідні або функціональні (потужність двигуна, подача насоса, витрати палива чи електроенергії і т.п.);
- герметичності спряжень деталей (максимальний тиск, що створюється гідронасосом, кількість газів, які прориваються в картер, угар оливи і т.п.);
- робочих процесів (температура води і оливи, ступінь стиснення робочої суміші в двигуні і т.п.);
- супутні процеси (шум вібрація, зміна концентрації продуктів зносу в оливі, склад вихлопних газів, нагрівання підшипників і т.п.).

До діагностичних параметрів, як до носіїв інформації про технічний стан об'єкта спостереження, пред'являються вимоги: однозначності, чутливості, стабільності, інформативності, а також швидкості, вартості і точності діагностування.

Сформульовані наступні вимоги для підбору діагностичних параметрів:

- контрольовані діагностичні параметри повинні мати однозначний кількісний взаємозв'язок з первинними параметрами технічного стану;
- вимірювання діагностичних параметрів повинне забезпечуватися по можливості простими, портативними технічними засобами, що не вимагають спеціальної кваліфікації персоналу;
- технічні засоби діагностики повинні бути метрологічно атестовані, коли це необхідно;
- діапазон зміни контрольованих діагностичних параметрів в процесі роботи механізму від стану "добре" до стану "неприпустимо" повинен бути достатньо великим для своєчасного виявлення дефектів, що зароджуються і достовірного прогнозування залишкового ресурсу механізмів;
- вартість виконання робіт по контролю вторинних діагностичних параметрів і час їх виконання повинна бути істотно нижчою, ніж при ревізії механізмів;
- достовірність контролю по вторинних діагностичних параметрах повинна не бути нижчою 80%;
- діагностичні параметри контролю повинні бути по можливості універсальними для діагностики однакових дефектів однотипних ТМ або їх вузлів, систем і агрегатів.

Виходячи з цього, вибір діагностичних параметрів та їх контроль є важливим

фактором, який враховується під час кіберфізичного управління технічним станом ТМ в експлуатації.

Показано, що у процесі експлуатації технічний стан елементів ТМ та модулів парку машин підприємства змінюється з певною швидкістю, що залежить як від внутрішніх факторів, обумовлених специфікою конструктивних та технологічних характеристик ТМ, так і зовнішніх факторів, залежних від умов експлуатації, а також методу вибору модулів парку машин та принципів побудови системи ТО і Р.

Наведено перелік ресурсовизначальних елементів ТМ, що експлуатуються у жорстких умовах АПВ, розглядають у вигляді формування інформаційної системи баз даних та визначення кількості статистичної інформативності. Дане представлення можливе за рахунок інтерпретації та апроксимації закономірностей зміни величин діагностичних параметрів, що визначають технічний стан елементів ТМ та модулів парку машин.

Формуються необхідні дані аналізу діагностичної інформації і складається перелік елементів ТМ, що підлягають дослідженню під час експлуатації, а до їх переліку додаються вихідні значення пробігу або напрацювання.

Апріорну інформацію та вихідні дані зводять у таблицю технічного стану ТМ, на основі якої проводять подальші розрахунки критерію статистичної інформативності і аналіз інформативності про технічний стан їх елементів.

Визначені критерії вибору методів отримання діагностичної інформації під час експлуатації та розроблено відповідний алгоритм (рис. 1) для прогнозування технічного стану елементів ТМ та модулів парку машин підприємств АПВ.

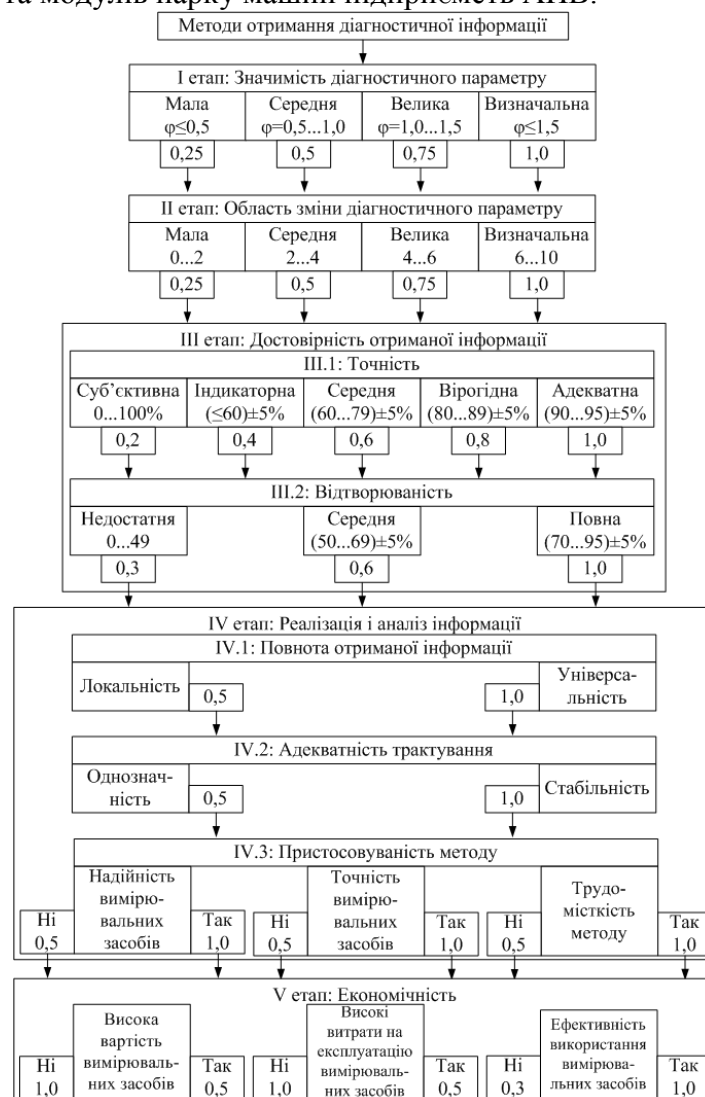


Рисунок 1 – Алгоритм та критерії вибору методів отримання діагностичної інформації про стан елементів та модулів парку ТМ на підприємствах АПВ

Згідно розробленого алгоритму на першому етапі оцінюють значимість діагностичного параметру технічного стану елемента.

Другий етап забезпечує визначення області зміни діагностичних параметрів на основі методів отримання інформації в системі управління технічним станом елементів (систем, агрегатів) ТМ. При цьому доцільним є використання діагностичних методів з параметрами значної області зміни. Діапазон зміни діагностичного параметру, а відповідно і технічного стану елемента, має можливість поділу на 10 визначених інтервалів з адекватним

Третій етап отримання діагностичної інформації полягає у відборі методів за двома факторами, за якими оцінюють достовірність, тобто точність та відтворюваність отриманих даних. Рівні точності прийнято визначати за рівнями інформаційного забезпечення (ІЗ), управління технічним станом елементів ТМ та порядком отримання інформації. Відтворюваність значень діагностичних параметрів оцінюється за трьома класами: низька, середня та повна.

На четвертому етапі розглядаються діагностичні методи, що пройшли попередній відбір, які характеризуються вибором за трьома напрямками:

- повнота отриманої інформації, достатність даних для аналізу та щільність інформації;
- адекватність трактування (однозначність та стабільність похибки отриманих значень діагностичної інформації);
- пристосованість методу (конструктивна, технологічна та експлуатаційна пристосованість).

На п'ятому етапі визначаються економічні чинники доцільності використання конкретних методів ІЗ елементів і модулів парку ТМ. Найсуттєвішими з них є вартість, витрати на експлуатацію та ефективність застосування контрольних-діагностичних засобів, приладів і обладнання в процесі отримання діагностичної інформації про технічний стан вузлів, систем і агрегатів ТМ.

Розвиток методів та засобів діагностування вузлів, систем і агрегатів ТМ, на сьогоднішній день, дає можливість реалізувати комплексний підхід визначення технічного стану на постійній основі. При цьому, враховуючи велику кількість даних про технічний стан, нестандартизованість, відмінність їх по глибині виявлення, можливість вирішення питання отримання достовірної та достатньої інформації, потребує виконання певної систематизації методів її отримання, обробки та використання. Встановлення зміни стану за діагностичними параметрами на основі постійного або періодичного контролю дозволяє достовірно з певною визначеною ймовірністю фіксувати їх сукупність. Діагностична інформація являє собою масив даних, різних за важливістю, одиницями виміру, величиною. Це створює певні труднощі при обробці та співставленні, вирішення яких покладається на експертні системи або спеціально розроблені автоматизовані алгоритми виконання пошукових та реагуючих дій.

Запропонована методика свідчить, що базуючись на підході, що дає можливість використовувати методи теорії інформації, в результаті можливо зменшити кількість досліджуваних елементів та діагностичних параметрів ТМ, не зменшуючи достовірності значень отриманого критерію статистичної інформативності, з максимальною інформацією про їх технічний стан.

Таким чином, розроблено методику визначення інформативної значимості про ресурсовизначальні елементи транспортних машин та її реалізацію у вигляді алгоритму послідовності виконання операцій на основі ентропії об'єкта управління технічним станом. Розроблено алгоритм та визначені критерії вибору методів отримання діагностичної інформації під час експлуатації для прогнозного визначення технічного стану елементів та модулів транспортних машин підприємства. Алгоритм містить п'ять етапів реалізації з використанням конкретних рівнів критеріїв та діагностичних методів. Запропоновано методику і побудовано алгоритм визначення інформативності діагностичних параметрів на основі інформаційної ентропії та критерію статистичної інформативності, які дають

можливість їх використання в процесі прогнозування поточного технічного стану елементів і модулів транспортних машин на підприємстві та на цій основі розроблення стратегії та системи ТО і Р.

Список використаних джерел

1. Слободянюк М.Е. Развитие теоретических основ повышения эффективности эксплуатации средств транспорта в сложных производственных системах: дис. ... д-р техн. наук: 05.22.20 / Держ. у-т інфраст. та техн. Київ, 2020 – 378 с.
2. Dombi J. Fuzzy time series models using pliant-and asymptotically pliant arithmetic-based inference / J. Dombi, T. Jónás, Z.E. Toth // *Neural Processing Letters*. – 2020. – Vol. 52(1). – P. 21-55.
3. Diebold F. Comparing predictive accuracy / F. Diebold, R. Mariano // *Journal of Business and Economic Statistics*. – 2002. – № 13. – P. 253-263
4. Gabitov I. Examination of the system of continuous diagnosis and forecasting of mechanical condition of tractors and other farm machinery / I. Gabitov, S. Insafuddinov, Y. Ivanov, N. Yunusbaev, F. Abdrazakov, T. Farhutdinov // *Journal of Applied Engineering Science*. – 2020. Vol. 18(1). – С. 70-80.
5. Сорокін С.П. Обґрунтування параметрів пневмотестера для контролю технічного стану циліндро-поршневої групи двигуна / С.П. Сорокін, О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, В.С. Каденко, О.В. Блезнюк, Д. Зозуля // Науковий журнал "Технічний сервіс агропромислового лісового та транспортного комплексів". – 2019. – № 15. – С. 49-59.
6. Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения: ГОСТ 18322-78. – М.: Издательство стандартов. – 1991. – 15 с.
7. Dobromirov V. Systematizing the factors that determine ways of developing the vehicle maintenance system and providing vehicle safety / V. Dobromirov, V. Verkhorubov, I. Chernyaev // *Transportation research procedia*. – 2018. – Vol. 36. – P. 114-121.
8. Сахно В.П. Експлуатаційні властивості автотранспортних засобів. В 3 частинах. Плавність ходу та прохідність автотранспортних засобів / В.П. Сахно. – Донецьк: Ноулідж. 2014. – Ч2. – 354 с.
9. Біліченко В.В. Передумови обґрунтування стратегічного розвитку виробничих систем автомобільного транспорту в Україні / В.В. Біліченко // *Вісник Житомирського державного технологічного університету*. Серія: Технічні науки. – 2014. – № 2. – С. 33-43.
10. Аулін В.В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удосконалення стратегії технічного обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки / В.В. Аулін, А.В. Гриньків // *Збірник наукових праць КНТУ: Техніка в сільськогосподарстві, виробництві, галузеве машинобудування*. – 2015. – №28. – С 126-131.
11. Полянський А.С. Оценка, нормирование и обеспечение надежности автотранспортных двигателей / А.С. Полянський, А.П. Строков, Б.И. Кальченко // *Вісник ХНАДУ*. – 2005. – С. 86-95.
12. Tulenov A. Main models of optimizing indicators of reliability of motor vehicles / A. Tulenov, S. Pernebekov, A. Dzhunusbekov, D. Tortbayeva, K. Manzhlua // *In industrial technologies and engineering*. ICITE-2018. – P. 216-219.
13. Лудченко А.А. Усовершенствование методов расчета производственной мощности предприятий автотранспорта для формирования условий повышения лояльности потребителей к услугам автосервиса / А.А. Лудченко, Я.А. Лудченко, Д.С. Примак // *Вісник Національного транспортного університету*. – 2014. – Вип. 29. – № 2. – С. 51-59.
14. Dąbrowski Z. Diagnostics of Internal Combustion Engine Mechanical Faults Masked by Adaptive Control Systems / Z. Dąbrowski, H. Madej // *In Engineering Asset Management and Infrastructure Sustainability*. – 2012. – P. 143-154.
15. Говорущенко Н.Я. Системотехника автомобильного транспорта (расчётные методы исследования): Монография / Н.Я. Говорущенко. – Харьков, ХНАДУ. – 2011. – 280с.
16. Аулін В.В. Теоретико-фізичний підхід до діагностичної інформації про технічний стан агрегатів мобільної сільськогосподарської техніки / В.В. Аулін, А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, Д.В. Голуб, О.Д. Мартиненко // *Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка*. – 2015. – № 158. – С. 252-262.
17. Siegel J. Vehicular engine oil service life characterization using on-board diagnostic (OBD) sensor data / J. Siegel, R. Bhattacharyya, A. Deshpande, S. Sarma // *In SENSORS*. 2014 IEEE. 2-5 Nov. 2014. – Valencia, Spain.
18. Аулін В.В. Стан проблеми підвищення ефективності технічного сервісу СГТ в нових умовах господарювання. Конструювання, виробництво та експлуатація с/г машин / В.В. Аулін, О.М. Лівіцький, О.Ю. Жулай // *Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник*. Кіровоград: КНТУ. – 2007. – Вип. 37. – С. 158-162.
19. Аулін В.В. Прогнозування довговічності СГТ на основі ресурсної механіки / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.М. Лівіцький, В.М. Лисенко // *Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету*. Серія: Технічні науки. Луганськ: ЛНАУ. – 2007. – №76(99). – С 19-23.

ВПЛИВ МОДИФІКУВАННЯ МОТОРНОЇ ТА ТРАНСМІСІЙНОЇ ОЛИВ КОМПОЗИЦІЙНИМИ ДОБАВКАМИ НА ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

С.В. Лисенко, доц., канд.техн. наук,
В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук,
А.С. Чернай, здоб.,
Д.В. Голуб, доц., канд. техн. наук,
І.П. Лукашук, ст. гр. ТТ-21М

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Розв'язання проблеми підвищення довговічності вузлів, деталей, систем та агрегатів транспортних машин (ТМ) полягає у подовженні ресурсу спряжень деталей, терміну служби робочої оливи та її властивостей і фізико-хімічних показників. Особливо на увагу заслуговує експлуатація ТМ в жорстких нестационарних умовах та в режимі "пуск-зупинка", запиленості, великих навантажень і малих швидкостей руху, рух по дорогах складного профілю. Зазначені умови і режими експлуатації ТМ приводять до інтенсивного спрацювання спряжених деталей та погіршенню показників її властивостей моторної та трансмісійної оливи. Це обумовлює зменшення терміну їх використання, збільшення частоти заміни і різного виду витрат, передусім на їх закупівлю та запасні частини. Практичний досвід свідчить, що реалізація запланованого ресурсу силових агрегатів ТМ, можлива тільки при використанні якісних мастильних матеріалів, які в повній мірі відповідають їх конструктивним особливостям та умовам експлуатації.

Практично всі ТМ працюють у нестационарному безперервному режимі та режимі "пуск-зупинка". Для них характерним є знакозмінне циклічне навантаження на спряженнях деталей та інтенсивне їх зношування. Зазначені умови експлуатації ТМ приводять до того що, ресурс їх силових агрегатів складає 26...47% від запланованої, а знос деталей збільшується у 2,0...5,0 разів у порівнянні з використанням ТМ в звичайних умовах експлуатації. Спостерігається одночасна дія різних видів процесів тертя та зношування деталей, співвідношення яких залежать від типу конструкції спряжень, якості мастильних матеріалів та характеру силового навантаження. Що стосується процесів зношування, то їх швидкість визначається режимом мащення та напрацюванням. Щоб запобігти втратам працездатності силових агрегатів ТМ, необхідно знати закономірності розвитку та деградації процесів і станів матеріалів деталей.

Використанням високоякісних моторних і трансмісійних оливи та додаванням композиційних добавок на основі геомодифікатору можливо полегшити умови роботи спряжень деталей силових агрегатів. В результаті поліпшення якості робочих оливи можливо подовжити в 1,5 рази ресурс силових агрегатів ТМ. Це відбувається без істотної зміни конструкції.

В основу фрикційних геомодифікаторів, як добавок до робочих оливи, покладено групу мінералів, які мають аналогічний хімічний склад. При цьому магній може бути замінено залізом та нікелем, а серпентинова порода включала в себе декілька видів серпентину, магнетитових та хромових включень й варіацію хімічних елементів. Різноманітні композиційні присадки на основі геомодифікаторів розглянуті в роботах, в яких дано рекомендації щодо їх ефективного використання при розробці триботехнологій відновлення.

В роботі використано композиційну присадку на основі геомодифікатора КГМТ-1. Основними компонентами присадки є наступні: геомодифікатор КГМТ-1, що представляє собою дисперсійний порошок глини з Катеринівського родовища Кіровоградської області; олеат натрію; сульфат міді; люминофор ТАТ 33. Кожен з компонентів відіграє значну роль

підчас тертя. КГМТ-1 дає можливість активувати робочу поверхню металевих зразків та формувати на робочих поверхнях деталей керамічне покриття, а також спостерігається армування своїми частинками гелеву складову, яка може створюватись з олеату натрію в поверхневому шарі. Також його частинки частково відкладаються на поверхнях металевих деталей і слугують твердим змащенням в граничних режимах тертя. Люмінофор ТАТ 33 дає можливість зменшити утворення задири підчас активації КГМТ-1. Кількість кожного елемента складу композиційної присадки підбирали експериментальним шляхом.

Попереднім підбором складових композиційної присадки в лабораторних умовах встановлено: базова олива 50 мл; КГМТ-1 (1500...3000 мг); олеат натрію (500...2000 мг); сульфат міді (500...2000 мг); люмінофор ТАТ 33 (500...2000 мг).

Зазначимо, що при виконанні технічного обслуговування в моторну оливу додавали композиційну присадку на основі геомодифікатора КГМТ-1 концентрацією 70 г/л моторної оливи і композиція заповнює систему змащення силового агрегату ТМ. Оскільки при роботі трансмісії збільшуються контактні навантаження, що обумовлено конструктивними характеристиками зубчастого спряження, то було прийнято рішення, для трансмісійної оливи використати присадку в 2 рази більшої концентрації, тобто 140 г/л, але склад і співвідношення між компонентами залишали аналогічними моторній оливі.

Експериментальними дослідженнями отримані рівняння, які характеризують зміну кінематичної в'язкості базової та модифікованої присадкою моторних оливи.

Визначено, що кінематична в'язкість свіжої моторної оливи досягає свого граничного значення на 250 мото-год, а при модифікуванні присадками Roil Gold і КГМТ-1 – 290 і 310 мото-год.

Якість оливи і термін її заміни при експлуатації ТМ можна визначити використовуючи залежність діелектричної проникності ϵ моторної оливи від концентрації заліза СFe. Теоретично обґрунтовано, що одним із ефективних способів підвищення якості моторної оливи і збільшення терміну її заміни є модифікування її присадками. Разом з тим недостатньо досліджено вплив різного типу присадок на термін заміни моторної оливи при роботі ТМ в нестационарних умовах експлуатації. В даній роботі моторну оливу модифікували додаванням присадок Roil Gold та КГМТ-1 з оптимальними концентраціями. В свіжу моторну оливу добавляли Roil Gold в співвідношенні: 72 мл добавки на 1000 мл оливи, а в свіжу трансмісійну оливу – 25 мл на 1000 мл оливи.

Діагностуючи робочу оливу силових агрегатів ТМ за діелектричною проникністю з великою достовірністю можна стверджувати про її фактичний стан і термін напрацювання. Виявлено, що із додаванням зменшується присадок діелектрична проникність: Roil Gold – на 2,2...3,5 %, КГМТ-1 – 3,7...5,6% у порівнянні з базовою свіжою оливою. Як бачимо, ступінь зменшення діелектричної проникності залежить від типу присадки, доданої в оливу.

Зменшення зносу поверхонь спряжень деталей, визначається зменшенням наявності заліза в оливі і відповідно спостерігається збільшення терміну заміни моторної оливи. Експериментальними дослідженнями доведено, що найбільш сприйнятливими в цій залежності є композиційна присадка на основі геомодифікатора КГМТ-1.

Експлуатаційні випробування проведені у ПАТ "Кіровоградграніт", СТОВ "Хутірське", ТОВ "Агрофірма Колос" показали покращення фізико-хімічних показників та властивостей моторної і трансмісійної оливи, модифікованих присадкою КГМТ-1, а також подовженням терміну їх використання.

Ресурсна оцінка ТМ проводилась при експлуатаційних випробуваннях в досліджуваних підприємствах. Порівняння середньомісячних напрацювань ТМ показало, що при їх експлуатації на базовій оливі воно становить 101 мото-годину, а з використанням оливи, модифікованої КГМТ-1, – 132 мото-годин, що на 30 % вище.

Дані міжремонтного ресурсу досліджуваних дизелів, що працювали на базовій свіжій оливі М-10Г₂к і модифікованій присадками Roil Gold і КГМТ-1.

При цьому середнє напрацювання на оливі М-10Г₂ склало 7530 мото-год, середнє квадратичне відхилення – 283 мото-год, на оливі модифікованій присадкою Roil Gold –

відповідно 8716 і 2252 мото-год, на оливі модифікованій КГМТ-1 – відповідно 9250 і 249 мото-год. За рахунок дії присадки Roil Gold міжремонтний ресурс силового агрегату ТМ збільшується на 16%, а при модифікуванні оливи композиційною присадкою на основі геомодифікатора КГМТ-1 – на 23%. Дані взяті у порівнянні зі немодифікованою свіжою робочою оливою.

Результати досліджень дали можливість оцінити ступінь якості та прийнятий термін заміни оливи в силових агрегатах ТМ за результатами діагностики з урахуванням нестаціонарності умов експлуатації, індивідуальних особливостей кожного дизеля, їх технічного стану та фірми виробника.

Таким чином, за результатами експлуатаційних досліджень отримано рівняння регресії кінетичної в'язкості композиційної оливи від напрацювання при оптимальному вмісті присадок RoilGold і КГМТ-1, залежність діелектричної проникності від концентрації заліза в моторній оливі та від напрацювання силового агрегату ТМ. В досліджуваних господарствах АПВ зафіксовано підвищення експлуатаційної надійності ТМ при додаванні в робочу оливу силових агрегатів композиційної добавки на основі геомодифікатора КГМТ-1. Проведено коректування термінів технічного обслуговування ТМ та термінів заміни моторної оливи, використовуючи дані експлуатаційних досліджень її властивостей та характеристик.

Список використаних джерел

1. Bzura P. Influence of Lubricating Oil Improvers on Performance of Crankshaft Seals / P. Bzura // Polish Maritime Research, 2018. – 25 (s1). – pp. 172-177.
2. Григоров А.Б. Браковочные показатели моторных масел и диэлектрическая проницаемость / А.Б. Григоров, И.С. Наглюк, П.В. Карножицкий // Транспорт, екологія – стійкий розвиток: матеріали XIV міжнар. наук.-техн. конф., 8–10 травня 2008р. – Варна: Вид-во техн. ун-та, 2008. – С. 362-369.
3. Al-Quraan T.M.A. Influence evaluation of the RVS friction geomodifier on tribotechnical parameters of the contact in non-stationary working conditions / T.M.A. Al-Quraan // Tribology in Industry, 2020. – 42 (1). – pp. 121-130.
4. Аулін В.В. Підвищення експлуатаційної надійності МСГТ на основі діагностичної інформації про технічний стан силового агрегату / В.В. Аулін, О.Ю. Жулай // Підвищення надійності машин і обладнання: всеукраїнська конференція, 19 квітня 2007 р. Кіровоград: КНТУ. – С. 86-87.
5. Yuansheng J. Superlubricity of in situ generated protective layer on worn metal surfaces in presence of Mg6Si4O10(OH)8 / J. Yuansheng, L. Shenghua // Superlubricity, 2007. – pp. 445-469.
6. Peng D.-X. Wear Behavior of Ceramic Powder and Solid Lubricant Cladding on Carbon Steel Surface / D.-X. Peng, Y. Kang // Tribology Transactions, 2017. – 58 (1). – pp. 177-185.
7. Джус Р.Н. Реологические особенности автомобильных трибосистем при применении ревитализантов / Р.Н. Джус // Автомобильный транспорт: Сб. науч. трудов. 2004. – Вып. 14. – С. 52-55.
8. Аулін В.В. Зміна фізико-хімічних показників моторної оливи дизелів автосамоскидів в процесі експлуатації / В.В. Аулін, В.В. Слонь, О.В. Кузик // Зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація, 2012. – вип. 25., ч.1. – С. 98-103.
9. Аулін В.В. Підвищення експлуатаційної надійності машин шляхом модифікування моторної оливи / В.В. Аулін, С.В. Лисенко, О.В. Кузик // Вісник Харківського нац. техн. університету сільськ. господарства. Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва. 2010. – Вип. 100. – С. 127-133.
10. Аулін В.В. Експрес-оцінка впливу моторних оливи і присадок до них на характеристики зносу робочих поверхонь деталей двигунів вантажних автомобілів / В.В. Аулін, В.В. Слонь, С.В. Лисенко // Вісник інженерної академії України. 2013. – №2. – С. 166-170.
11. Аулін В.В. Повышение эксплуатационной износостойкости деталей машин их триботехническим восстановлением и управлением процессами приработки / В.В. Аулин, Т.Н. Замота, С.В. Лысенко // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2016. – Vol. 18. – № 2. – P.89-96.
12. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія / Аулін В. В. [та ін.] ; за ред. проф. Ауліна В. В. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2016. - 303 с.
13. Замота Т.Н. Управление процессами приработки основных сопряжений деталей машин при изготовлении и ремонте: Монография // Т.Н. Замота, В.В. Аулин. – Кіровоград: издатель Лысенко В.Ф.; 2015. – 303 с.

ЕЛЕМЕНТНО-МОДУЛЬНИЙ МЕТОД СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

А.В. Гриньків, *ст. викл., канд.техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна*

В роботі запропоновано елементно-модульний метод системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) транспортних машин, який базується на характерних інтервалах зміни діагностичних параметрів, що визначають технічний стан їх вузлів, систем та агрегатів як елементів. Теоретично обґрунтовані зміни діагностичних параметрів з урахуванням ступеню відновлення технічного стану систем і агрегатів за операціями технічного сервісу. Розглянуто граничний ресурс елементів транспортної машини та закон розподілу цього показника. Доведено з економічної точки зору доцільність відновлення технічного стану елементів транспортних машин запропонованою системою технічного сервісу. Запропоновано критерій економічної доцільності застосування технічних дій по відновленню технічного стану транспортної машини. Показано, що за даним критерієм можливо оцінити собівартість виконання технічних дій покращення технічного стану транспортної машини і парку машин в цілому. Запропоновано і критерій ефективності технічної дії по поліпшенню технічного стану елемента транспортних машин та коефіцієнт раціонального використання ресурсу з можливими ситуаціями.

Зазначені положення передбачають наступні технічні впливи: ТО в період обкатки; щоденне обслуговування (ЩО); перше технічне обслуговування (ТО-1); друге технічне обслуговування (ТО-2); третє технічне обслуговування (ТО-3); сезонне технічне обслуговування (СТО); поточний ремонт (ПР); капітальний ремонт (КР); технічне обслуговування під час консервації ТМ; технічне обслуговування та ремонт ТМ на лінії.

Якщо періодичність обслуговування ТМ відрізняється від періодичності, визначеної документацією заводу-виробника, то враховують коефіцієнт корегування, запропонований і розроблений заводом виробником, а сезонне обслуговування виконується для підготовки об'єкта до використання в осінньо-зимових чи весняно-літніх умовах. Це здійснюється двічі на рік – весною та восени.

Періодичність ТО, може бути зменшена власником ТМ до 23% у залежності від умов експлуатації. За таких умов, ремонт – комплекс операцій щодо відновлення справності або працездатності ТМ. Для реалізації поточного ремонту (ПР) можливе застосування знеособленого або комбінованого методів. Знеособленість ремонту ТМ полягає у швидкій заміні несправного вузла, системи або їх агрегати, які ремонтують, справним новим чи заздалегідь відремонтованим з іншої ТМ, тобто зводиться лише до демонтажно-монтажних операцій. Не знеособленість не допускає таку заміну і ТМ очікує на повернення з ремонту системи або агрегату. Комбінований методу ПР полягає в тому, що для тимчасового швидкого відновлення працездатності ТМ несправні вузли, системи і агрегати замінюють "чужими". Оскільки на відновлення "своїх" деталей для ТМ потрібен тривалий час через значну трудомісткість або ж відсутність запасних частин. Після того, як ці системи і агрегати відновленні, вони встановлюються на "свої" ТМ.

Розв'язанню проблеми підвищення експлуатаційної надійності ТМ розробкою ефективної системи їх технічного сервісу присвячено багато робіт вітчизняних і зарубіжних вчених, таких як Авдонькін Ф.М., Аулін В.В., Барзилович С.Ю., Барлоу Р., Бідняк М.Н., Біліченко В.В., Волков В.П., Варфоломеев В.М., Говорущенко М.Я., Кузнецов Є.С., Міхлін В.М., Полянський О.С., Сараєв А.В., та ін. Однією з основних умов досягнення відповідного рівня надійності вони розглядали оптимальну експлуатацію. Теоретичним питанням удосконалення управління технічним станом ТМ є вибір прогресивних технічних напрямів і

систем забезпечення їх експлуатаційної надійності створенням системи технічного сервісу. Оскільки система ТО і Р на певному етапі розвитку формується на основі досягнутого наукового рівня теоретичних і експериментальних досліджень, то вона періодично повинна уточнюватися і вдосконалюватися.

Стратегія системи ТО і Р свідчить, що вона повинна бути адаптивною та елементно-модульною, тобто враховувати технічний стан структурних елементів вузлів, систем і агрегатів ТМ і бути спрямованою на реалізацію певних технічних дій кожного модуля парку машин.

Управління технічним станом елементів ТМ і модулів парку машин підприємств орієнтовано перш за все, на оперативний контроль ресурсовизначальних діагностичних параметрів технічних систем та їх підсистем, спеціальні режими адаптації на початковому етапі експлуатації, коли експлуатаційні відмови практично відсутні. Виявляються і враховуються особливості впливу режимів роботи ТМ і зовнішніх умов на діагностичну інформацію про їх технічний стан. Отримана інформація у вигляді масиву результатів діагностики різноманітними методами і методиками не може бути одномірною та рівнозначною. Постає необхідність групування та зберігання інформації, що висуває певні вимоги до програмного забезпечення.

В дослідженнях при ЩО застосовувались операції з періодичністю близько 1500км пробігу для автомобілів або 62,5 мото-год для тракторів. Терміни проведення операцій корегувалися в певних межах з метою узгодження та періодичного співпадання з графіком проведення робіт по ТО-1. Операції відповідали термінам як за ПЗС, так і елементно-модульною системою (ЕМС) ТО і Р та необхідності виконання робіт ТО-2 для автомобілів і тракторів та ТО-3 – для тракторів.

Застосування операцій адекватного рівня технічного стану ТМ доцільно при виконанні робіт ПР і КР, де бажано достовірно знати наявний технічний стан, а отже мати можливість прогнозувати його на тривалий термін експлуатації. Чим точніше та повніше буде отримана інформація, включаючи інформацію про стан матеріалу деталей, геометричні параметри деталей та спряжень, наявність прихованих потенційних дефектів, тим більш достовірно буде дано гарантований строк служби елементів ТМ, звичайно враховуючи умови експлуатації та інтенсивність використання.

Для ТМ технічні дії за ПЗС ТО і Р і інтервали діагностування були чітко визначені в 62,5 мото-год / 3000 км пробігу. Проведення та об'єм технічних дій здійснюване по регламенту ПЗС й прийняті на підприємстві. При цьому можливі відхилення. Згідно нормативу вони склали 10 %.

Порядок виконання діагностичних операцій і технічних дій, при використанні елементно-модульної системи ТО і Р, та управління технічним станом для автомобілів КамАЗ пропонується наступним чином: виконання діагностичних операцій з певною періодичністю (1500 км пробігу), якщо технічний стан елементів ТМ змінюється стабільно та допускає використання його на планований період; ТО-1 (0...3000 км пробігу) з відповідними операціями діагностування і ранжованого ряду технічних дій в обсязі передбаченому реальним технічним станом; наступні ТО-1 в терміни та обсязі регламентованому поточним технічним станом. Зазначимо, що при цьому змінюється не лише терміни та структура технічних дій, але і кількість ТО. Термін ТО-2, що визначає здатність моторної оливи виконувати свої функції, складає близько 12 тис. км пробігу з операціями діагностування та відповідними технічними діями. Терміни операцій ПР – в разі потреби – з попередніми операціями діагностування складає в межах інтервалу 0...300 тис. км, а КР – по потребі 300 тис. км пробігу.

Для тракторів Т-150К, МТЗ 1025, 8RT ПТ4 структура операцій мала вид: виконання діагностичних операцій з певною періодичністю (62,5 мото-год), при досягненні ТО-1 (125 мото-год) операції діагностування ранжованого ряду з відповідними технічними діями в обсязі передбаченому Положенням, наступні три ТО-1 – аналогічно; ТО-2 через 250 мото-год з операціями діагностування та відповідними технічними діями; ТО-3 через 500 мото-год з

операціями діагностування та відповідними технічними діями; ПР – в разі потреби з попередніми операціями діагностування в межах інтервалу 0...10000 мото-год; КР – при досягненні 10000 мото-год.

Операції діагностування ТМ за елементно-модульним методом проводили в термінах аналогічно за ПЗС, якщо відсутня ситуація критичного або є сумніви щодо певного виду технічного стану. У разі отримання сигналу небезпечного, передаварійного стану, проводиться уточнення причини його виникнення згідно ранжованого ряду інформаційного забезпечення управління технічним станом ТМ. В даному випадку можливе відхилення від зазначеної періодичності та перехід на вищий рівень дослідження, що пов'язано з необхідністю уточнення параметрів технічного стану ТМ.

Зазначимо, що порядок отримання діагностичної інформації в досліджуваних ТМ, при збереженні єдиної структури управління технічним станом елементів, може мати відмінності в термінах та повноті проведення пошукових дій.

Реалізуючи запропонований елементно-модульний метод управління технічним станом, можливо спрогнозувати необхідні операції ТО, що в подальшому будуть відображені в послідовності їх реалізації для реальної експлуатації ТМ досліджуваного парку машин підприємства. Враховуючи значення діагностичних даних досліджуваних елементів ТМ та математичні закономірності зміни відповідних діагностичних параметрів здійснюють прогнозування на основі системи диференціальних рівнянь графу зміни станів ТМ. Запропонована система прогнозування технічного контролю та регулювання досліджуваних елементів ТМ.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що на основі розробленої на основі запропонованого методу елементно-модульної системи ТО і Р та використання критеріїв статистичної інформативності контрольних діагностичних параметрів вдалося спрогнозувати та отримати дані надійності та пробіги ТМ, які задовольняють рівень надійності на межі 0,9. Значення прогнозних пробігів за діагностичними параметрами технічного стану елементів ТМ, на яких слід проводити контрольні та регулювальні дії досліджуваних елементів ТМ, що працюють у важких умовах експлуатації АПВ, дають змогу проводити уточнення стратегії технічного обслуговування для конкретних модулів парку машин на підприємствах. За даними таблиці можливе коректування інтервалів напрацювання, з урахуванням пробігів контролю і регулювання для силових агрегатів ТМ. В свою чергу зменшується кількість діагностичних простоїв. Відповідно до умов експлуатації для силового агрегату ТМ КамАЗ 740 ТО-2 потрібно зменшити на 9,3 %, щоб забезпечити його експлуатаційну надійність більше рівня 0,9, а обслуговування трансмісії ТМ сімейства КамАЗ можливо збільшити на 3,4 % відповідно. Натомість для елемента ТМ John Deere PowerTech 9,0 l Stage II ТО-2 можна збільшити за напрацюванням на 16,1 %, а трансмісію потрібно обслуговувати раніше на 8%. Дані розрахунки є ефективними для сформованих модулів парку машин підприємства.

Розглянуто ступінь відновлення технічного стану елементів транспортних машин за зміною діагностичних параметрів з напрацюванням, а також його граничний стан, граничний ресурс та його закон розподілу за запропонованим методом їх технічного обслуговування і ремонту. Враховуючи діагностичну інформацію, ресурс елементів транспортних машин та модулів парку машин запропоновано функціональну залежність залишкового ресурсу від цих величин, критерій економічної доцільності застосування тих чи інших дій по відновленню технічного стану.

Список використаних джерел

1. Rybacki, P. The research of the quality of agricultural machines technical service by servqual method. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. 2011. Vol. 56, № 2. С. 122-143.
2. Успенский И.А., Безруков Д.В., Николотов И.Н. Роль диагностирования тормозных систем в повышении безопасности движения и эффективности технической эксплуатации. Фундаментальные и прикладные проблемы совершенствования поршневых двигателей. XII Международная научно-практическая конференция. Владимир: ВГТУ. 2010. С. 329–331.
3. Osuch, A., Osuch, E., Rybacki, P., Przygodziński, P., Kozłowski, R., Przybylak, A. A decision support method

- for choosing an agricultural machinery service workshop based on fuzzy logic. *Agriculture*. 2020. Vol. 10(3). С. 76-84.
4. Filipczyk, J., Madej, H. The application of on-board diagnostics systems for assessing the technical state of automotive vehicles. *Journal of KONES*. 2010. Vol. 17, P. 99-104.
 5. Siegel, J., Bhattacharyya, R., Deshpande, A., Sarma, S. Vehicular engine oil service life characterization using on-board diagnostic (OBD) sensor data. In *SENSORS*. 2014 IEEE. 2-5 Nov. 2014. Valencia, Spain. P. 1722-1725.
 6. Olszowski, S., Marczak, M. Diagnostics of new generation diesel engines. *Diagnostyka*. 2008. Vol. 48. P. 83-88.
 7. Аулін В.В., Жулай О.Ю., Лівіцький О.М. Транспортні засоби в агропромисловому комплексі та система діагностичного моніторингу їх технічного стану. Конструювання, виробництво та експлуатація с/г машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Кіровоград: КНТУ. 2007. Вип. 37. С. 146-154.

МОДЕЛЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ОПЕРАЦІЙ

В.В. Аулін, проф., д-р техн. наук,
Д.В. Голуб, доц., канд.техн. наук,
С.В. Лисенко, доц., канд.техн. наук,
А.С. Замуренко, асп.,
Н.О. Рябцев, ст. гр. ТТ-20,
О.О. Ганчар, ст. гр. ТТ-21М

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

У загальному випадку результат операцій у транспортних системах є невизначеним, що викликано невизначеністю умов здійснення операції і дією чинників різноманітної природи. Отримання значень характерних показників конкретного результату операції, пов'язане з розв'язанням завдання моделювання операцій. Зазначене підтверджує необхідність розробки етапів дослідження надійності та ефективності виконання операцій в транспортних системах та процесах. При цьому отримання результатів пов'язано з формуванням моделей і отриманням оцінок ними та ефективності за результатами моделювання.

Моделі проблемних ситуацій в транспортних процесах і системах будуються для охоплення проблематики розробки рішень в загалом, представлення їх основних елементів, що формують отримання остаточного рішення щодо стратегії проведення операції та відображення взаємозв'язків основних елементів процесу розробки рішень і послідовності формування і розв'язання часткових завдань.

Міру відповідності дійсного результату реалізації операцій у транспортних процесах і системах бажаному забезпечує показник її ефективності, залежний від стратегії u . Його визначено на множині допустимих стратегій U : $u \in U$.

Що залежність у загальному вигляді задають на основі відображення допустимих стратегій U за множиною значень показника ефективності W : $\Psi: U \rightarrow W$. При цьому відображення T представляють у формі математичної моделі операцій.

Основною вимогою показників ефективності та надійності є відповідність їх меті операцій, які відображаються в бажаному результаті $Y^{нб}$. Тому вони повинні враховувати наступні вимоги: змістовність різної природи (фізичної, економічної та ін.); інтерпретуватися або мати пояснення математичних результатів і залежностей, що отримані у відповідності даних конкретних областей; вимірність; відповідність системі переваг при прийнятті рішень.

На основі моделей проблемних ситуацій отримано різні постановки часткових завдань ухвалення рішень. Кожне таке завдання в математичних термінах узагальненого рівня представлено у вигляді логічного висловлювання.

Для етапу постановки завдання характерні наступні часткові завдання ухвалення рішень: структуризація початкової інформації, аналіз невизначеності формування початкової множини стратегії, моделювання результатів операції, моделювання цілей операції, моделювання переваг.

Рішення завдання вимагає залучення і аналіз інформації, що отримується на основі: сили аналогій; історичного досвіду або еволюції розвитку; бази експериментальних і статистичних даних; результатів проведених експертиз та аудиту.

Зазначимо, що ці завдання можливо успішно реалізувати, якщо будуть створені потужні бази даних і бази знань, що дозволить оперативно отримувати, аналізувати і обробляти інформацію, яка стосується:

- природи невизначених чинників;

- діапазонів зміни невизначених чинників; апіорного розподілу ймовірностей на діапазонах зміни чинників;
- психологічних особливостей ухвалення рішень іншими суб'єктами досліджуваної транспортної системи;
- типів взаємодій між суб'єктами досліджуваної транспортної системи (нейтральна поведінка, сприяння, протидія) та ін.

До найважливіших завдань відносяться завдання математичної статистики, що стосуються параметричного і непараметричного оцінювання, ідентифікації, кластеризації та прогнозування.

Клас вживаних методів рішення цих завдань є достатньо широким і добре розробленим. До основних з них відносяться: морфологічний, кореляційний, регресійний, факторний та спектральний аналізи; апарат ланцюгів Маркова; методи групового урахування аргументів та розпізнавання образів та ін.

Зазначена методологія вирішення завдання моделювання у вигляді відображення пред'являє цілком певні вимоги до моделей, використовуваних на різних рівнях ієрархії дослідження. Необхідна чітка формалізація цілей операцій для змістовності досліджень і отримання деяких кількісних оцінок щодо прийняття рішень. Формалізація цілей операцій, дослідження її ефективності змушує до використання кількісних шкал. Базування формалізації цілей операцій на концепції зовнішнього доповнення є необхідною умовою отримання обґрунтованого рішення.

Цілі і завдання операцій є гомоморфними і відображаються системою показників їх досягнення. Гомоморфізм є відображенням основної множини однієї системи на основну множину іншої, що зберігає основні операції і предикати(твердження). При цьому система "показник ефективності – критерій" утворює модель цілей операцій (рис. 1).

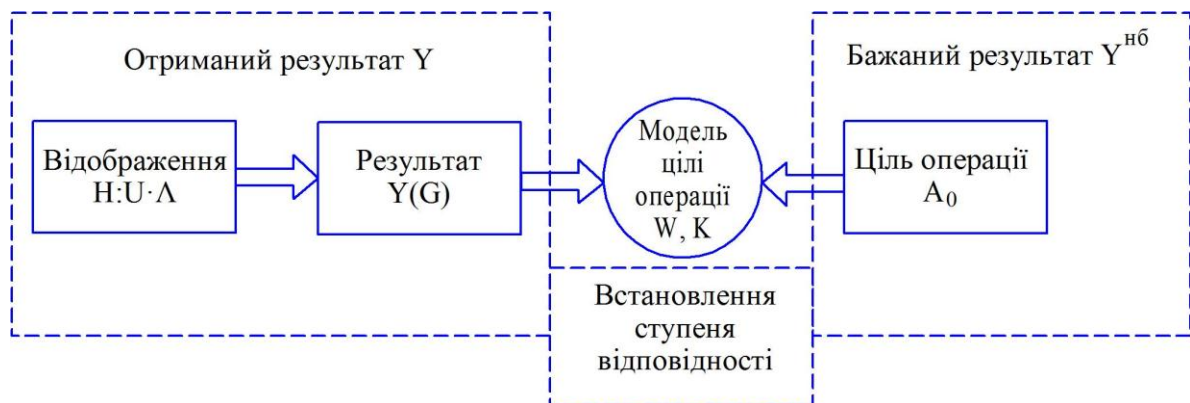


Рисунок 1 – Схематичне відображення моделі цілей операцій

Ціль операцій накладає цілком визначений відбиток на вигляд показника ефективності і на сам критерій або на принцип його вибору.

Числова функція, визначена на множині стратегій U , характеризує міру досягнення цілі A_0 операції і може розглядатися в якості показника ефективності лише при дотриманні певних вимог: відповідність цілі змістовність і інтерпретуємість; вимірюваність; мінімальність числа використовуваних часткових показників; повнота.

ОПР, знаючи значення показника в тій або іншій ситуації, повністю уявляє собі, в якому ступені досягається ціль операції. Сам показник ефективності або його компоненти мають бути зрозумілі ОПР і мати чіткий фізичний зміст. Показники ефективності можна піддавати певним математичним перетворенням, що допускаються типом його шкали. Векторний показник ефективності повинен містити таку кількість часткових показників, яка дозволяла б враховувати усі визначальні ознаки Y , операції, що адекватно відображають результат. Аналіз зазначених вимог свідчить, що вони є суперечливими, і не можуть задовольнити усім вимогам відразу.

ОПР за значенням показника повинен повністю уявляти собі міру досягнення цілі та її відповідність. Це призводить до необхідності задоволення вимоги повноти, яка суперечить вимозі мінімальності. Вимога змістовності і інтерпретації входить в протиріччя з вимогою вимірності, оскільки показники ефективності можуть не мати адекватної фізичної шкали: оцінка естетичності, ергономічності, новизни і т.п. і їх доводиться описувати суб'єктивними оцінками.

Дослідження свідчать, що принцип ухвалення рішень на основі концепції адаптивизації виявляється найбільш складним по рівню розробки управлінських дій, але в той же час й найбільш досконалим.

При рішенні усіх зазначених вище завдань перед ОПР стоїть проблема вибору об'єктів, що підлягають подальшому розгляду, з множини наявних. Здійснюючи такий вибір, ОПР керується своєю системою переваг. Система переваг може бути виявлена і виміряна в ході контрольного пред'явлення ОПР об'єктів з представленої сукупності. На цій основі будується модель переваг.

Спеціальні методи моделювання переваг ОПР використовують формальні і неформальні процедури. При цьому узагальнено постановка завдання моделювання переваг формально записується у вигляді відображення.

Побудова моделі P_D може бути здійснена за допомогою отриманої від ЛПР спеціальної додаткової інформації, яка є інформацією $\Omega \subset \theta$ про переваги. Прикладами такої інформації є: незалежність часткових показників по перевазі; адитивна незалежність показників; якісна інформація про їх відносну важливість; коефіцієнти важливості та ін.

У основу класифікації завдань ухвалення рішень в транспортній системі можуть бути покладена різна сукупність ознак. Проте практика дослідження ефективності функціонування транспортних систем, що склалася, показує, що найбільш узагальненими і істотними ознаками класифікації є: число осіб, що приймають рішення; вид показника ефективності; міра визначеності інформації про проблемну ситуацію; залежність елементів моделі проблемної ситуації від часу.

За ознакою числа ОПР розрізняють завдання індивідуального і групового ухвалення рішень. Індивідуальні рішення приймаються однією особою, а групові - колективним органом (групою осіб). При груповому виборі рішень визначальну роль відіграє завдання узгодження індивідуальних переваг членів групи. Головним тут є об'єднання переваг окремих осіб в єдину думку (групова перевага).

Залежно від виду використовуваного показника ефективності завдання ухвалення рішень поділяються на завдання із скалярним і векторним показниками ефективності і відповідно скалярними і векторними завданнями ухвалення рішень.

За ознакою міри визначеності інформації про проблемну ситуацію розрізняють завдання ухвалення рішень в умовах визначеності і невизначеності. Завдання ухвалення рішень в умовах визначеності (детерміновані завдання) характеризуються наявністю повної і достовірної інформації про проблемну ситуацію, цілі, обмеження і наслідки рішень, що приймаються. У цих завданнях відносно кожної стратегії $u \in U$ заздалегідь, до проведення операції, відомо, що вона незмінно приводить до деякого конкретного результату. Завдання ухвалення рішень в умовах невизначеності поділяються у свою чергу на завдання в умовах стохастичної і нестохастичної невизначеності, а останні - на завдання ухвалення рішень в умовах природної і поведінкової невизначеності.

Характерна особливість усіх завдань ухвалення рішень в умовах невизначеності полягає в тому, що результат операції залежить окрім стратегій оперуючої сторони і фіксованих чинників також від невизначених чинників, не підвладних оперуючій стороні і не відомих їй у момент ухвалення рішення (чи відомих з недостатньою точністю). В результаті впливу невизначених чинників кожна стратегія $u \in U$ виявляється пов'язаною з множиною можливих результатів операцій, що істотно ускладнює процес розробки рішень.

За ознакою залежності елементів моделі проблемної ситуації від часу розрізняють статичні і динамічні завдання ухвалення рішень. Динамічні завдання значно складніші за

статичні, оскільки деякі елементи динамічних завдань ухвалення рішень залежать від функцій часу, динамічних об'єктів, що описують поведінку і беруть участь в операціях.

Таким чином класифікація завдань ухвалення рішень за перерахованими ознаками призводить до різних комбінацій типів завдань. Деякі завдання можуть бути класифіковані як статичні векторне завдання групового ухвалення рішень в умовах визначеності. Можливі і інші комбінації.

Наведено формалізовану постановку завдання формування початкової множини стратегій моделі проблемної ситуації в транспортній системі методом відображень і методів її вирішення. Визначено основні напрямки вирішення проблеми задоволення суперечливих вимог до множини початкових стратегій з урахуванням надійності та ефективності транспортних систем. Дано математичне формулювання критерію адаптивності при виборі рішень. Узагальнено сукупність ознак, що можуть бути покладені в основу класифікації завдань ухвалення рішень в транспортній системі.

Список використаних джерел

1. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. - 370 с.
2. Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В., Замуренко А.С. Побудова моделі проблемної ситуації в транспортних системах. - Вісник машинобудування та транспорту №2(14). - Вінниця: ВНТУ, 2021. - С. 4-9.
3. Бурименко Ю.И., Галан Л.В., Лебедева И.Ю., Щуровская А.Ю. Основы теории систем и системного анализа: учеб. пособ. – Одесса: ОНАС им. А.С. Попова, 2015. – 136 с.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В. Реалізація фізико-інформаційного підходу дослідження проблеми підвищення надійності та ефективності функціонування транспортних систем // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. – Харків: ХНАДУ, 2018. - Вып. 81. – С. 3-10.
5. Дзюбан І. Ю., Жиров О. Л., Охріменко О. Г. Методи дослідження операцій. – Київ: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2005. – 108 с.
6. Кунда Н.Т. Дослідження операцій у транспортних системах. - Київ: Слово, 2008. - 400 с.
7. Wanghong Lia, Wade D. Cooka, Zhepeng Liaand Joe Zhu Efficiency measurement for hierarchical situations. Journal of the operational research society, Vol. 72 (3), 2019. - P. 654 - 662.
8. Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В., Замуренко А.С. Формування показників оцінки ефективності транспортного процесу перевезень. - Вісник машинобудування та транспорту №1(11). - Вінниця: ВНТУ, 2020. - С.5-10.
9. Дивак М.П., Порплиця Н.П., Дивак Т.М. Ідентифікація дискретних моделей динамічних систем з інтервальними даними: монографія. – Тернопіль: ВПЦ «Економічна думка ТНЕУ», 2018. – 220 с.
10. Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В., Великодний Д.О. Методологія підходів до дослідження шляхів і сукупності факторів забезпечення належного рівня ефективності і надійності транспортних систем. - Вісник машинобудування та транспорту. №2. Вінниця: ВНТУ, 2017. - С. 4-14.
11. 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.
12. 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.

ЕНТРОПІЙНИЙ ПІДХІД У ВИЗНАЧЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ І НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ ТА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

А.В. Гриньків, *ст. викл., канд.техн. наук,*

С.В. Лисенко, *доц., канд.техн. наук,*

О.В. Богдан, *ст. гр. ТТ-20СКЗ,*

А.О. Манолій, *ст. гр. ТТ-20СКЗ,*

І.С. Головченко, *ст. гр. ТТ-21М,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Ефективне керування станом складною транспортною системою та транспортним засобом, потребує всебічного та адекватного аналізу інформаційних потоків, що надходять до них. Найчастіше, виникає ситуація невизначеності на фоні усвідомлення отриманої інформації.

Метою ефективною експлуатації транспортних систем є надійне функціонування усіх її підсистем і елементів та отримання оптимального прибутку при дотриманні вибраної стратегії розвитку.

Надійність транспортних засобів та ефективність їх використання залежить, передусім, від своєчасності та якості технічного обслуговування та ремонту. При цьому мають бути враховані фактори транспортної системи як інформаційної невизначеності, а також наявних ресурсних можливостей та потреби транспортної системи при реалізації всієї сукупності цілей.

Невизначеність при прийнятті управлінських рішень характеризується суб'єктивною ентропією, впливу якої здійснюється на перебіг процесів, що відбуваються в транспортних системах.

За умови, коли інформаційний потік досить ефективно й адекватно обробляється, необхідно обрати ефективні методи та ту чи іншу базу. При цьому, виходячи з теоретичних міркувань, суб'єкт формує власні переваги на множині досяжних для його цілей альтернатив із застосуванням функціоналу взятого у достатньо загальному вигляді:

$$\Phi_{\pi} = \alpha H_{\pi} + \beta \varepsilon + \gamma N, \quad (1)$$

де H_{π} – суб'єктивна ентропія; $\varepsilon_e = \varepsilon_e(\pi, U, \dots)$ – функція суб'єктивної ефективності; N – нормуюча умова; α, β, γ – структурні параметри, які можна розглядати у різних ситуаціях як коефіцієнти Лагранжа, вагові коефіцієнти або ендогенні параметри.

Подано функціонал (1) у вигляді:

$$\Phi_{\pi}^{-} = -\sum_{i=1}^N \pi^{-}(\sigma_i) \ln \pi^{-} - \beta \sum_{i=1}^N \pi^{-}(\sigma_i) L(\sigma_i) + \gamma \sum_{i=1}^N \pi^{-}(\sigma_i), \quad (2)$$

$$\Phi_{\pi}^{+} = -\sum_{i=1}^N \pi^{+}(\sigma_i) \ln \pi^{+} - \beta \sum_{i=1}^N \pi^{+}(\sigma_i) U(\sigma_i) + \gamma \sum_{i=1}^N \pi^{+}(\sigma_i), \quad (3)$$

де $\pi^{-}(\sigma_i)$ – функція негативних переваг підприємства, стосовно досяжних для нього альтернатив σ_i ; $L(\sigma_i)$ – функція втрат (шкідливості); $\pi^{+}(\sigma_i)$ – функція суб'єктивних позитивних переваг функціонування підприємства; $U(\sigma_i)$ – функція корисності, що має позитивний сенс. Розгляд сукупності рівнянь (2) і (3) дає необхідні умови екстремуму:

$$\frac{\partial \Phi_{\pi}^{-}}{\partial \pi^{-}(\sigma_i)} = 0, \quad \frac{\partial \Phi_{\pi}^{+}}{\partial \pi^{+}(\sigma_i)} = 0, \quad (\forall i \in \overline{1, N}). \quad (4)$$

Застосовуючи умови (4) для рівнянь (2) і (3), маємо:

$$-\ln \pi^{-}(\sigma_i) - 1 - \beta_L L(\sigma_i) + \gamma_L = 0, \quad -\ln \pi^{+}(\sigma_i) - 1 - \beta_U U(\sigma_i) + \gamma_U = 0, \quad (5)$$

В рівняннях (5) коефіцієнти β й γ входять відповідно як β_L, γ_L – для функціоналу (2), коли до розгляду приймаються негативні якості обраної альтернативи σ_i та як β_U, γ_U – якщо ж суб'єктивну увагу, сформовану у вигляді функціоналу (3), привернуто до, можливо тих самих альтернатив, але врахуванню підлягають їхні позитивні якості.

Потенціюванням виразів (5), отримуємо:

$$\pi^{-}(\sigma_i) = e^{-1+\gamma_L} \exp^{-\beta_L L(\sigma_i)}, \quad \pi^{+}(\sigma_i) = e^{-1+\gamma_U} \exp^{-\beta_U U(\sigma_i)}, \quad (6)$$

або, спрощуючи запис математичних виразів (6), для зручності трактовки математичної моделі, після введення відповідних констант:

$$\pi^{-}(\sigma_i) = C_L e^{-\beta_L L(\sigma_i)}, \quad \pi^{+}(\sigma_i) = C_U e^{-\beta_U U(\sigma_i)}. \quad (7)$$

Константи C_L, C_U знайдемо з умов нормування:

$$C_L = \left(\sum_{j=1}^N \exp^{-\beta_L L(\sigma_j)} \right)^{-1}, \quad C_U = \left(\sum_{j=1}^N \exp^{-\beta_U U(\sigma_j)} \right)^{-1}. \quad (8)$$

Підставляючи (8) в вирази для функцій суб'єктивних переваг, тобто (8) в (7), остаточно маємо:

$$\pi^{-}(\sigma_i) = \frac{\exp^{-\beta_L L(\sigma_i)}}{\sum_{j=1}^N \exp^{-\beta_L L(\sigma_j)}}, \quad \pi^{+}(\sigma_i) = \frac{\exp^{-\beta_U U(\sigma_i)}}{\sum_{j=1}^N \exp^{-\beta_U U(\sigma_j)}}. \quad (9)$$

Відомо, що інтенсивність переходів зі стану в стан характеризують сталі λ та μ . Тобто маємо справу із випадковим процесом функціонування транспортних систем і транспортних засобів з дискретними станами та безперервним часом. Припускається, що перехід систем зі стану в стан відбувається миттєво, стрибкоподібним чином. Так само припущенням є й те, що такий перехід зі стану в стан буде можливим у будь-який довільний момент часу. Серед причин, які викликають зміну стану системи є фактори об'єктивної та суб'єктивної природи. Характеристики потоків подій приймаються відповідними до найпростішого, або стаціонарного пуассонівського.

При цьому зміна ентропії вказує на обсяги інформації, сприйнятої суб'єктом із загального потоку, що надходить до нього. Для грубої оцінки приймемо інформаційний потік безперервним, таким, що миттєво й адекватно сприймається. Залежно від ентропії суб'єктивних переваг $H(\pi)$, формується відносна величина невизначеності $\bar{H}(\pi)$ – відносна ентропія.

Причому, відношення $H(\pi)$ береться до максимальної ентропії, що дорівнює логарифму від кількості можливих станів за умови віддання їм однакових переваг. Також враховується ставлення до ресурсів, задіяних у процесі функціонування, та отримуваних внаслідок останнього. Таким чином, невизначеність при прийнятті рішення враховує й складову сподівань суб'єкта на майбутній виграш від експлуатації більш надійної та досконалої транспортної системи.

Список використаних джерел

1. Гончаренко А.В. Моделювання впливу ентропії суб'єктивних переваг на прийняття рішень стосовно ремонту суднової енергетичної установки / А.В. Гончаренко // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2009. – № 1(23). – С. 123 – 131.
2. Надежность и эффективность в технике: Справочник: В 10 т. / Ред. совет: В.С. Авдудевский (пред.) и др. – М.: Машиностроение, 1988. – (В пер.). Т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – 328 с.
3. Касьянов В.А. Субъективный анализ: Монография. – К.: НАУ, 2007. – 512 с.
4. Ареф'єва О.В., Михайленко В.М., Горяча О.Л. Моделі прийняття управлінських економіко-організаційних рішень підвищення ефективності використанні виробничого потенціалу та критерії доцільності їх застосування // Проблеми інформаційних технологій. – 2007. - №1. – С. 14-22.
5. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем: монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавництво ТОВ "КОД", 2017. - 370 с.
6. Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В., Замуренко А.С. Побудова моделі проблемної ситуації в транспортних системах. - Вісник машинобудування та транспорту №2(14). - Вінниця: ВНТУ, 2021. - С. 4-9.
7. 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.
8. 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.
9. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія / Аулін В. В. [та ін.] ; за ред. проф. Ауліна В. В. - Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2016. - 303 с.
10. Аулін, В. В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах : монографія / В. В. Аулін. - Кіровоград : ТОВ "КОД", 2014. - 369 с.

DEVELOPMENT OF MULTI-JOINT POWER TRANSMISSION SYSTEM FOR AGRICULTURAL MACHINERY

B.P. Assistant Professor Bülent PİŞKİN^{1*}

¹ *Düzce University, Faculty of Agriculture, Biosystems Engineering Department*

**Corresponding author: bulentpiskin@duzce.edu.tr*

Abstract

In this study, a multi-joint power transmission system has been developed that will keep the performance at the highest level, taking into account the occupational health and safety rules in agriculture, depending on the need for agricultural machinery that arises according to the different surface shapes and the purpose of the agricultural application to be made. This power transmission system can be the main power transmission system of any agricultural machine, or it can be used for power transmission in the secondary parts of the agricultural machine by attaching the appropriate apparatus (grass cutting apparatus, earth auger apparatus, circular saw apparatus, etc.). Pulleys with different diameters have been designed to be mounted on the multi-joint power transmission system. By means of these pulleys, it is possible to obtain and transfer the desired power and torque. This gives the opportunity to obtain the desired power values and to use them in different planes. Therefore, the multi-joint power transmission system both eliminates the possibility of the equipment breaking forcibly by using too much power, or the possibility of not achieving the desired performance by using less power.

Keywords: Development of power transmission, multi-joint power transmission system, Power transmission system, power transmission system in agricultural machinery.

Introduction

It is obligatory to cultivate the soil and sowing both for the production of vegetables, fruits, cereals and grains and for feeding animals. This necessity can turn into a more complex process depending on the geographical features of the land. When we look at the machinery demand behavior of the agricultural business owners depending on the land geography, it is observed that the agricultural tools and machinery that will work on the flat land have a large proportion. The geographically very different profile of the agricultural lands created by the subsequent conversion of forest lands to agriculture makes it difficult to use flat land agricultural tools and machinery and prevents the performance of the machines to be achieved. For this reason, expensive, specially designed agricultural tools and machines with very different powertrains have emerged.

Agricultural equipment and machinery, which can work in forest areas, is highly import-based and requires high investment costs. This disadvantage forces the enterprises with low economic power to modify their agricultural tools and machinery and adapt them to the field conditions.

There is a need for the design of self-propelled agricultural tools and machines that can work in harmony with the geographical surface, instead of high-cost imported machines and modified machines that often have balance problems. In this study; A multi-joint power transmission system has been developed for the agricultural machine that can maintain its movement on all kinds of slopes and surfaces. This system transfers the power taken from the engine to an agricultural machine according to the need by transferring it through the limbs with variable positions. While the variable position of the limbs ensures the movement of the agricultural machine on all kinds of surface shapes in a balanced way, the power transmission through the limbs with variable positions aims to keep the performance of the machine high on every surface. In addition, with the different mounting methods of the system, it will be possible to transfer power at an angle of 90° to both directions with respect to the power source.

Previous Studies

Celik et al. (2015), in their study; In the motion transmission of drum mowers, standard universal shafts, gearbox, drum group shafts and gears of the machine served. In addition to the

standard elements used, the drum group shafts and gears responsible for the drum movement are the elements that enable the machine to mow in a healthy way. And in this study, they stated that they investigated the equivalent stress values on the drum group shafts.

Cen (2018) revealed that mechanical clutches are the types of clutches in which the rotational torque is transmitted by the friction force, in this clutch type, the disc with lining material to increase the friction between two metal surfaces, compresses the opposite disc and transmits the moment, and today's tractors use single-disc and multi-disc clutches.

Avcioglu (2017), says; PTO shafts can be placed in front and side of the tractor besides the PTO located in the middle of the rear of the tractor. Since the PTO speed, diameter and wedge profile are standardized, different construction machines can be easily connected to various tractors, the speed is 540 rpm and 1000 ± 25 rpm. It is standardized in two stages as a standard, the diameter of the PTO containing six milling channels is 34.9 mm (13/8"), in large powerful tractors, the same PTO can rotate at 540 rpm and 1000 rpm, as well as 1000 rpm There is also a separate shaft standard with 21 keys with a diameter of 44.5 mm (13/4") for the engine, that a maximum power of 35 KW can be transmitted with the PTO with 6 wedges rotating at 540 rpm, and for larger powers, the speed of revolution and the shaft diameter has to be increased.

Meyer et al (1971), Alliscalmers HD41 crawler tractor transmission system design and development methods were examined. Design features and studies involving the power transmission system, hydraulic torque converter, drive shaft, Powershift transmission development, and integrated hydraulic system are discussed. The importance of hydraulic control in the design of the discharge valve and reciprocating motion system has been demonstrated.

Geupel (1978), in his study; Discussed the design of optimum design factors by examining design criteria, manufacturing possibilities and production costs, using the economy of a gearbox.

Caliskan et al. (1987) used energy efficiency in hydraulic systems as a basis in this study. From this point of view, energy losses in conventional valve hydraulic control systems were examined first. At the end of this analysis, it was seen that the valve transmits 38.5% of the power from the pump to the load, even in the best condition. For this reason, a more energy efficient valveless hydraulic control system has been investigated and its mathematical model has been made both analytically and in the MATLAB Simulink environment. Then, in order to see the performance of this valveless system, frequency response tests were performed with a simple proportional control method and they revealed that there is a step input response.

Material and Method

Material

The materials used in this study can be listed as follows; Hydraulic motor (2000 rpm) Hydraulic system components: Two-way control lever, hydraulic hoses, oil tank, directional control valve, filter and fittings, Pneumatic precision seed drill with four rows of 70 cm spacing. Three-link three-joint power transmission unit, Test measuring devices; protractor, pressure gauge, thermometer, tape measure, ultrasonic crack measuring device, surface roughness measuring device, spirit level and vernier caliper.

Method

In the design developed in this study, the driving force taken from the hydraulic motor or internal combustion engines is delivered to the target machine on a gear or chain. In the hydraulic system, power can be obtained by changing the speed of the engine. Since the limb positions can be changed in the hydraulic system, the power source and the target machine do not have to be in the same plane. The drive given by the power source can be transmitted from any angle in a circle with an angle of 360° . The power source used in this study is a hydraulic motor. The drive from this hydraulic motor is transferred to an agricultural machine via the limbs. The drive given by the hydraulic motor will be transferred over the chain-pulley system. It will be examined whether the power transmission changes in different positions of the limbs.

Hydraulic system provides the movement of the limbs, while the PTO or crankshaft output provides the drive of the power transmission system. So two different drive systems working on the same system components in the same time but for different resultant objectives. The power to be

transmitted to any agricultural machine or mechanism is obtained with the help of hydraulic motors and/or chain pulley system. Therefore, it is possible to transmit power to any agricultural machine even without a tractor.

In this design, power, chain-pulley mechanism is preferred. The required power will be transferred through the chain-pulley.. This choice will give us the opportunity to minimize the losses of power during transmission. The limbs powered by the hydropump provide the rotational movement with the help of a small gear transmission system and the piston mounted on the gear.

Results and Conclusion

The basis of power transmission with hydraulics is that the mechanical power taken from any power source is converted into hydraulic power and transmitted to the point of use, and from there it is converted back into mechanical power by hydraulic actuators.

In the hydraulic system used in this study, the drive required for the operation of the system is taken from the machine (tractor, excavator, construction equipment, etc.) on which the system will be mounted. This received power is transmitted to the hydropump in the system and the movement of the limbs is provided by the drive taken from the hydropump. Thus, it has been determined that the limbs can rotate around 180° in total in both directions.

The chain-pulley mechanism creates a suitable solution for both long and short axis distances. Even with small axis distances and large conversion ratios, there is no slippage. They create lower radial forces on the shaft as no pre-stressed assembly is required. It is possible to drive more than two wheels in different rotational directions with the same chain.

In this study, the chain-pulley mechanism was operated with the drive power taken from the tractor PTO. The drive was first transmitted to the first pulley located on the first limb. From here, the power transmitted to the second pulley on the same shaft as the first pulley was transmitted to the first pulley on the second limb with the help of the chain. The power from the second limb was transmitted to the second pulley on the same shaft as the second limb. The power from the second pulley was transmitted to the first pulley on the third limb by means of the chain. The power coming from the first pulley on the third limb is transmitted to the second pulley on the same shaft as the first pulley. From here, it is sent to the end-use point.

Gears were used for the targeted and designed limb movements at the beginning of the study. The power taken from the hydraulic system output of the tractor was transferred to the gear via the gearbox by the hydraulic motor placed in the joint of the limb, and this movement of the gear was transferred to the other gear fixed to the limb with a chain, and the movement of the limb was realized. The second and third limbs were moved with the same mechanism as the hydraulic fluid transferred to the hydraulic motor of each limb with the hydraulic system connected to this movement in the first limb. The precision of this movement has been achieved thanks to the high stability feature and high load carrying feature of the hydraulic system.

540 (Rev/Min) constant torque and power taken from the tractor PTO is given to the chain-pulley system. Torque and power from the chain on the pulley on the first limb are transmitted to the second pulley mounted on the same shaft. The second pulley transferred the power and torque it received to the torque on it, and in this way, the torque and power were transferred to the pulley on the second limb with high precision.

In this study, the acquired multi-limb and multi-joint power transmission system successfully performed limb movement and power transmission. The hydraulic fluid driven by the tractor hydraulic system and controlled by the two-way joystick has enabled the hydraulic motors in the limbs to bring the limbs to the desired position with high precision and stability. The viscosity and density of the hydraulic fluid is one of the important factors in obtaining this stability. Hydraulic motors are chosen to overcome limb inertia, limb mass, and the total force of the attached limbs. Hydraulic hoses have been selected to be able to withstand 300 bar pressure. Approximately 12 m of hydraulic hose was used in our power transmission mechanism, which emerged as three limbs.

Chain-pulley mechanisms have been chosen because they provide maximum power transmission. In order not to be affected by the movement of the limb, the two pulleys on a limb are

mounted in such a way that they are not affected by the movement of the shaft in the joint center while transmitting power to each other. In this way, the movement strain and possible stresses on the chain are reduced to a minimum. At the last point of use, 540 (Rev/Min) rotational movement was obtained.

The system designed in this study; It is designed to transfer power between the tractor, stationary engine, Mercedes-Benz Unimog type off-road vehicles, graders or a different power source and a circular saw blade, pit digging apparatus, auger apparatus, an agricultural machine or another machine to be attached to the end-use point. Therefore, the power transmitted by the power generating source can be changed depending on the size of the power. In addition, by changing the chain pulley mechanism elements on the limbs depending on the power/speed requirement, it will be possible to change the input power to the desired values at the output.



Figure1: Sample assembly of developed system © (patented content)

The aim of the design, whose prototype was produced in this study, is to perform very different works with the same equipment by simply attaching the appropriate apparatus. In other words, without the need to buy an extra saw for tree cutting, an extra earth auger for earth auger, and a tree bottom grass cutting machine to be used on sloping lands, the desired work can be done with high precision by installing the appropriate apparatus for the work to be done on the developed system. In this way, both time, expense and purchasing of tools and equipment will be saved.

The construction of the more advanced powertrain can be developed in another project. As it is part of the self-propelled machine, it is made of durable material and to carry a load of approximately 2500 kg. A greater number of limbs can be realized with a lighter construction. In this study, the weight of each limb was 300 kg. The powertrain of the machine is available to be designed for new purposes and new machine combinations. Gear ratios, hydraulic motor, speed, chain capacity and number of hydraulic circuit elements can be changed according to power and speed requirements. This power transfer, without leaving any harmful waste to the environment and without allowing carbon emissions, can set an example in the implementation of many occupational health and safety rules and their application in agriculture. In the current construction, limb movement and power transmission work as different systems. With the development of this system, it will be more practical and advantageous to use the system that can perform both limb movement and power transmission.

References

1. AKKURT, M. (1980). Machine Elements power and motion transmission elements, Volume 3 Bursa University Press, page:4-310, Bursa, Türkiye.
2. ANONİM. (1983).. Transmission Systems For Works And Road Trucks. Automotive Engineer , V8, n 5, Oct-Nov, 16-19p , London , England.
3. AVCIOĞLU, P. D. (2017). Ankara University Agricultural Faculty Agricultural machinery and technology department Motors and Tractors lecture notes Ankara.Türkiye.
4. BONNING, M. (1944). United States Patent Office st. louis park, milan, assignor to minneapolis-moline power implement company, minneapolis, minn., a corporation of delaware.
5. CEN, G. (2018). Front axle sleeves stress analysis with finite element method and comparison of test values . Balıkesir, Türkiye
6. ÇALIŞKAN, H., BALKAN, T., PLATİN, B. E., & DEMİRER, S. Servo-hydraulic position with variable speed pump. National hydraulic and pneumatic congress, (page. 359- 362)., Türkiye
7. ÇELİK, H. k., & AKINCI, İ. (2015). Analytical and finite element method of regression analysis of motion transmission shafts of drum mowers. Agricultural machinery science magazine .Türkiye
8. DENG. (2014). -Dynamic-modeling-and-analysis-of-robotic arm.
9. MINISTRY OF NATIONAL EDUCATION, (2016). tractor coupling systems. Ankara.Türkiye
10. GEİSTHOFF, h. (1974). United States Patent. device for connecting a power transmission shaft of an agricultural implement machine or the like to a tarktör power take of shaft.
11. GEUPEL, H. (1978). Geupel H. (1978). Konstruktion Eines Schleppergetriebes. Werkstatt und Betrieb, V111, 85-92p,Germany. Germany.
12. MEYER, & RICHMOND. (1971). Meyer RW, Richmond W (1971). Design And Development Of The Transmission System For The Allischalmers HD- 41 crawler tractor. SAE Pap 710725 , 12p.
13. TAYLOR, W. (1987). safety guard for power-take-off shaft .
14. VISSERS, H. H., & MIJNDERS, G. J. (1983). power transferring coupling device for a tractor and an implement hitched thereto.

ЗМІСТ

	Стор.
1. Логістика та BLOCKCHAIN – передумови створення, перспективи реалізації. <i>Д.О. Музильов, М.В. Карнаух, Н.О. Рибалка</i>	9
2. Підвищення довговічності культиваторних лап. <i>В.Ю. Штих, О.В. Козаченко</i>	11
3. Розрахунок вала барабана сепаратора. <i>В.Б. Савченко, О.А. Свіргун, В.В. Свіргун, М.В. Марченко</i>	13
4. Тенденції розвитку морських портів, як елементів транспортної інфраструктури України. <i>А.В. Солонець, І.О. Кузєв</i>	16
5. Визначення ефективності перевезення сільськогосподарської продукції. <i>А.О. Кострецов, О.В. Мороз</i>	19
6. Функціональність транспортно-вантажних комплексів митних вантажів. <i>В.В. Марущак, І.О. Кузєв, Д. В. Молоштан</i>	22
7. Використання на автомобільному транспорті супутникових технологій навігації та зв'язку. <i>А.В. Солонець, І.О. Кузєв, Мороз М.М., Бешлеага Игорь</i>	26
8. Удосконалення перевезення продтоварів за рахунок формування маршрутів в умовах сезонного попиту на доставку. <i>В.В. Андрєєв, О.В. Мороз</i>	30
9. Підвищення ефективності міського транспорту загального користування за рахунок створення об'єднаних підприємств. <i>В.В. Лаврик, І.О. Кузєв, М.М. Мороз</i> .	34
10. Удосконалення системи постачань вантажів шляхом формування раціональної розподільчої системи. <i>Є. Бардаков, О.В. Мороз, Т.В. Гайкова</i>	40
11. Управління ланцюгами постачань на етапі цифрової трансформації виробництва і збуту. <i>Д. Самойлов, Т.В. Гайкова</i>	43
12. Дослідження роботи електровантажівок на контактних лініях при контейнерних перевезеннях. <i>А. Леонтович, Т.В. Гайкова</i>	47
13. Удосконалення організації транспортних робіт з метою мінімізації втрат картоплі в післязбиральний період. <i>М.М. Мороз, В. Загорянський</i>	53
14. Впровадження навантажувально-розвантажувальних засобів на транспорті. <i>С.Р. Олексієнко, С.О. Король</i>	56
15. Аналіз застосування на спеціалізованому автомобільному транспорті навантажувально-розвантажувальних засобів. <i>Є.О. Фомінський, С.О. Король</i>	59
16. Підвищення ефективності дроблення зерна шляхом використання ріжучих елементів робочих органів із зносостійкими покриттями дискретної структури. <i>О.А. Мікосянчик, В.Б. Шамрай, О.В. Дудан, Д.В. Філоненко, В.І. Калініченко, В.Л. Кобзарь</i>	64
17. Відновлення і зміцнення розподільних валів двигунів. <i>В.М. Лопата, М.В. Головащук, Є.К. Солових, С.О. Магопєць, С.Є. Катеринич</i>	68
18. Підвищення ресурсу деталей засобів транспорту комбінованою технологією відновлення. <i>І.В. Смирнов, О.В. Лопата, Л.А. Лопата, В.М. Кулижський, А.Є. Солових</i>	72
19. До визначення стійкості руху триланкових автопоїздів. <i>В.П. Сахно, В.М.Поляков, С.М.Шарай, І.С.Мурований</i>	75
20. Логістика готової продукції ПрАТ «Київський маргариновий завод» у міжміському сполученні в умовах військового стану. <i>О.А. Дьомін</i>	77
21. Класифікація, технічні можливості та перспективи застосування агродронів. <i>В.І. Мельник, А.С. Кривонос</i>	80
22. Основні експлуатаційні фактори впливу на технічний стан ЗПК. <i>А.В. Новицький</i>	82
23. Дослідження технічного стану машин для приготування і роздавання кормів «STRAUTMANN VERTI-MIX». <i>А.В. Новицький, О.С. Кармаліта, Ю.А. Новицький</i>	82

24. Моніторинг напрямків забезпечення надійності машин та обладнання лісового комплексу. <i>А.В. Новицький, Ю.І. Ревенко, О.М. Бистрий</i>	84
25. Сучасні методи оцінки ефективності ланцюгів постачань. <i>О.М. Загурський</i>	86
26. Забезпечення мікроклімату у свинарських приміщеннях. <i>В.С. Хмельовський</i>	88
27. До питання організації технічного сервісу дилерського підприємства. <i>І.О. Хітров</i>	90
28. Використання розумних технологій в системі громадського транспорту міста. <i>В.М. Никончук</i>	93
29. Пандемія COVID-19, її вплив на перевезення. <i>С.С.Чехович, В.О. Дорошук, М.В. Голотюк</i>	95
30. Дослідження напружено-деформівного стану причепа сільськогосподарського призначення 2ПТС-2. <i>М.Я. Сташків, І.М. Підгурський, М.І. Підгурський</i>	97
31. Аналіз типу приводу робочих органів картоплекопача. <i>І.В. Головецький, А.В. Бабій</i>	100
32. Моделювання трибологічних досліджень. системний аналіз. <i>С.Л. Саранула, А.Б. Гупка</i>	103
33. Дослідження опору переміщенню обприскувача. <i>Б.Б. Левицький, А.В. Бабій</i>	106
34. Підвищення надійності транспортних систем на основі удосконалення організаційно-технологічної структури проектів мультимодальних перевезень. <i>Г.О. Примаченко, Є.І. Григорова, К.О. Тарасов</i>	108
35. Напрямки удосконалення технології залізничних контейнерних перевезень у сучасних умовах. <i>Д.В.Ломотько, Д.Д.Ковальов, М.Д.Ломотько</i>	111
36. Negative consequences of hostilities for logistics companies. <i>Г.І. Шелехань</i>	114
37. Аналіз сучасного стану визначення раціонального варіанту доставки обладнання та механізмів з Китаю в Україну. <i>В.Ю. Бойко, О.В. Павленко</i>	116
38. Дослідження мастильної здатності вузлів тертя підвіски автомобіля. <i>О.В. Диха, О.П. Бабак, О.М. Маковкін, С.Ф. Посонський</i>	118
39. Розв'язання проблеми ефективності інформаційних технологій з використанням SOLIDWORKS при технічному обслуговуванні автомобілів. <i>А.В. Ліщук, О.Ю. Рудик</i>	121
40. Проектування вітрової електростанції з можливістю її використання для підзарядки батарей електромобілів. <i>О.В. Диха, С.Ф. Посонський, О.П. Бабак</i>	124
41. Про один спосіб оцінювання енергоефективності функціонування транспортних систем. <i>Н.Л. Костьян</i>	129
42. Аспекти підвищення ефективності експлуатації вантажних автомобілів. <i>Є.В. Лук'яненко, О.Ю. Лук'яненко</i>	131
43. Створення нових методів інженерії поверхні деталей машин і механізмів. <i>І.В. Шепеленко, Е.К. Посвятенко</i>	135
44. Аналіз напружено-деформованого стану іонноазотованих зразків із покриттям в умовах ізотермічної та термоциклічної повзучості. <i>А.В. Рутковський, С.І. Маркович, С.С. Михайлюта</i>	137
45. Вплив плазмо-електролітної обробки алюмінієвих ливарних сплавів АК9 та АК12 на їх абразивну зносостійкість. <i>М.М. Студент, І.М. Погрелюк, С.І. Маркович, В.М.Гвоздецький, Х.Р.Задорожна, В.І. Топчій</i>	141
46. Вплив розрахункових параметрів методу граничних станів на надійність сталевих кроквяних балок. <i>В.А. Пашинський, М.В. Пашинський, В.С. Шамара</i>	145
47. Підвищення довговічності гільз циліндрів ДВЗ формуванням регулярного мікрорельєфу у відповідності до їх напружено-деформованого стану. <i>В.О. Дубовик, Ю.А. Невдаха, В.В. Пукалов</i>	149
48. Огляд методів діагностування форсунок бензинових двигунів. <i>М.В. Красота, І.В. Шепеленко, .Р.А. Осін</i>	151

49. Діагностичні ознаки несправностей механічних коробок передач та їх акустичні прояви. <i>М.В. Красота, І.В. Шепеленко, Р.А. Осін</i>	154
50. До питання транспортування знищеної або пошкодженої військової техніки російської федерації з території сільгоспугідь. <i>В.В. Аулін, О.Д. Деркач, Д.О. Макаренко, Є.С. Муранов</i>	157
51. Дослідження властивостей конструкційних пластиків на основі фенілону С1. <i>О.С. Кабат, Д.О. Макаренко, О.Д. Деркач, Є.С. Муранов</i>	162
52. Вплив конфігурацій мікронерівностей на контактну температуру зони тертя рухомих трибоспряжень деталей з полімерокомпозитних матеріалів. <i>В.В. Аулін, С.В. Лисенко, А.В. Гриньків, О.В. Кузик, В.А. Побива</i>	163
53. Технічна діагностика транспортних машин як основа стану кіберфізичної системи. <i>А.В. Гриньків, В.В. Аулін, А.О. Головатий, О.М. Лівіцький, В.О. Дяченко, Є.С. Галінський</i>	165
54. Вплив модифікування моторної та трансмісійної оливо композиційними добавками на підвищення ресурсу транспортних машин. <i>С.В. Лисенко, В.В. Аулін, А.Є. Чернай, Д.В. Голуб, І.П. Лукашук</i>	170
55. Елементно-модульний метод системи технічного сервісу транспортних машин. <i>А.В. Гриньків</i>	173
56. Моделювання ефективності та надійності транспортних операцій. <i>В.В. Аулін, Д.В. Голуб, С.В. Лисенко, А.С. Замуренко, Н.О. Рябцев, О.О. Ганчар</i>	177
57. Ентропійний підхід у визначенні ефективності і надійності транспортних систем та транспортних засобів. <i>А.В. Гриньків, С.В. Лисенко, О.В. Богдан, А.О. Манолій, І.С. Головченко</i>	181
58. Development of multi-joint power transmission system for agricultural machinery. <i>Bülent PİŞKİNİ</i>	184

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ І ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИН, ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ. IMPROVING THE RELIABILITY AND EFFICIENCY OF MACHINES, PROCESSES AND SYSTEMS

IV Міжнародна науково-практична конференція

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

**13-15 квітня 2022 року
м. Кропивницький**

Відповідальні за випуск: В. В. Аулін, професор кафедри експлуатація та ремонт машин ЦНТУ України.

Редактор: В. В. Аулін.

Дизайн і верстка: С. В. Лисенко.

Редакційна колегія не несе відповідальності за зміст представлених матеріалів

Підписано до друку 11.04.2022 р. Формат 60x80/16.
Ум друк. арк. – 12,4. Обл.-вид. – 11,7.
Наклад 100 прим. Зам № 21/2022.

РВЛ ЦНТУ. 25006, м. Кропивницький, пр. Університетський, 8
Тел. 390-441, 559-245.