



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



Збірник матеріалів VII Міжнародної науково-практичної конференції,
20 – 22 листопада 2024 р.

Proceedings of the VII International Scientific and Practical Conference,
November 20-22, 2024.



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

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

Кропивницький 2024

Kropyvnytskyi 2024

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

Кафедра експлуатації та ремонту машин

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

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ

VII Міжнародної науково-практичної конференції

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

COLLECTION OF MATERIALS

VII International scientific and practical conference

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



**Кропивницький
20-22 листопада 2024 року
Kropyvnytskyi
November 20-22, 2024**

УДК:656.02, 656.05, 656.07

Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту : VII Міжнар. наук.-практ. конф., 20-22 листоп. 2024 р., м. Кропивницький : зб. матер. / М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та рем. машин. – Кропивницький : ЦНТУ, 2024. – 219 с.

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

Основні напрями роботи конференції:

- сучасні та перспективні конструкції засобів транспорту;
- розвиток технологій обслуговування, сервісу та ремонту засобів транспорту;
- вдосконалення технологій транспортних процесів та безпеки дорожнього руху;
- підвищення надійності та ефективності функціонування засобів транспорту та автомобільних транспортних підприємств;
- система інжинірингу на автомобільному транспорті;
- нове нормативне та законодавче забезпечення ефективності функціонування та розвитку автомобільного транспорту;
- економіка та організація роботи автомобільного транспорту, ринок транспортних послуг;
- автоматизація процесів управління та сучасні інформаційні технології на автомобільному транспорті;
- "зелений" транспорт та перспективні методи зменшення екологічного навантаження автомобільного транспорту на довкілля;
- вдосконалення та використання нових конструкційних та експлуатаційних матеріалів на життєвих циклах засобів транспорту;
- інтелектуальні транспортні системи та транспортні засоби;
- інтегровані логістичні системи підтримки життєвого циклу засобів транспорту та транспортної інфраструктури;
- мехатроніка, електроніка та ергономіка на автомобільному транспорті;
- підвищення якості підготовки фахівців з спеціальності 274 "Автомобільний транспорт" та 275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті).

UDC:656.02, 656.05, 656.07

Innovative technologies for the development and efficiency of road transport: VII International science and practice conference, November 20-22 2024, Kropyvnytskyi: coll. mat.s / Ministry of Education and Science of Ukraine, CentralUkraine National Technical University, Department of Operation and Maintenance cars – Kropyvnytskyi: CNTU, 2024. – 219 p.

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

The main directions of the conference:

- modern and promising designs of means of transport;
- development of technologies for maintenance, service and repair of means of transport;
- improvement of technologies of transport processes and road safety;
- increasing the reliability and efficiency of the functioning of means of transport and automobile transport enterprises;
- system of engineering in road transport;
- new normative and legislative provision of efficiency of functioning and development of road transport;
- economy and organization of road transport, market of transport services;
- automation of management processes and modern information technologies in road transport;
- "green" transport and promising methods of reducing the ecological burden of road transport on the environment;
- improvement and use of new construction and operational materials in the life cycles of means of transport;
- intelligent transport systems and vehicles;
- integrated logistics systems supporting the life cycle of means of transport and transport infrastructure;
- mechatronics, electronics and ergonomics in road transport;
- improving the quality of training of specialists in the specialty 274 "Automobile transport" and 275.03 Transport technologies (on road transport).

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова:

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

Заступник голови:

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

Відповідальний секретар:

Олена СОКОЛОВСЬКА, кандидат економічних наук., доцент кафедра міжнародних економічних відносин ЦНТУ;

Члени оргкомітету:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(Польща);

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Василь МАТЕЙЧИК, доктор технічних наук, професор, Жешувська Політехніка ім. Ігнація Лукасевича (Польща);

Юрій МОНАСТИРСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор, Криворізький національний університет;

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

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

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

Вікторія НІКОНЧУК, доктор технічних наук, професор, завідувачка кафедри транспортних технологій і технічного сервісу, Національний університет водного господарства та природокористування;

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

Олегас ПРЕНТКОВСКИС, PhD, професор кафедри мобільних машин і

залізничного транспорту Вільнюського технічного університету імені Гедімінаса (Литва);

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

Мирослав ОЛІСКЕВИЧ, доктор технічних наук професор, професор кафедри експлуатації та технічного сервісу машин імені професора Семковича О.Д., Львівський національний аграрний університет;

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

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

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

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

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

Олександр РОССОЛОВ, PhD, професор Університету природних ресурсів і наук про життя (Відень);

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

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

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

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

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

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

Члени робочої групи оргкомітету:

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

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

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

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

Сергій КОВАЛЬОВ, докторант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Олександр МАТВІЄНКО, докторант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

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

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

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

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

Олексій ТЕРТИЦЯ, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

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

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

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

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

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

Віктор БАЙЦАН, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Віталій ЧУМАК, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Єгор МАНЬКО, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Денис ДЯЧЕНКО, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

Вадим ЯЦЕНКО, аспірант кафедри експлуатації та ремонту машин, ЦНТУ;

УДК 621.793.620.172

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН МІКРОДУГОВИМ ОКСИДУВАННЯМ З НАСТУПНИМ МОДИФІКУВАННЯМ ПОКРИТТЯ

Циганенко Я.С., *ст. гр. ТС23М-2,*

Бевз О.В., *доц., канд. техн. наук,*

Маркович С.І., *доц., канд. техн. наук.*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Відомо, що під час експлуатації сільськогосподарської техніки близько 50 % її деталей перетворюється на непрацездатний стан завдяки зношенню, які перевищують 0,1 мм. Значну частку в цьому обсязі займають деталі з алюмінієвих сплавів, що мають позитивні властивості і завдяки цьому широко застосовуються в сільськогосподарському машинобудуванні, але мають низьку зносостійкість і, відповідно, ресурс. Одним із сучасних та перспективних способів відновлення з одночасним зміцненням деталей з алюмінієвих сплавів з таким зносом, який позбавлений багатьох недоліків властивим іншим методам, є мікродугове оксидування (МДО) [1].

У зв'язку з вищевикладеним, для надання антифрикційних властивостей рухомому з'єднанню деталей машин доцільно розробити новий спосіб включення частинок нанопорошку CuO до складу МДО – покриття. Реалізацією ідеї може бути часткова зміна самого способу дугового електрофореzu, а саме включення частинок нанопорошка CuO в МДО покриття після його повного формування. Цей спосіб передбачає повне формування МДО покриття на алюмінієвому сплаві (первинна обробка). Потім видалення пухкого, технологічного шару МДО покриття. Нанесення та закріплення частинок нанопорошку CuO на поверхню МДО покриття. Далі, для розплавлення та закріплення міді у порах зміцненого шару проводиться дуговий електрофорез (вторинна обробка). У зв'язку з цим доцільно підібрати раціональний склад електроліту і режими МДО, що дозволяють отримувати на відновленій робочій поверхні деталі з алюмінієвого сплаву оптимальну мікротвердість, товщину і пористість зміцненого шару для подальшого впровадження дуговим електрофорезом в пори МДО покриття частинок нанопорошка Cu деталей машин мають покриття даного типу [1, 2].

Був розроблений технологічний процес відновлення із зміцненням поршня гідроциліндра з алюмінієвого сплаву АК7ч МДО покриттям модифікованим частинками нанопорошку CuO , що включає такі операції [3, 4]:

1. Очищення поршня від масла і продуктів зносу у мийній машині з подальшим висушуванням.

2. Дефектація поршня гідроциліндра. Проводять вимірювання зношування робочої поверхні поршня та оглядають його для виявлення тріщин, сколів і задирок. При виявленні тріщин та сколів деталь вибраковують.

3. Після дефектації поршень гідроциліндра піддається механічній обробці. На круглошліфувальному верстаті 3А161 шліфують його робочу поверхню. Шліфування проводиться у 2 етапи: попереднє та чистове. Глибина попереднього шліфування – 0,025...0,060 мм, а чистового – 0,005 мм.

3. Після механічної обробки поршень гідроциліндра піддається повторному очищенню, а потім знежиренню. Знежирення проводять у водному розчині, що містить 5...10 г/л NaOH , 40...50 г/л Na_3PO_4 та 3...5 г/л Na_2SiO_3 за температури 60...70 °С тривалістю 1,5 хвилини [3]. Далі поршень промивається водою при температурі 40...50 °С і обдувається стисненим повітрям.

4. Проводимо МДО (первинна обробка) робочої поверхні поршня гідроциліндра. Закріплюємо поршні на розробленій підвісці занурюємо у ванну оксидування використовуючи електроліт з наступним вмістом компонентів: КОН - 2 г/л, Na_2SiO_3 - 10 г/л. Режими МДО: густина струму - 25 А/дм^2 , температура електроліту - 40°C , тривалість оксидування - 90 хв. У канавки на робочих поверхнях поршнів встановлюємо захисні півкільця. Після МДО поршні знімають з підвіски, видаляють залишки герметика і напівкільця, промивають проточною водою і обдувають стисненим повітрям.

5. Видалити технологічний шар МДО покриття механічним способом за допомогою еластичного абразивного інструменту. Потім поршень піддають чистовому шліфуванню в необхідний розмір, глибина шліфування в межах - $0,005...0,010 \text{ мм}$.

6. Проведення очистки і знежирення поршня. Після цього на робочу поверхню поршня наноситься розчин-носіє нанопорошку CuO , при цьому розчин-носіє має наступні пропорції компонентів по масі: 1 частина нанопорошку CuO + 3 частини Na_2SiO_3 + 3 частини дистильованої води. Після нанесення розчину-носія він висушується на відкритому повітрі протягом 50 хвилин. Далі поршень гідроциліндра піддається дугового електрофореzu (вторинної обробки) в електролітичній ванні з електролітом наступного складу: КОН – 0,5 г/л, Na_2SiO_3 – 2 г/л.

7. Проведення вторинної обробки на таких режимах: щільність струму - 25 А/дм^2 , тривалість обробки - 1 хв., Температура електроліту - $15...20^\circ\text{C}$. Вторинна обробка деталі проводиться тільки ванним способом, тому що при використанні способу з проточною циркуляцією електроліту інтенсифікуватиметься процес розчинення розчину-носія нанопорошку CuO .

8. Після вторинної обробки поршень гідроциліндра промивають у проточній воді та обдувають стисненим повітрям. Потім проводять фінішну механічну обробку. Робочу поверхню поршня піддають притиранню в необхідний розмір і шорсткість. При цьому використовують притираючий порошок з бору-карбіду зернистістю М40.

В результаті досліджень зроблено висновки:

1. Удосконалено модель струму пробою при вторинній обробці, яка враховує електрофізичні параметри наскрізної пористості, розчину-носія частинок нанопорошку CuO та електрорушійної сили джерела живлення та встановлює взаємозв'язок між розчиненням розчину-носія в електроліті та зменшенням потреб для дугового електрофореzu електричного струму.

2. Теоретично розрахована та експериментально підтверджена сила струму, за якою визначається закінчення вторинної обробки і вона становить $8,19...8,27 \text{ А}$. Оптимальна тривалість вторинної обробки, що дозволяє включати у зовнішній шар сформованого МДО-покриття найбільшу кількість частинок CuO нанопорошку, становить 1 хв.

3. Після припрацювання та випробувань протягом 50 годин для пари тертя "сталь 40Х – МДО покриття модифіковане CuO " коефіцієнт тертя стає в $1,9...2$ рази нижчим ніж у еталонної пари тертя. Зносостійкість рухомого з'єднання "сталь 40Х – МДО покриття модифіковане CuO " в $1,5...2$ рази вище, ніж у рухомого з'єднання "сталь 40Х – МДО покриття".

4. На підставі результатів теоретичних та експериментальних досліджень розроблено новий спосіб формування зносостійких покриттів на деталях з алюмінієвих сплавів.

Список використаних джерел

1. Основи технології мікродугового оксидування: Навчальний посібник. - К.: "ІД Альянс", 2008 - 80 с.
2. Мікродугове оксидування: теорія, технологія, обладнання/І.В. Сумінов, А.В. Епельфельд, та інших. - К.: ЕКОМЕТ, 2005. - 368 с.
3. Кузнецов, Ю.А. Відновлення та зміцнення деталей машин та обладнання АПК мікродуговим оксидуванням [Текст]: автореф. дис. докт. техн. Наук/Ю.А. Ковалів. - К., 2006. - 35 с.
4. Міхеев, А.Є. Технологічні можливості мікродугового оксидування алюмінієвих сплавів [Текст] / О.Є. Міхеев, Н.А. Терьохін, В.В. Стацупа// Вісник машинобудування. - 2003. - № 2. - С. 56-63.

УДК 629.113

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ГАЛЬМІВНОГО МЕХАНІЗМУ

Коваль Д.П., ст. гр. АТ23М-1,

Бевз О.В, доц., канд. техн. наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Гальмівні пристрої є невід'ємною частиною систем активної безпеки транспортних засобів. Відмови гальмівної системи становлять 36 % від усіх несправностей, що призводять до дорожньо-транспортних пригод. Основою безпечної експлуатації є відповідність заявленим параметрам стабільних значень експлуатаційних характеристик гальмівних фрикційних пристроїв на всьому життєвому циклі. Оцінка експлуатаційних параметрів гальмівних пристроїв має базуватися на сучасних методах розробки, що враховують взаємозалежні характеристики ефективності та енергоємності фрикційних вузлів та параметри тепловідвідних пристроїв гальм.

Спираючись на праці вітчизняних і зарубіжних дослідників можна зробити висновок, що розроблені методи проектування не враховують безліч змінних факторів, що входять у формувальний гальмівний момент [1, 2]. Особливо це наочно демонструється при використанні притискаючих механізмів у фрикційних гальмівних пристроях. Використання притискаючих механізмів у гальмівних пристроях призводить до зростання температур на робочих поверхнях, що висуває вимогу до проектування вузлів охолодження відповідно до формованих експлуатаційних параметрів гальма.

Взаємодія робочих поверхонь – це нестаціонарний процес, що відбувається по всьому силовому пристрої. Кожен притискаючий механізм силового пристрою здійснює не тільки поперечне, а й кутове переміщення.

При використанні приводу силового пристрою з n кількістю притискних елементів на колодці утворюється безліч точок тиску. Для оцінки експлуатаційних параметрів стабільності та ефективності гальмівних пристроїв необхідно обчислити точку, що визначає положення центру тиску.

Аналіз системи "притискаючий елемент – гальмівна колодка – гальмівний диск" дозволяє зробити висновок про безліч критеріїв, що визначають кількість притискаючих елементів силового пристрою дисково-колодкового типу [3]. Крім радіусів від осі обертання диска до центрів притискаючих елементів у розрахунку беруть участь кути, що визначають положення центрів притискних елементів щодо осі симетрії гальмівної колодки рисунок 1.

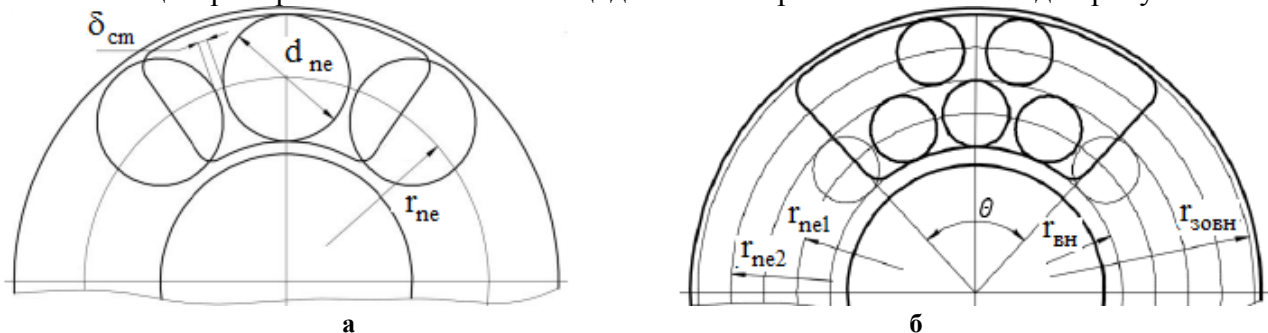


Рисунок 1 – Умови вибору кількості притискаючих елементів, що знаходяться на рівному (а) та на різному (б) віддаленні від осі обертання диска.

Для верифікації методу розробки були проведені випробування силових пристроїв дисково-колодкового типу з єдиною колодкою гальмівною і різною кількістю притискаючих елементів: двома, трьома, п'ятьма і шістьма. Розміри притискаючих елементів та геометрія розміщення їх щодо колодки відповідали розрахунковим схемам [4, 5]. Порівняльна

характеристика середніх гальмівних моментів ($M_{\text{ср}}$) у встановленому режимі та параметри стабільності серійного гальмівного пристрою та запропонованих альтернатив представлені на рисунку 2.

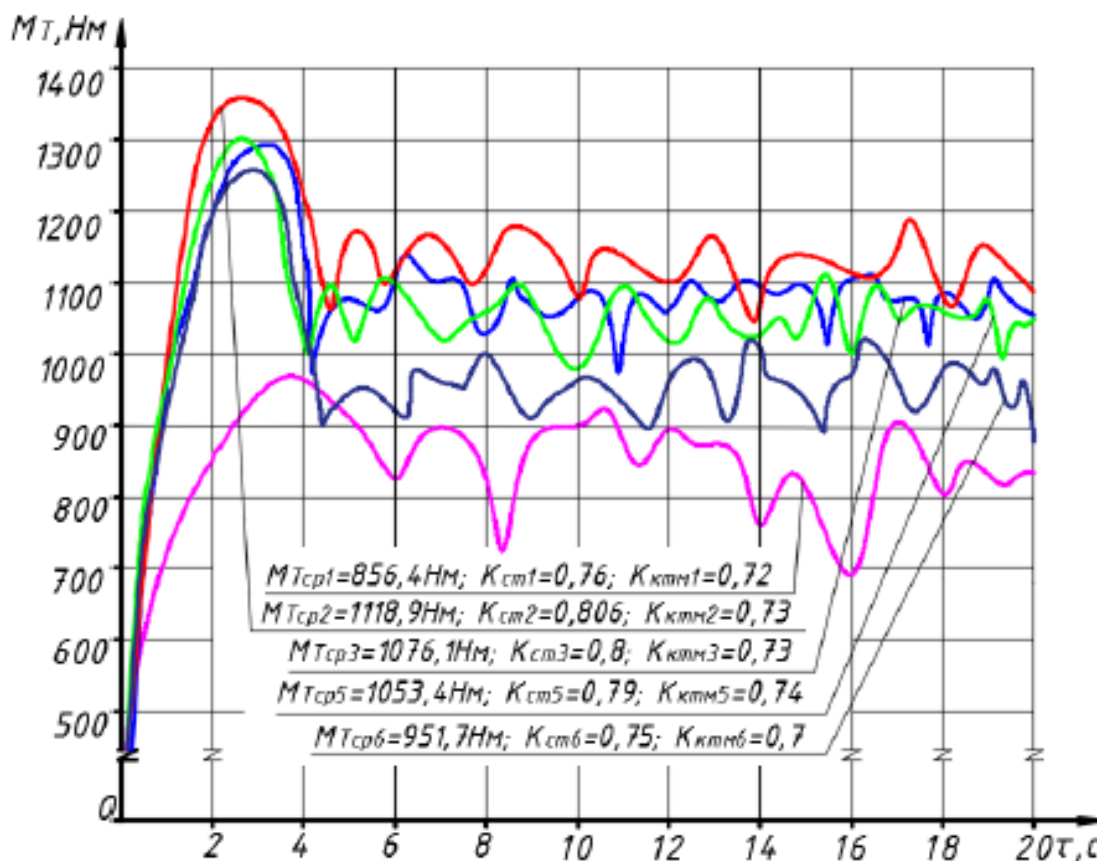


Рисунок 2 – Діаграми гальмівних моментів серійних та пропонованих силових пристроїв дисково-колодкового типу в залежності від кількості притискаючих елементів (з одним, двома, трьома, п'ятьма та шістьма)

Відхилення від розрахункових значень $M_{\text{тцд}}$, отриманих на підставі розробленої методики, у середньому склали 1,6 %, тоді як $K_{\text{см}}$ та $K_{\text{кмм}}$ були збільшені порівняно з отриманими результатами методу розробки. Відхилення за $K_{\text{см}}$ в середньому для п'яти варіантів силових пристроїв становило 22,5 %, а за $K_{\text{кмм}}$ – 22,7 %. Але при збільшених значеннях відхилень $K_{\text{см}}$ і $K_{\text{кмм}}$ результати експерименту повторювали тенденцію розрахункових даних, а саме найбільші значення критеріїв оцінки стабілізації при гальмуванні досягалися за допомогою двох притискних елементів в гальмівному пристрої.

В результаті досліджень зроблено висновки:

1. Розроблено математичні моделі нестационарних процесів для дисково-колодкових фрикційних гальмівних пристроїв з різними притискними механізмами для визначення залежностей кутових та поперечних переміщень гальмівних колодок у процесі гальмування на основі взаємозв'язку інерційних характеристик, жорстких та демпфувальних параметрів елементів силових пристроїв.

2. На основі розрахунків алгоритмів розподілених силових факторів за площею робочих поверхонь та структурно-параметричного синтезу запропоновано методи розробки фрикційних гальмівних пристроїв різних типів, що дозволяють виходячи з кількості та розмірів притискних елементів оцінювати ефективність гальмівних пристроїв за допомогою критеріїв стабільності та змінювати структуру та режими вузла від параметра енергоємності.

3. Використання при натурних випробуваннях гальмівного пристрою дисково-колодкового типу з шестипоршневим супортом довело зниження лінійного зношування накладок у радіальному напрямку на 58,6 % та в тангенціальному напрямку на 68,4 % щодо силового пристрою з однопоршневим супортом.

Список використаних джерел

1. Волощук В.В. Моделювання теплового стану та енергоємності автомобільних барабанних гальм та визначення їх раціональних конструктивних параметрів: дис. ... канд. техн. наук. Харків, 2011. – 217 с.
2. Оцінка експлуатаційних гальмових властивостей автомобілів в умовах неточності вихідних даних: монографія /А. А. Кашканов, В. М. Ребедайло, В. А. Кашканов. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 148 с.
3. Сосик А.Ю. Підвищення ефективності приводу дискових гальмівних механізмів автомобілів категорії М1 : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.02 / Андрій Юрійович Сосик. Київ, 2012. – 200 с.
4. Вольченко А.І. Тепловий розрахунок гальмівних пристроїв. Львів : Вища школа, 2001. – 133 с.
5. Гудз Г.С. Обґрунтування методів досліджень та теплового розрахунку фрикційних вузлів автотранспортних засобів : дис... д-ра техн. наук. Харків, 1998. – 293 с.

УДК 622.24.054

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВЗ ШЛЯХОМ ЇХНЬОГО ПЕРЕВЕДЕННЯ НА ВОДНЕВІ СУМІШІ

Добуш А. І., асп.,
Солярчук І. М., асп.,
Гріштор Т. Т., асп.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ,
Україна*

Метою даної роботи є експериментальні дослідження можливості використання альтернативних водневих палив для дизельних двигунів автомобільного транспорту з використанням теплоти відпрацьованих газів.

Теоретичні основи подібних систем живлення двигунів внутрішнього згоряння в сучасній дослідницькій практиці залишаються маловивченими. Однак вони представляють суттєвий інтерес з точки зору оцінки потенційних можливостей застосування двигунів з термохімічною регенерацією в складі систем живлення і підвищення ефективності використання енергії альтернативних видів палива, зокрема для існуючих дизельних двигунів, які будуть переобладнані на газові.

Оцінка ефективності використання альтернативних водневих палив була проведена в лабораторних умовах на моторному стенді. Схема експериментального стенду на базі дизельного двигуна Д21А1 для дослідження показників його роботи продуктах конверсії метанолу зображена на рис. 1., зовнішній вигляд стенду – на рис. 2.

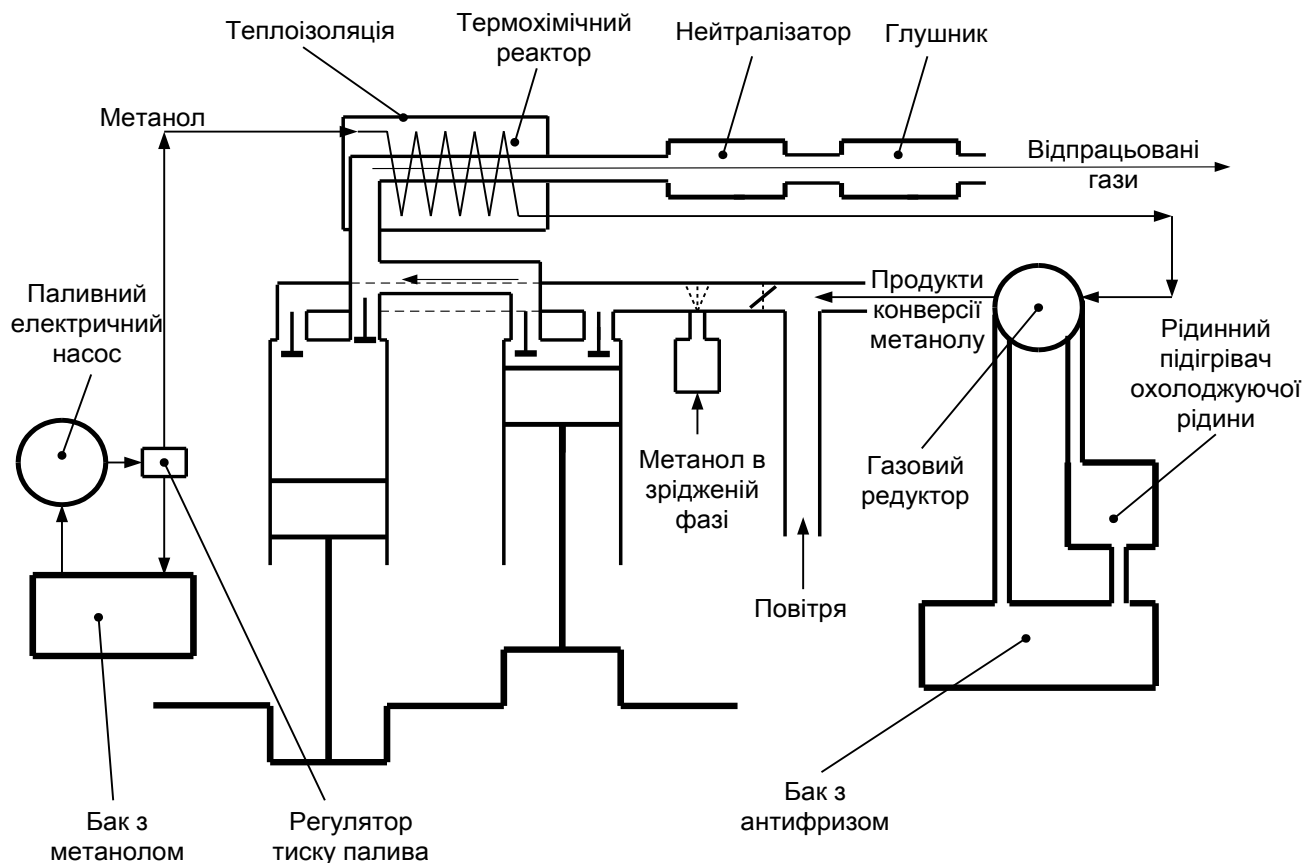
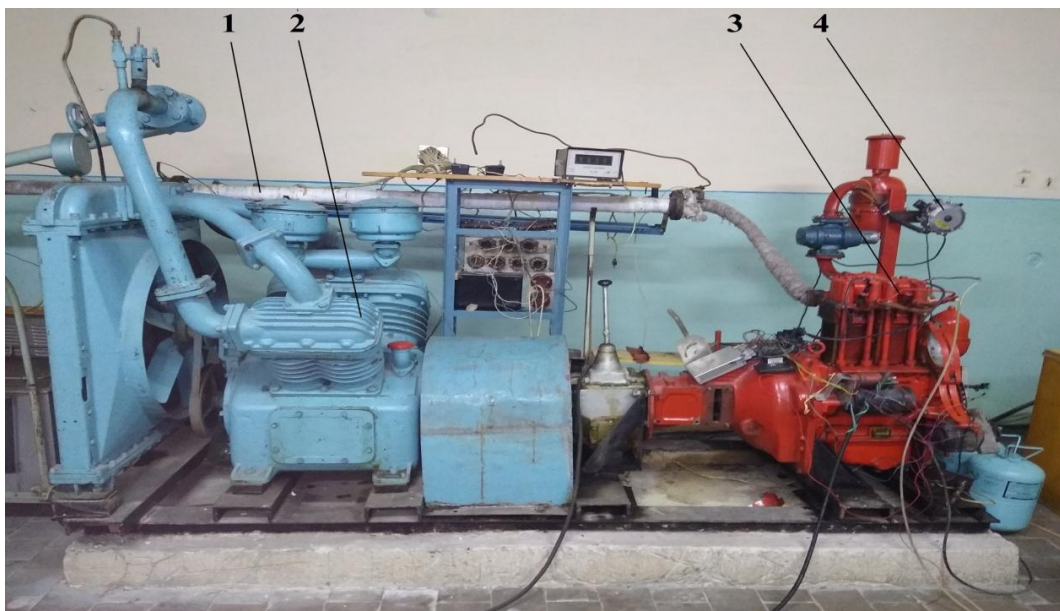


Рисунок 1 – Схема експериментального стенду на базі дизельного двигуна Д21А1 для дослідження показників його роботи на альтернативних водневих паливах



1 – термохімічний реактор; 2 – навантажувальний пристрій двигуна внутрішнього згоряння; 3 – дизельний двигун Д21А1; 4 – газовий редуктор

Рисунок 2 – Зовнішній вигляд стенду на базі двигуна Д21А1 для дослідження показників роботи на альтернативних водневих сумішах

Двигун експериментального стенду міг працювати в трьох режимах: подача дизельного палива в зрідженій фазі через форсунки; подача продуктів конверсії метанолу через газовий редуктор; подача метанолу в зрідженій фазі через форсунки. Метанол подавався з паливного баку за допомогою електричного паливного насоса через регулятор тиску палива. Для компенсації відносно низької теплоти згоряння метанолу та збільшення його подачі регулятор тиску палива забезпечував подачу метанолу під тиском 0,5 МПа. Для забезпечення регулювання метанольно-повітряної суміші на двигун був змонтований дросельний патрубок з дросельною заслінкою. Підігрів метанолу для одержання продуктів конверсії здійснювався від відпрацьованих газів або використовувався рідинний підігрівач охолоджуючої рідини під час пуску холодного двигуна та при його прогріванні.

Для забезпечення холодного пуску двигуна в режимі роботи від продуктів конверсії метанолу перед газовим редуктором був змонтований рідинний підігрівач охолоджуючої рідини Webasto Thermo Top C (5 кВт). Рідинний підігрівач охолоджуючої рідини відключався при досягненні відпрацьованими газами температури 300 °С. Термокаталітичний реактор конверсії метанолу встановлювався у випускній системі дизеля в безпосередній близькості від випускного колектора.

Метою експериментальних досліджень було порівняння основних потужнісних та паливно-економічних характеристик переобладнаного дизельного двигуна при його роботі на дизельному паливі та продуктах конвертації метанолу. Для оцінки енергозберігаючого ефекту були проведені експериментальні дослідження на моторному стенді двигуна Д21А1.

Експериментальні залежності зовнішньої швидкісної характеристики дизельного двигуна Д21А1, конвертованого на дизельне паливо, метанольне паливо та альтернативну водневу паливну суміш наведені на рис. 3. Аналізуючи експериментальні значення потужності, встановлено, що при номінальній швидкості ($n = 1800 \text{ хв}^{-1}$) ефективна потужність N для дизельного палива становила 18,1 кВт, а для продуктів перетворення метанолу – 10,1 кВт (1 кг метанолу / 14,3 кг повітря). В середньому значення ефективної потужності N двигуна у всьому діапазоні частот колінчастого валу в порівнянні з дизельним паливом, що працює на продуктах перетворення метанолу (1 кг метанолу / 14,3 кг повітря), зменшилося на 45 %. Аналізуючи експериментальні значення потужності, було встановлено, що при номінальній частоті ($n = 1800 \text{ хв}^{-1}$) ефективна потужність N для метанольного палива (1 кг метанолу / 6,45 кг повітря) становила 17,1 кВт, але на продуктах конверсії метанолу (1 кг метанолу / 6,45 кг повітря) дорівнювала 21,2 кВт (1 кг метанолу / 6,45 кг

повітря). В середньому значення ефективної потужності N двигуна у всьому діапазоні частот колінчастого валу в порівнянні з дизельним паливом, що працює на метанольному паливі (1 кг метанолу / 6,45 кг повітря) зменшилося на 5 %, для перетворення метанолу продуктів (1 кг метанолу / 6,45 кг повітря) збільшився на 14 %.

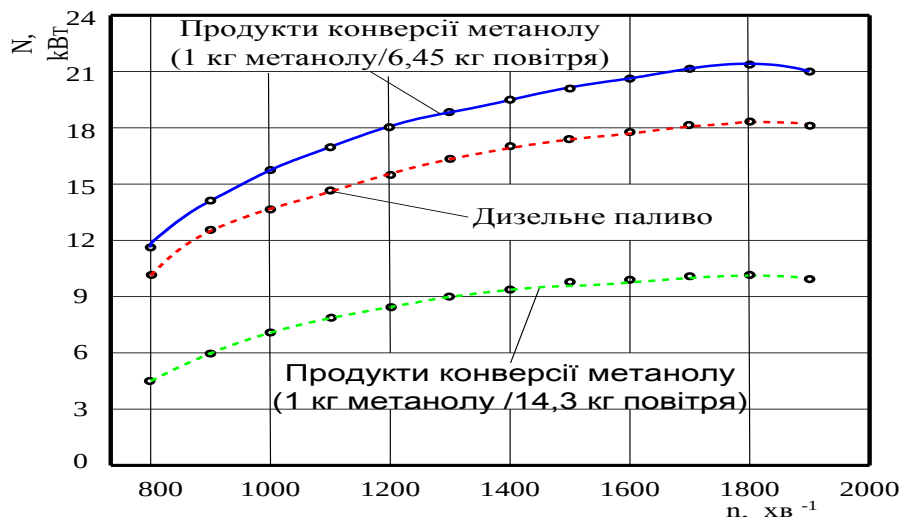


Рисунок 3 – Експериментальні залежності ефективної потужності N від частоти обертання колінчастого валу двигуна n для різних моторних палив

Проведені дослідження показали, що з врахуванням того, що ціна метанолу складає, в середньому, 10-20 % від вартості дизельного палива, переведення дизельних двигунів на роботу з використанням продуктів конверсії метанолу є досить вигідним. Зниження витрати палива супроводжується поліпшенням екологічних якостей дизеля, що працює спільно з термохімічним реактором конверсії метанолу. Застосування розглянутого способу утилізації енергії випускних газів в транспортних двигунах представляється досить перспективним. Завдяки технічній простоті його реалізація не вимагає великих фінансових вкладень та кардинального переобладнання існуючого виробництва двигунів.

В якості базового двигуна може бути використана будь-яка серійна модель дизельних двигунів. Це стосується як тих двигунів, що знаходяться в експлуатації, так і нових двигунів. Основний елемент конверсійної системи – термохімічний реактор – являє собою найпростішу конструкцію теплообмінного апарату, масові та габаритні характеристики якого в обсязі звичайного глушника забезпечують зручність його установки у випускній системі двигуна.

Важливим стимулом подальшого розвитку подібних систем є те, що вони обумовлюють можливість сукупного вдосконалення характеристик транспортного засобу за комплексом показників. Їх реалізація на транспортних засобах дозволяє, зокрема, утилізувати відхідну теплову енергію, удосконалювати процеси згоряння, покращувати екологічні якості транспортних засобів, забезпечуючи при цьому можливість заміни традиційного нафтового палива альтернативним енергоносієм з поновлюваних джерел, сприяючи таким чином вирішенню глобальної проблеми ресурсозбереження.

УДК 629.113

ДО ПИТАННЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ТРИЛАНКОВИХ АВТОПОЇЗДІВ В УКРАЇНІ

Сахно В.П.¹, проф., д-р техн. наук,
Мурований І.С.², доц., канд. техн. наук,
Поляков В.М.¹, проф., канд. техн. наук,
Шарай С.М.¹, проф., канд. техн. наук,
Паламарчук О.В.¹, асп.,

¹Національний транспортний університет, Україна

²Луцький національний технічний університет, Україна

З кожним роком зацікавленість у триланкових автопоїздах охоплює багато країн та автомобілебудівників світу. Вони вже широко застосовуються у багатьох галузях промисловості, сільського господарства. Для того, щоб автопоїзди відповідали майбутнім зростаючим вимогам, необхідно по-новому дивитися на питання, збільшуючи максимальну масу і довжину автопоїздів, приймаючи до уваги дорожні обмеження. Задля уникнення руйнування доріг, сьогоденні максимальні навантаження на осі необхідно залишити сталими. Але додатково потрібно покращувати безпеку руху і керованість у транспортному потоці. Нові технології, такі як пневматична підвіска, дискові гальма, ретардери, електронні системи стабілізації або активне рульове керування можуть задовільнити поставлені вимоги.

Ці міркування приводять нас до концепції багатоланкових автопоїздів, які вже використовуються за межами Європи. Наприклад, у Австралії звичайним є автопоїзд довжиною до 50м, проте використання таких автопоїздів у нинішньому технологічному виконанні неможливе на дорогах Європи, характеристики їх стабільності та керованості далекі від ідеалу. Тому необхідна нова концепція багатоланкових автопоїздів [1].

Свою появу трюхланкові автопоїзди завдячують модульній системі. Ця система є передписуючою і з'явилася, виходячи з існуючих параметрів транспортних засобів. Проте такий підхід включає в себе елементи PBS (Performance Based System), при застосуванні якої беруться до уваги характеристики нової концепції [1].

Правила перевезення вантажів, як і правила дорожнього руху, мають тенденцію час від часу трохи змінюватися. Так, нещодавно в Данії задумалися про необхідність використання довгих фур довжиною 34 метри на дорогах загального користування. Таке нововведення пов'язане із задумом зменшити кількість викидів. Якщо місцеві політики підтримають цю ініціативу, то Данія може стати другою країною Європи, де дозволять їздити автопоїздами довше 30 метрів, а саме на фурах з подвійними причепами (34,5 м). Раніше таку ініціативу на своїх дорогах вже підтримала Швеція, а також зараз йдуть розмови про те, щоби дозволити використання довгогабаритних транспортних засобів на дорогах Польщі [2]. Пояснюється це тим, що завдяки використанню довгомірних триланкових автопоїздів при виконанні одного і того ж обсягу перевезень кількість поїздок та загальний пробіг у середньому зменшився на 32% у порівнянні з дволанковими автопоїздами, із мінімальною різницею для різних компаній перевізників. При порівнянні було з'ясовано, що у середньому витрата палива зменшується на 15%. Рівень викидів вуглекислого газу напряму залежить від витрати палива. Її зменшення також позитивно впливає на рівень викидів оксидів азоту NO_x. Зменшення загального пробігу і кількості поїздок, безперечно, сприяє зменшенню шкідливого впливу на навколишнє середовище. Таким чином, можна стверджувати, що використання триланкових автопоїздів сприяє зменшенню викидів CO₂ у середньому на 15%, а також загалом покращує вплив автомобілів на навколишнє середовище. Крім того, зменшення транспортних витрат у середньому складає 23 % [1].

Автопоїзди повною масою 60 т можуть з'явитися і в Україні. З метою максимальної відповідності автопоїздів конкретним умовам експлуатації, можливості формування автопоїздів великої вантажопідйомності з наявного рухомого складу без суттєвої зміни його конструкції застосовують модульний принцип їх формування. У такому випадку автопоїзд, як модульна система, складається з автомобіля-тягача (сідельного або загального призначення), вантажної платформи (здебільшого спеціалізованої), ходових візків причіпних ланок (причепа довжиною 7,82 м або напівпричепа довжиною 13,6 м). Такі провідні компанії як MAN, Volvo, Scania, DAF, Renault, Krone, Schmitz Cargobull AG та ін. постійно ведуть модернізацію вузлів та агрегатів, розробляють нові системи для покращення маневрених та експлуатаційних властивостей автопоїздів, зокрема [3] - використання поворотних самоустановлювальних осей причіпних ланок для покращення вписуваності у поворот; системи телематики, які дозволяють оцінювати й відслідковувати експлуатацію автопоїздів; застосування RSP (Roll Stability Program), що у рамках фізичних параметрів запобігає заносу напівпричепа; впровадження системи EBS - рівномірний розподіл гальмової сили між усіма осями автопоїзда та системи контролю тиску повітря в шинах вантажних автопоїздів, що поліпшує керуваність, зменшує знос шин, приводить до зменшення витрати палива; використання гідромеханічної системи керування поворотом коліс, за допомогою якої причіпні ланки автоматично повертаються в залежності від кута повороту тягача; цинкування шасі (MODULOS) разом із спеціально обробленими втулками; модернізована система ресор MRH (Multi Ride Height) дозволяє справлятися з різними дорожніми ситуаціями тощо.

При наявності у автопоїзда більше трьох ланок труднощі виникають у тому, що суттєво ускладняється дослідження руху такого багатоланкового АТЗ з причини необхідності урахування впливу значної кількості факторів на характер руху усіх ланок. Взаємодія сусідніх ланок при русі автопоїзда розповсюджується в решті-решт на весь транспортний засіб і викликає певні відхилення складових автопоїзда (модулів) від заданого ведучою ланкою (тягачем) напрямку руху. Враховуючи те, що автопоїзд як АТЗ є засобом підвищеної небезпеки, при вирішенні проблем щодо можливості експлуатації три- та багатоланкових автопоїздів у числі перших слід робити кроки у напрямку теоретичних досліджень маневреності та стійкості їх руху, результати яких будуть підґрунтям для відповіді на багато питань технічного, організаційного, юридичного характеру [4-9].

Впровадження в Україні довгомірних автопоїздів пов'язане з трьома групами обмежень [4]:

I. Обмеження по геометричним і масовим параметрам автотранспортних засобів.

В Україні до цього часу немає єдиного Стандарту, що встановлює нормативи на масові параметри і габарити автомобілів і автопоїздів. У Правилах дорожнього руху максимальна довжина автопоїзда не повинна перевищувати 22 м, а максимальна маса сідельного автопоїзда у складі трьохвісного автомобіля (тягача) з двовісним або трьохвісним напівприцепом (контейнеровоз), що здійснює перевезення одного або більше контейнерів або змінних кузовів загальною максимальною довжиною 13,716 метра – 44 тони; для причіпного автопоїзда у складі двовісного або трьохвісного автомобіля з двовісним або трьохвісним причепом – 40 тон [10].

II. Друга група обмежень пов'язана з вимогами безпеки до конструкції даних автопоїздів.

Потребують подальшого розвитку Правила ЄЕК ООН №13 для триланкових автопоїздів у зв'язку з тим, що нормативи сумісності встановлені тільки для автопоїздів з двома транспортними ланками, тягача і причепа (напівпричепа) [11]. Крім того, при збільшенні маси автопоїзда тягово-зчіпні пристрої тягача і напівпричепа (причепа) будуть більш навантажені і природно режими їх контролю повинні бути посилені. Ця вимога побічно позначатиметься на безпеці конструкції рухомого складу триланкових автопоїздів.

III. Третя група обмежень по масовому впровадженню триланкових автопоїздів в міжнародних автомобільних перевезеннях пов'язана з труднощами прийому їх на існуючих

терміналах, логістичних центрах.

При масовому впровадженні великовантажних автопоїздів в міжнародних перевезеннях необхідне розширення або реконструкція терміналів, організація проїзних постів для вантаження, розвантаження автопоїздів, місць очікування тощо.

Аналіз обмежень першої та третьої групи по масовому впровадженню триланкових автопоїздів в міжнародних автомобільних перевезеннях показує, що всі проблеми носять не стільки технічний, скільки організаційний характер, практично їх можна вирішувати вже сьогодні.

Обмеження другої групи пов'язані з недостатністю вивчення та досліджень експлуатаційних властивостей триланкових автопоїздів.

Проведеними на-сьогодні дослідженнями триланкових автопоїздів, що скомплектовані із стандартних модулів, загальною довжиною більше 25 м, встановлено, що жодна з компоновальних схем за некерованих причіпних ланок не може забезпечити нормовані показники маневреності [12], табл. 1 [13-15]. При цьому і стійкість 3-ланкового на підкатному візку автопоїзда, як і дволанкових причіпних автопоїздів знаходиться на межі дозволеного ($J_{\max}=4,5$).

Таблиця 1 – Габаритна смуга руху і бічні прискорення автопоїздів

Автопоїзд/пара метри	зовнішній габаритний радіус по сліду коліс $R_{\text{м}}$	зовнішній габаритний радіус $R_{\text{м}}$	ГСП, м	J , м/с ² (тягач)	Зміщення траєкторії причепа (напівпричепа) щодо тягача, м	J , м/с ² (причіп, напівпричіп)
3-ланковий на підкатному візку	12,76	13,24	7,94	3,23	4,34	3,94
3-ланковий сидельно-причіпний	12,45	12,93	7,63	2,18	3,98	2,67
3-ланковий типу B-dauble	12,52	13,02	7,72	2,56	2,65	2,59
2-ланковий сидельний	11,87	12,48	7,18	2,27	2,05	2,15
2-ланковий причіпний з причепом з наближеними осями	12,05	12,58	7,28	2,96	2,32	4,13
2-ланковий причіпний з причепом з рознесеними осями	11,54	12,36	7,06	3,25	2,15	4,76

Поліпшити маневреність автопоїздів можливо за введення в їх конструкцію керованих причіпних ланок. Дослідженнями триланкових автопоїздів різних компоновальних схем, проведеними в НТУ, встановлено, що нормовані показники маневреності можна забезпечити за окремих керованих коліс (осей) усіх ланок автопоїзда за прямого та зворотного приводу управління і тільки передньою, і тільки задньою керованою віссю (колесами) – за подвійного приводу управління.

Таблиця 2 – Габаритні радіуси повороту і ГСР триланкового автопоїзда з керованим напівприцепом за подвійного приводу управління на його передню вісь

Тип триланкового автопоїзда	$R_{зг}, \text{ м}$	$R_{вг}, \text{ м}$	$B_{г}, \text{ м}$
Причіпний на підкатному візку “dolly”	12,5	5,357	7,143
Сідельно-причіпний з причепом з наближеними осями	12,5	5,475	6,825
Сідельно-причіпний з причепом з рознесеними осями	12,5	5,502	6,798
Автопоїзд типу “B-double”	12,5	5,419	7,081

Загальновідомо, що введення керованих причіпних ланок погіршує стійкість автопоїзда. Тому дуже важливим є знаходження такого конструктивного рішення триланкового автопоїзда, за якого були б задовільні як маневреність, так і стійкість руху. Пошуку такого компромісного рішення будуть присвячені подальші дослідження.

Список використаних джерел

1. Шкварко К.В. Довгомірні трьохланкові автопоїзди – новий етап розвитку автомобільних перевезень в Україні на шляху до Європи/Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів: Науковий журнал. Вип. 17. – К.: НТУ, ТАУ, 2003. – с.146-152.
2. <https://newsyou.info/Новини> Ю інфо. У Європі з'являться 35-метрові фури з трьома причепами.
3. Прикладна теорія руху автопоїзда: навч. посібн./Сахно В.П., Поляков В.М., Шарай С.М., Босенко В.М. – К.: НТУ, 2016 – 232 с.
4. Поляков В.М., Сахно В.П. Триланкові автопоїзди. Маневреність. Київ. Національний транспортний університет. 2013. – 200 с.: іл.
5. H.A. Dang and J. Kovanda. Determination of trajectory of articulated bus turning along curved line. Trans. Transp. Scien., 7(1):35–44, 2014.
6. D. de Bruin and P.P.J. van den Bosch. Modelling and control of a double articulated vehicle with four steerable axles. In Proc. American Control Conference (ACC), pages 3250–3254, 1999.
7. F. Gottmann, H. Wind, and O. Sawodny. On the influence of rear axle steering and modeling depth on a model based racing line generation for autonomous racing. In IEEE CCTA, pages 846–852, Copenhagen, 2018.
8. O. Ljungqvist, N. Evestedt, D. Axehill, M. Cirillo, and H. Pettersson. A path planning and path-following control framework for a general 2-trailer with a car-like tractor. J. Field Rob., 36(8):1345–1377, 2019.
9. C. Altafini, Some properties of the general n-trailer // *Int. Journal of Control*, vol. 74, no. 4, pp. 409-424, 2001.
10. <https://vodiy.ua/pdr/>. Правила дорожнього руху (ПДР України) 2023.
11. https://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=53891. ДСТУ UN/ECE R 13-09-2002 Единые технические предписания, касающиеся официального утверждения дорожных транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения (Правила ЕЭК ООН № 13-09:2000, IDT).
12. DIRECTIVE 2002/7/EC of European parliament and of the council of 18 February 2002 amending Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 laying down for certain road vehicles circulating within the Community the maximum authorized dimensions in national and international traffic and the maximum authorized weights in international traffic. // *Official Journal of the European Communities*. – 2002. – No L67/47-49.
13. Мурований І.С. До визначення показників маневреності триланкових причіпних автопоїздів /І.С. Мурований // Вісник національного транспортного університету: – К.: НТУ, 2007. – Випуск 15. – С.135-137.
14. Глінчук В.М. Вибір та обґрунтування типу та складу причіпних ланок триланкового автопоїзда за показниками маневреності//Вісник НТУ.–2009.– №17.
15. Сахно В.П., Глінчук В.М., Енглезі О.А., Онищук В.П. До застосування подвійного приводу управління поворотними осями напівпричепа триланкового автопоїзда// Управління проектами системний аналіз і логістика. – К.: НТУ – 2009. – Вип.6.

УДК 622.24.054

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИЛОВОГО ПРИВОДУ

Сем'янчук А.І., асп.,

Копильців Д.В., асп.,

Криштопа С.І., проф., д-р техн. наук.,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ,
Україна

Теоретичні аспекти систем живлення двигунів внутрішнього згоряння з термохімічною регенерацією палива в сучасній дослідницькій практиці залишаються маловивченими [1]. Однак вони представляють суттєвий інтерес з точки зору оцінки потенційних можливостей застосування двигунів і підвищення ефективності використання енергії альтернативних видів палива. Реалізація термохімічного способу утилізації теплоти для умов робочого циклу двигунів внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням можлива, якщо в якості вихідного палива використовувати вуглеводневі сполуки з відносно низькою температурою реакцій конверсії (спирти, ефіри та аналогічні сполуки). Газоподібні продукти конверсії можуть бути застосовані як основне паливо для живлення газового двигуна [2]. При цьому важливим є можливість реалізації цього способу в складі систем живлення дизельних двигунів, які конвертуються на газові палива [3].

З викладеного вище випливає, що застосування систем попереднього хімічного перетворення альтернативного палива дозволяє підвищити ефективність його використання в двигунах внутрішнього згоряння за рахунок регенерації теплоти відпрацьованих газів. Наприклад, для дизельних двигунів, які перероблені на газові з примусовим іскровим запаленням, термодинамічний цикл (цикл Отто) з регенерацією теплоти може бути представлений Т-S-діаграмою (рис. 1).

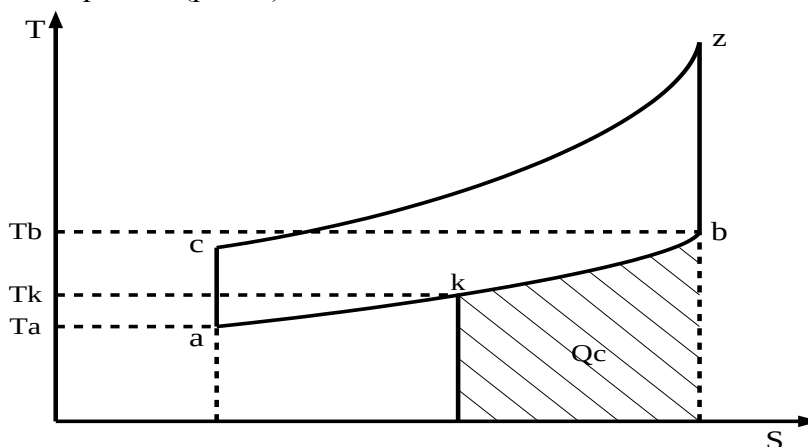


Рисунок 1 - Термодинамічний цикл з регенерацією теплоти для дизельних двигунів, які перероблені на газові продукти конверсії метанолу

На діаграмі теплота, придатна для регенерації в цикл, виражена як частина відхідної теплоти Q_b , тобто ступінь регенерації дорівнює

$$\eta_p = \frac{Q_c}{Q_b}, \quad (1)$$

де Q_b — кількість теплоти, яка була відведена за цикл.

Кількість теплоти Q_g , яка була відведена за цикл (рис. 1) визначається з виразу

$$Q_g = M_{np.32} \cdot C_{\mu\nu} (T_b - T_a), \quad (2)$$

де $M_{np.32}$ – кількість продуктів згоряння при постійному об'ємі;

$C_{\mu\nu}$ – середня мольна теплоємність продуктів згоряння при постійному об'ємі.

Кількість ендотермічної теплоти конверсії Q_c визначається з виразу

$$Q_c = M_{np.32} \cdot C_{\mu\nu} (T_b - T_k). \quad (3)$$

Інакше кажучи ступінь регенерації залежить від температури конверсійного процесу T_k , зростає з її зменшенням та знаходиться з виразу

$$\eta_p = \frac{T_b - T_k}{T_b - T_a}. \quad (4)$$

Для аналізу можливості підвищення ефективності використання хімічної енергії палива порівняємо можливості його енергоперетворення в двох енергетично подібних двигунах внутрішнього згоряння. Перший працює за звичайною схемою, другий – з використанням термохімічних регенерації в дві стадії. Необхідний тепловий режим конверсії палива забезпечується за рахунок підведення теплоти відпрацьованих газів.

Перший двигун працює наступним чином. Початкове паливо при параметрах навколишнього середовища надходить в двигун, де згоряє з виділенням теплоти $Q_n = Nu$. Ця теплота передається робочому тілу. Для спрощення аналізу будемо вважати, що передача теплоти відбувається при середній температурі T_{cep1} . Відпрацьовані гази після скоєння циклу відводяться в атмосферу. Для спрощення аналізу будемо вважати, що відведення теплоти відбувається при середній температурі T_{cep2} .

Тоді вироблена двигуном робота може бути визначена наступним чином

$$L_m = Nu \cdot m \frac{T_{cep1} - T_{cep2}}{T_{cep1}}. \quad (5)$$

При цьому ефективність використання хімічної енергії палива дорівнює

$$\eta = \frac{L_m}{Nu \cdot m} = \frac{T_{cep1} - T_{cep2}}{T_{cep1}}, \quad (6)$$

Залежність (6) визначає ККД теплосилової установки, який дорівнює відношенню кількості енергії, перетвореної в роботу, до всієї енергії, що надійшла в теплосилову установку. При цьому ККД даної ідеалізованої установки збігається з термічним ККД циклу. Це свідчить про те, що в двигуні без термохімічної регенерації ефективність використання енергії палива цілком залежить від перетворення теплоти в роботу і не може перевищити ефективність перетворення останньої.

Другий двигун працює з термохімічною регенерацією теплоти відпрацьованих газів. На відміну від першого двигуна паливо в камеру згоряння надходить не відразу, а попередньо проходить стадію термохімічної переробки в термохімічному реакторі. У ньому під дією теплоти, що надходить при середній нижній температурі T_{cep2} , відбувається термохімічне перетворення вихідного палива в конвертоване, яке і подається на спалювання в камеру згоряння двигуна. Якщо прийняти, що теплообмін в цьому двигуні здійснюється аналогічно

першому варіанту, то робоче тіло другого двигуна з термохімічним реактором має отримати теплоту також при середній температурі $T_{сер1}$.

Тоді в цьому випадку сприйнята робочим тілом теплота $Hu_{n.m}$ перевищує теплоту згоряння Hu_m вихідного палива на величину Hu_k , яка була поглинена при термохімічній перетворенні вихідного палива в термохімічному реакторі та відповідно дорівнює

$$Hu_{n.m} = Hu_m + Hu_k \quad (7)$$

Будемо вважати, що двигун з термохімічним реактором перетворює сприйняту робочим тілом теплоту з тією ж ефективністю, що і двигун без термохімічного реактору, тобто термічний ККД обох установок однаковий. Тоді робота, яку може зробити двигун з термохімічним реактором буде дорівнює

$$L_{n.m} = (Hu_m + Hu_k) \frac{T_{сер1} - T_{сер2}}{T_{сер1}}. \quad (8)$$

Тоді ефективність використання енергії палива в двигуні, що містить вузол термохімічної регенерації теплоти буде визначатись з виразу

$$\eta_{n.m} = \left(\frac{Hu_m + Hu_k}{Hu_m} \right) \left(\frac{T_{сер1} - T_{сер2}}{T_{сер1}} \right) = \frac{Hu_{n.m}}{Hu_m} \left(\frac{T_{сер1} - T_{сер2}}{T_{сер1}} \right). \quad (9)$$

Проаналізуємо ефективність використання енергії палива в двигуні, що містить вузол термохімічної регенерації та працює на метанолі у порівнянні зі звичайним двигуном. Приймаємо середню верхню температуру циклу $T_{сер1} = 2000$ К, а середню нижню – $T_{сер2} = 1200$ К. Тоді згідно залежності (9) маємо термічний ККД звичайного двигуна $\eta_m = 40$ %. Теплота згоряння метанолу Hu_m складає 19670 кДж / кг. Теплота згоряння газоподібних продуктів конверсії метанолу $Hu_{n.m}$ складає 23870 кДж / кг. Тоді для двигуна з термохімічною регенерацією його термічний ККД $\eta_{n.m}$ буде перевищувати термічний ККД η_m першого двигуна в $(23870/19670) = 1,214$ рази, тобто для двигуна з термохімічною регенерацією його термічний ККД буде рівним $\eta_{n.m} = 48,5$ %.

З наведеного аналізу випливає, що незворотні зовнішні втрати перетворення хімічної енергії палива в теплоту в разі використання термохімічної регенерації теплоти відпрацьованих газів завжди менше відповідних втрат при безпосередньому спалюванні палива. Умови досягнення максимально можливій мірі регенерації виконуються, коли ендотермічний ефект реакції конверсії відповідає підводу еквівалентної кількості теплоти в реакційний простір від зовнішнього джерела – гріючого теплоносія, в ролі якого виступають теплота відпрацьованих газів двигуна та може виступати теплота системи охолодження.

Список використаних джерел

1. Abbondanza M., Cavina N., Corti E., Moro D., Ponti F., Ravaglioli V. Development of a Combustion Delay Model in the Control of Innovative Combustions. E3S WEB OF CONFERENCES. 2020, 197, 6013.
2. Zhang, Z. Experimental Investigation on Regulated and Unregulated Emissions of a Diesel/ Methanol Compound Combustion Engine with and without Diesel Oxidation Catalyst. Science of the Total Environment, 2010, 408, 4, 865-872.
3. Li, Y. Numerical Study on the Combustion and Emission Characteristics of a Methanol/Diesel Reactivity Controlled Compression Ignition (RCCI) Engine. Applied Energy, 2013, 106, 2, 184-197.

УДК 622.24.054

ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ ПАЛИВНИХ СУМІШЕЙ В ДВИГУНАХ ЗА РАХУНОК РЕГЕНЕРАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ

Мисів О.О., асп.,

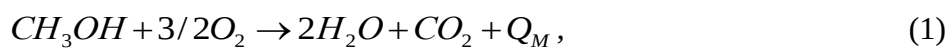
Матвієнко Р.М., асп.,

Козак Ф.В., проф., канд. техн. наук.,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ,
Україна

При виборі виду палива в ДВЗ необхідно максимально враховувати перетворення хімічної енергії палива в роботу. До найбільш перспективному продукту для підвищення хімічної енергії палива слід віднести метиловий спирт (метанол), який у світовій практиці вже давно застосовується в якості дешевого замінника дорогих традиційних моторних палив. Термохімічна сутність підвищення енергії вихідного палива відображають основні положення термодинаміки, зокрема закон Гесса. Покажемо це на основі аналізу теплових ефектів від згорання метанолу, здійснюваного за двома методами. Відповідно до першого і другого методів окислення метанолу початковий і кінцевий стани системи однакові: початковий – 1 кмоль CH_3OH , кінцевий – 2 кмоль H_2O та 1 кмоль CO_2 .

За першим методом метанол безпосередньо спалюється в камері згорання двигуна внутрішнього згорання

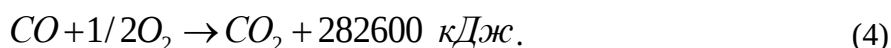


де Q_M – екзотермічний тепловий ефект від згорання метанольно-повітряної суміші, $Q_M = 629\,440$ кДж [1].

В результаті реакції (1) за першим методом утворюються 3 кмоль продуктів згорання. За другим двоступінчастим методом конверсії метанолу спочатку розкладається спирт



При цьому утворюються 2 кмоль H_2 та 1 кмоль CO з ендотермічною теплою конверсії Q_c . Потім спалюють в кисні 3 кмоль, отриманих в результаті реакції (2) продуктів конверсії метанолу:



Тоді сумарний тепловий ефект складе

$$Q_\Sigma = 282600 + 481500 = 764100 \text{ кДж / кмоль}. \quad (5)$$

Теплові ефекти для реакцій (3-4) наведені згідно з даними [2]. Тоді у відповідності до закону Гесса сумарні теплові ефекти різних маршрутів окислення метанолу повинні збігатися

$$629440 \text{ кДж / кмоль} = - Q_c + 764100 \text{ кДж / кмоль}. \quad (6)$$

Звідси ендотермічний тепловий ефект конверсії (реакції дисоціації метанолу) буде складати $Q_c = 134\,660$ кДж / кмоль.

Отже, проведений розрахунок показав, що тепловий ефект від спалювання конвертованій суміші CO і H_2 перевищує ефект від спалювання тієї ж кількості неконвертованого метанолу (вихідне паливо) на $Q_c = 134\,660$ кДж / кмоль (тобто на 21,4 %), що відповідає витраченій при розкладанні спирту енергії. Проаналізуємо ефективність цього перетворення. Воно оцінюється термічним ККД циклу та залежить від співвідношення середніх температур відведення T_2 (нижня температура) і підведення T_1 (верхня температура) теплоти в циклі:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1}, \quad (7)$$

тобто, чим вище є середня температура підведення теплоти при розглянутому рівні температури відведення теплоти, тим вище термічний ККД циклу.

Реалізація зазначеного способу підвищення енергії вихідного палива можлива лише при наявності палив, спалювання яких при однаковій температурі супроводжувалося б різними рівнями необоротних втрат. Подібні палива шляхом термохімічних перетворень можна перетворити в нове (штучне) паливо з більш високим енергетичним потенціалом. Переведення хімічної енергії такого штучного палива в теплоту супроводжується меншими незворотними втратами. Вказаний спосіб переведення хімічної енергії розроблений на базі фундаментальних положень термохімії і може бути застосований для будь-якого виду енергетичної установки. Запропонований спосіб передбачає необхідність організації ендотермічного процесу конверсії палива, в основі якого лежить цикл його термохімічного перетворення, а в робочому циклі енергоустановки передбачається ще один процес. Якщо в звичайній енергоустановки хімічна енергія палива перетворюється в теплоту в одну стадію, то в запропонованому способі – в дві.

На першій – вихідне паливо піддається конверсії, а на другий – конвертоване паливо спалюється на більш високому енергетичному рівні. Дві стадії перетворення енергії, в процесі яких використовується теплота, що відводиться з циклу, дозволяють підвищити ефективність використання енергії вихідного палива. У загальному випадку ефективність термохімічної регенерації залежить від типу енергоустановки, способу і умов організації в ній робочого процесу, а також від виду палива та ендотермічного ефекту системи реакцій його конверсії.

Слід зазначити, що продукти конверсії традиційного нафтового палива, отримані в термохімічній реакторі на основі механізму екзотермічних реакцій неповного окислення вуглеводнів, мають порівняно з вихідним паливом нижчу теплоту згоряння, що виключає прояв ефекту регенерації.

Проведемо розрахунок підвищення теплоти згорання продуктів конверсії зрідженого метанолу. Теплота згорання газоподібних продуктів конверсії метанолу $H_{u,n.m} = 23870$ кДж / кг [2]. Теплота згорання метанолу $H_{u,m} = 19670$ кДж / кг (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняльні характеристики теплоти згорання метанолу та дизельного палива

Показник	Дизельне паливо	Метанол	Конвертований метанол
Теплота згорання абсолютна, кДж/кг	42500	19700	23870
Теплота згорання відносна, %	100	46,35	56,17

Таким чином, при згорянні в двигуні 1 кг продуктів конверсії метанолу, отриманих з такою ж маси рідкого метанолу, вивільняється додаткова теплова енергія $H_{u,k}$, накопичена в процесі конверсії спиртового палива.

$$H_{u,k} = H_{u,n.m} - H_{u,m} = 4200 \text{ кДж / кг.} \quad (8)$$

Отже, 21,4 % енергії вихідного палива повертається в робочий цикл двигунів внутрішнього згоряння для здійснення корисної роботи.

При організації ендотермічної конверсії в умовах реальної експлуатації двигуна внутрішнього згоряння цю енергію можна одержати на основі утилізації теплової енергії відпрацьованих газів. Згідно зовнішнього теплового балансу двигуна внутрішнього згоряння істотна частина хімічної енергії палива не реалізується у вигляді роботи і відводиться, в тому числі, з відпрацьованими газами в навколишній простір. У дизельних двигунах складова енергетичних втрат в тепловому балансі досягає 25-40%, в бензинових і газових двигунах частка необоротних втрат теплоти, що втрачається з двигуна з відпрацьованими газами, становить 30-45%. Це відповідає 13-22 МДж теплоти на 1 кг витраченого палива.

Загальні витрати теплової енергії на повністю завершену конверсію 1 кг метанолу досягають 7 МДж [3]. При цьому на компенсацію ендотермічного ефекту реакції конверсії спирту витрачається близько 60 % загальних енергетичних витрат. Значна їх частина (близько 25 %) витрачається на енергоємний процес пароутворення (теплота випаровування метанолу 1,1 МДж/кг). Тобто максимально можливий ступінь регенерації досягається за умови, коли тепла енергія теплоносія перевищує загальні витрати енергії, що необхідні для конверсійного процесу.

В реальних умовах конверсійного процесу у випускній системі двигуна внутрішнього згоряння теплоносії (відпрацьовані гази та охолоджуюча рідина) повинен мати у своєму розпорядженні потенційно більш високий рівень енергії, яка використовується не тільки для компенсації ендотермічного ефекту реакції конверсії, а й для організації її допоміжних циклів. Енергія необхідна для попереднього нагріву вихідного палива до температури кипіння, його випаровування, підвищення температури парів до температури дисоціації, компенсації теплових втрат в навколишнє середовище через стінки реактора і підвідних трубопроводів.

Для забезпечення процесу конверсії теплота має відбиратись від випускного колектора, де температура деталей двигуна досягає від 700-800 К на оборотах холостого ходу до 1100-1200 К на режимах максимальних навантажень. Навіть з врахуванням втрат теплоти при передачі енергії від двигуна до робочого тіла, абсолютно безпроблемним є досягнення метанолом температури конверсії в $T_K = 570$ К.

Очевидно, що зазначені вимоги з температурного рівня відпрацьованих газів двигуна можуть бути забезпечені не у всіх діапазонах режимів роботи двигунів внутрішнього згоряння. Наприклад, для непрогрітого до робочої температури двигуна ступінь регенерації конверсійного процесу буде знижена. Але потрібно зауважити, що час роботи двигуна на режимі прогрівання є досить не тривалим. Крім того, слід відмітити, що реалізувати конверсію альтернативних палив при нижчих робочих температурах дозволяють сучасні каталізатори. Наприклад, для метанолу це 300-400 °С, визначаючи тим самим мінімально можливий температурний режим відпрацьованих газів в двигунах внутрішнього згоряння, при якому ще можна здійснити організацію конверсійного процесу. Тому на сьогоднішній день можна говорити про можливість реалізації постійного конверсійного процесу в двигунах внутрішнього згоряння за рахунок регенерації теплоти відпрацьованих газів.

Список використаних джерел

1. Vershina G., Bystrenkov O. Influence of Diesel Fuel Ignition Portion Value on Working Process Parameters of Gas-Diesel Engine. *Science & Technique*. 2019, 18(5), 395-400.
2. He L., Fu Y., Lidstrom M. Quantifying Methane and Methanol Metabolism of "Methylovibrio buryatense" 5GB1C under Substrate Limitation. *MSYSTEMS*, 2019, 4, 6, 748-19.
3. Dalena F., Senatore A., Marino A., Gordano A., Basile M., Basile A. Methanol production and applications: An overview, *Methanol, Elsevier*, 2018, 3-28.

УДК 622.6

ПОСТАНОВКА ПИТАННЯ ВРАХУВАННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІРНИЧИХ ПОРІД ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ПАРАМЕТРІВ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ

**Монастирський Ю.А., проф., д-р техн. наук,
П'ятниця О.П., аспірант,
Сорока С.М., аспірант,
Криворізький національний університет, м. Кривий-Ріг, Україна**

В Україні працює більше 300 кар'єрів в яких видобуваються різні корисні копалини що мають великий спектр фізико-механічних властивостей. Основний вид транспорту цих кар'єрів – автомобільний, це близько 3000 кар'єрних автосамоскидів вантажопідйомністю від 20 до 220 т. Аналіз досвіду експлуатації кар'єрних автосамоскидів показує що надійність роботи однакових машин змінюється в залежності від гірничих порід які видобувають. Фізико-механічні властивості порід, а саме міцність та абразивність впливають на зношування та руйнування практично всіх компонентів машини, особливо платформ, шин та ходової і гідравлічної частини. Визначення закономірностей зміни параметрів надійності роботи кар'єрних автосамоскидів для обґрунтування показників їх експлуатації дозволить підвищити ефективність роботи кар'єрного автомобільного транспорту, що є актуальним науковим завданням яке має істотне значення в галузях знань "Механічна інженерія" та "Транспорт".

Мета роботи: Підвищення ефективності експлуатації кар'єрних самоскидів шляхом врахування закономірностей зміни показників надійності роботи кар'єрних автосамоскидів та їх елементів в процесі взаємодії з корисними копалинами, гірничими породами та іншими об'єктами що мають різні фізико-механічні властивості.

Об'єкт дослідження: теоретичні та емпіричні дослідження робочих процесів при взаємодії виконавчих органів кар'єрних автосамоскидів із корисними копалинами, гірничими породами та іншими об'єктами; дослідження надійності в цілому кар'єрних автосамоскидів та їх конструктивних елементів.

Наукова новизна: полягає у визначенні закономірностей зміни показників надійності роботи кар'єрних автосамоскидів та їх елементів в залежності від фізико-механічних властивостей корисних копалин та гірничих порід які видобуваються та транспортуються.

Практичне значення: встановлені закономірності будуть використані при визначенні показників технічного сервісу кар'єрних автосамоскидів, а саме при прогнозуванні замовленні запасних частин, плануванні проведення технічних дій з підтримки роботоздатного стану машин.

В процесі досліджень необхідно виконати: аналітичний огляд; постановку задач досліджень, обґрунтування та вибір методів досліджень; теоретичні дослідження надійності роботи кар'єрних автосамоскидів та їх елементів в процесі взаємодії з породами, які мають різні фізико-механічні властивості; експериментальні статистичні дослідження зміни показників роботи кар'єрних автосамоскидів та їх елементів в залежності від фізико-механічних властивостей гірничих порід які видобуваються; економіко-математичне моделювання функціонування кар'єрних автосамоскидів та їх елементів при розробці родовищ з різними фізико-механічними властивостями порід; обґрунтування ефективних параметрів експлуатації та системи технічного сервісу кар'єрних автосамоскидів; розробити рекомендації по прогнозуванню замовленню запасних частин, плануванню проведення технічних дій з підтримки роботоздатного стану машин які працюють в кар'єрах по видобутку корисних копалин з різними фізико-механічними властивостями.

УДК 656.1:355.4

ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

Баляш А.,

Кравець І., доц., канд. техн. наук,

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

Анотація. У роботі розглядаються особливості функціонування автомобільного транспорту в умовах воєнного стану. Акцентується увага на викликах, з якими стикається транспортна галузь, та на адаптаційних заходах, що забезпечують безперебійне виконання транспортних завдань для цивільних і військових потреб.

Ключові слова: автомобільний транспорт, воєнний стан, логістика, безпека, інфраструктура.

Abstract. The article examines the features of road transport operation under martial law. It emphasizes the challenges faced by the transport sector and the adaptive measures ensuring uninterrupted transport tasks for both civilian and military needs.

Keywords: road transport, martial law, logistics, security, infrastructure.

Автомобільний транспорт відіграє одну з ключових ролей в умовах воєнного стану, оскільки він забезпечує оперативне переміщення як цивільного населення, так і військових підрозділів. Ця галузь транспорту є найбільш гнучкою та пристосованою до умов воєнних дій, коли залізничні та авіаційні перевезення можуть бути значно обмежені або небезпечні. Перевагою автомобільного транспорту є його мобільність та здатність адаптуватися до змін у ситуації на фронті чи в тилу.

Безпека перевезень автомобільним транспортом під час війни є однією з найважливіших проблем, оскільки транспортні засоби стають ціллю для ворожих сил. Збільшена загроза авіаударів та мінування доріг робить кожен поїздку небезпечною і вимагає ретельного планування маршрутів. Транспортні компанії використовують спеціальні системи навігації, які дозволяють водіям уникати небезпечних зон або зон активних бойових дій. Навігаційні системи не лише допомагають обирати безпечні маршрути, але й оперативно оновлюються в режимі реального часу на основі нових даних. Координація між військовими і цивільними органами також стає важливою для того, щоб знизити ризики під час перевезень. Військові можуть надавати інформацію про потенційні загрози або наявність блокувань, що дозволяє краще планувати безпечні перевезення. Важливим є й використання броньованих або захищених транспортних засобів для перевезення цінних вантажів чи небезпечних матеріалів [1].

Спеціальне обладнання для моніторингу навколишнього середовища, таке як дрони або спостереження з повітря, допомагає виявляти потенційні загрози на дорогах. Крім цього, водії проходять спеціальне навчання, щоб бути готовими до дій в екстремальних ситуаціях і знати, як реагувати на загрозу. Усі ці заходи спрямовані на те, щоб мінімізувати втрати серед водіїв і зберегти вантажі від пошкоджень або знищення.

Розвиток логістики в умовах війни також потребує значних зусиль. Багато компаній змушені перебудовувати свої ланцюги постачання, враховуючи обмеження на переміщення через зони бойових дій. Особливо важливим є забезпечення безперебійного постачання продовольства, медикаментів та інших життєво важливих товарів до віддалених регіонів, які можуть бути ізольовані через військові дії [2].

У військових умовах автомобільний транспорт виконує важливі стратегічні завдання, що включають перевезення військових підрозділів, техніки та матеріалів. Техніка, яка використовується для таких перевезень, повинна бути надійною та здатною працювати в екстремальних умовах. Це означає, що автомобілі повинні мати підвищену прохідність для

руху по пошкоджених дорогах та бездоріжжю, де немає традиційних шляхів. Багато мостів можуть бути зруйнованими або пошкодженими, тому транспорт має мати можливість швидко адаптуватися до таких змін. Перевагу надають вантажівкам із високою вантажопідйомністю, здатним перевозити великі об'єми військової техніки або боєприпасів.

Важливим аспектом підтримки автомобільного транспорту в умовах війни є збереження та відновлення транспортної інфраструктури. Пошкоджені дороги, мости та транспортні вузли мають бути оперативно відновлені, аби забезпечити можливість безпечного пересування транспортних засобів. Це завдання стає одним із пріоритетів для місцевих адміністрацій та військових структур.

Впровадження нових технологій в автомобільний транспорт в умовах війни стає важливим фактором для підвищення ефективності його роботи. Використання цифрових технологій для моніторингу транспортних засобів, координації маршрутів та відстеження вантажів дозволяє оптимізувати логістичні процеси і зменшити час на доставку. Це є надзвичайно важливим для забезпечення безперервності постачань до стратегічно важливих регіонів [3].

Іншим важливим аспектом є питання збереження парку транспортних засобів. Під час воєнних дій автомобільний парк часто зазнає значних втрат через руйнування або пошкодження техніки. Це вимагає швидкої реакції з боку уряду та компаній для відновлення транспортних потужностей шляхом закупівлі нових транспортних засобів або ремонту існуючих. Своєчасне технічне обслуговування та модернізація наявної техніки є ключовим для забезпечення її надійності.

Автомобільний транспорт відіграє значну роль у евакуації цивільного населення з зон бойових дій. Забезпечення гуманітарних коридорів і організація евакуаційних перевезень є життєво важливим для порятунку людських життів. Транспортні компанії, які беруть участь у таких операціях, зіштовхуються з численними труднощами, такими як обстріли та небезпека на маршрутах, але їх внесок є неоцінним.

Крім того, автомобільний транспорт забезпечує доставку гуманітарної допомоги до регіонів, що постраждали від війни. Це включає перевезення продуктів харчування, медикаментів, одягу та інших необхідних товарів, які часто є єдиним джерелом допомоги для населення в зонах конфлікту. Координація таких перевезень вимагає чіткої взаємодії між державними та міжнародними організаціями [4].

Не можна оминати увагою і правове регулювання діяльності автомобільного транспорту в умовах воєнного стану. Відповідні закони та постанови уряду визначають особливі вимоги до транспортування під час війни, включаючи питання безпеки, пріоритетів для постачання та евакуації. Це допомагає забезпечити належну організацію транспортних процесів в умовах, коли стабільність та безпека перевезень є ключовими.

Співпраця з міжнародними організаціями, урядами інших країн та приватними компаніями дозволяє отримувати технічну, матеріальну та фінансову допомогу для відновлення транспортної інфраструктури та підтримки роботи транспорту.

Таким чином, автомобільний транспорт в умовах воєнного стану стикається з безпрецедентними викликами, проте залишається однією з найважливіших ланок забезпечення як військових, так і цивільних потреб. Завдяки впровадженню нових технологій, відновленню інфраструктури та міжнародній підтримці, автомобільний транспорт здатен забезпечити стабільну роботу навіть в умовах війни, що є ключовим для стійкості держави.

Список використаних джерел

1. Гринів Н.Т. Перебудова логістики в умовах воєнного стану в Україні [Електронний ресурс] / Н.Т.Гринів, А.А. Равліковська //Академічні візії. – 2022. – Випуск 13. – Режим доступу: <https://academyvision.org/index.php/av/article/view/84>.

2. Нечипорук А., Котова М., Кочубей Д. Експорт України в умовах воєнного стану. *Foreign trade: economics, finance, law*. 2023. Т. 130, № 5. С. 18–32. URL: [https://doi.org/10.31617/3.2023\(130\)02](https://doi.org/10.31617/3.2023(130)02).
3. Музикін М. І. Переваги та недоліки залізничного та автомобільного транспорту в умовах воєнного стану / М. І. Музикін, В. С. Телуєва // Міжнародна транспортна інфраструктура, індустріальні центри та корпоративна логістика : матеріали дев'ятнадцятої наук.-практ. міжнар. конф. (1-2 червня 2023 р. м. Харків). - Харків : УкрДУЗТ, 2023. - С. 160-162.
4. Vatchenko B., Sharanov R. Crisis management of the enterprise in the conditions of war. *Economic scope*. 2022. URL: <https://doi.org/10.32782/2224-6282/182-5>.

УДК 004:629.113

ВИКОРИСТАННЯ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ГАЛУЗІ

Гелиш Т.,

Кравець І., доц., канд. техн. наук,

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

Анотація. У роботі досліджується застосування ІТ-технологій в автомобільній промисловості. Розглянуто ключові напрямки, такі як автономне керування, інтелектуальні системи безпеки та IoT. Проаналізовано вплив штучного інтелекту на підвищення продуктивності автомобілів і можливості інтеграції з розумними транспортними системами.

Ключові слова: ІТ-технології, автомобіль, автономне керування, інтелектуальні системи безпеки, штучний інтелект, IoT.

Abstract. The paper explores the application of IT technologies in the automotive industry. Key areas such as autonomous driving, intelligent safety systems, and IoT are discussed. The impact of artificial intelligence on vehicle performance and opportunities for integration with smart transportation systems are analyzed.

Keywords: IT technologies, automotive, autonomous driving, intelligent safety systems, artificial intelligence, Internet of Things (IoT).

Трансформація автомобільного ринку під впливом цифрових технологій є невід'ємною складовою цього процесу. Сучасні автомобілі перетворюються з традиційних транспортних засобів у високотехнологічні гаджети на колесах. Автовиробники зосереджуються не лише на технічних характеристиках своїх моделей, але й на програмному забезпеченні, яке управляє автомобілем. Важливість таких рішень, як інтеграція хмарних технологій, інтелектуальних систем керування та аналіз даних у реальному часі, стає вирішальною для створення більш ефективних, безпечних і економічних транспортних засобів. Цифрові технології також впливають на саму бізнес-модель автомобільного ринку, зокрема через розповсюдження концепцій спільного використання автомобілів, каршерингу та автономних таксі, що кардинально змінює сприйняття володіння автомобілем і формує нові потреби споживачів.

Основні напрями використання ІТ-технологій в автомобільній галузі охоплюють різноманітні аспекти, які суттєво змінюють як процес виробництва, так і експлуатацію транспортних засобів. Одним із ключових напрямів є автономне керування. Сучасні автомобілі, обладнані системами автономного керування, здатні самостійно здійснювати рух без активної участі водія. Використання штучного інтелекту та різних датчиків дозволяє таким автомобілям приймати рішення в режимі реального часу, аналізуючи дорожню ситуацію, дотримуючись правил дорожнього руху та реагуючи на непередбачувані обставини. Автономне керування відкриває можливості для підвищення безпеки на дорогах, зниження кількості ДТП та ефективнішого використання транспортних засобів [1].

Інтелектуальні системи безпеки є ще одним важливим напрямом застосування ІТ-технологій в автомобілях. Вони включають такі системи, як антиблокувальна система гальм (ABS), система контролю стабільності (ESC), а також різні сенсори і камери, які слідкують за станом водія та навколишнім середовищем. Ці технології допомагають попереджати аварійні ситуації, автоматично гальмувати при небезпеці зіткнення та зберігати стійкість автомобіля в складних умовах. Крім того, інтелектуальні системи безпеки покликані аналізувати поведінку водія і пасажирів, пропонуючи попередження про втому або відволікання від дороги, що також позитивно впливає на безпеку. Ще одним важливим аспектом є Інтернет речей (IoT) та підключені автомобілі. Сьогодні автомобілі стають частиною великої мережі підключених пристроїв, що дозволяє їм взаємодіяти з іншими транспортними засобами, інфраструктурою, а також віддалено оновлювати своє програмне забезпечення. Завдяки цьому водії можуть отримувати актуальну інформацію про дорожню ситуацію, трафік або погодні умови, що значно підвищує зручність і безпеку руху [2].

Важливу роль у підвищенні продуктивності автомобілів відіграє штучний інтелект. ІТ-технології дозволяють оптимізувати робочі процеси, що стосуються не тільки роботи автомобіля, але й обслуговування, проектування та тестування нових моделей. За допомогою штучного інтелекту аналізуються робочі параметри автомобіля, проводиться обробка даних, яка допомагає покращити паливну ефективність, зменшити знос деталей та продовжити термін експлуатації транспортного засобу. Аналіз великих даних допомагає виявити проблеми в роботі автомобіля на ранніх стадіях та оперативно їх усунути.

Віртуальна реальність (VR) також знаходить своє застосування в автомобільній галузі. За допомогою VR-технологій інженери можуть створювати віртуальні прототипи автомобілів, тестувати різні рішення в умовах, максимально наближених до реальних, без потреби створювати фізичні моделі. Це значно прискорює процес розробки та зменшує витрати на створення нових транспортних засобів. Для користувачів також розробляються численні ІТ-рішення, які підвищують комфорт та зручність експлуатації автомобілів. Наприклад, мобільні додатки для керування автомобілем дозволяють водіям дистанційно відстежувати стан транспортного засобу, контролювати систему безпеки, отримувати інформацію про технічні неполадки або залишок пального. Крім того, телематика, яка збирає і передає дані про автомобіль у режимі реального часу, сприяє кращому розумінню процесів, що відбуваються в автомобілі, і дозволяє водієві швидко реагувати на зміну умов [3].

Використання ІТ-технологій в автомобільній галузі принесло значні досягнення, що стосуються підвищення безпеки, продуктивності та комфорту транспортних засобів. Одним із ключових досягнень є розвиток автономного керування, яке відкриває нові можливості для транспорту майбутнього. Інтелектуальні системи безпеки стали невід'ємною частиною сучасних автомобілів, сприяючи зниженню кількості аварійних ситуацій на дорогах. Інтернет речей (IoT) дозволяє інтегрувати автомобілі в єдину інформаційну мережу, забезпечуючи постійний обмін даними між транспортними засобами та інфраструктурою. Штучний інтелект і великі дані стали потужними інструментами для оптимізації робочих процесів, зокрема в області обслуговування і проектування автомобілів. Втім, виклики також є невід'ємною частиною розвитку цієї сфери. Впровадження автономних транспортних засобів стикається із правовими та етичними питаннями, які вимагають ретельного регулювання. Крім того, розвиток систем захисту даних стає важливим аспектом, оскільки підключені автомобілі можуть стати об'єктами кібератак. Вартість впровадження новітніх технологій та їх масштабування також залишається суттєвим бар'єром для масового впровадження в середньому ціновому сегменті [4].

Майбутні напрями досліджень будуть зосереджені на подальшому розвитку автономного транспорту та його інтеграції в транспортну інфраструктуру міст. Інтелектуальні системи керування, здатні обробляти величезні обсяги даних в режимі реального часу, стануть основою для нових поколінь транспортних засобів. Також очікується активний розвиток технологій штучного інтелекту для підвищення рівня персоналізації та адаптивності автомобілів до потреб користувачів. Інтеграція автомобілів з розумними міськими системами, а також розвиток рішень для зниження енергоспоживання і збільшення екологічної ефективності автомобілів стануть пріоритетними напрямками на найближчі роки.

Список використаних джерел

1. Андреев В. І. Інформаційні технології в автомобільній галузі: підручник / В. І. Андреев. – Київ: Видавничий дім "Техніка", 2021. – 350 с.
2. Бойко О. П., Коваленко Л. В. Автономне керування та його перспективи / О. П. Бойко, Л. В. Коваленко // Інновації в автомобільній промисловості. – 2022. – № 3. – С. 45-52.
3. Гринюк П. О. Інтелектуальні системи безпеки в автомобілях / П. О. Гринюк // Технічні науки. – 2020. – № 5. – С. 10-18.
4. Зубенко І. М. Використання Інтернету речей (IoT) в сучасних автомобілях / І. М. Зубенко // Сучасні технології. – 2021. – № 7. – С. 28-36.

УДК 629.113:504.06

ЕКОЛОГІЧНІСТЬ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ТА ПРОБЛЕМА УТИЛІЗАЦІЇ ЙОГО БАТАРЕЙ

Гладка А.,

Кравець І., доц., канд. техн. наук,

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

Анотація. Електротранспорт запобігає викидам парникових газів та покращує якість повітря, проте його екологічність залежить від виробництва та утилізації батарей. Видобуток ресурсів і неправильна переробка батарей можуть спричинити забруднення. Сталий розвиток електротранспорту потребує ефективної переробки та замкненого циклу використання матеріалів.

Ключові слова: електротранспорт, забруднення, утилізація, батареї, елементи, відходи, перероблення, екологічність, матеріали, середовище, електроенергія, використання.

Abstract. Electric transport prevents emissions of greenhouse gases and improves air quality. However, its environmental impact depends on the production and disposal of batteries. Resource extraction and improper battery recycling can cause pollution. Sustainable development of electric transport requires efficient recycling and a closed-loop use of materials.

Keywords: electric transport, pollution, disposal, batteries, elements, waste, recycling, sustainability, materials, environment, electricity, usage.

Електротранспорт є чудовим рішенням для зменшення забруднення повітря в містах. Використання електромобілів допомагає знизити викиди шкідливих газів, що позитивно впливає на якість повітря та здоров'я людей, але не правильна утилізація батарей призводить до забруднення навколишнього середовища. У Європейському Союзі над розв'язування проблеми утилізації батарей та акумуляторів задумались вже у 2006 р. Директива Європарламенту та Ради зобов'язала держави-члени подбати про належне поводження з цими відходами. Сьогодні, у кожній країні запроваджено систему збору та утилізації за принципом "платить той, хто забруднює" [1]. За оцінками Міжнародного енергетичного агентства, до 2030 року у світі будуть залучені 140 мільйонів електроавтомобілів. Якщо країни будуть слідувати цілям Паризької угоди про зміну клімату ці ЕА можуть залишити 11 мільйонів тонн відпрацьованих літій - іонних елементів живлення, які потребують утилізації і це тільки автомобілі. Видобуток і обробка рідкоземельних хімічних елементів необхідних для виготовлення електричних батарей – процес достатньо енергозатратний. Виробництво однієї батареї супроводжується емісією 11 - 15 тонн вуглецю. За пробігу 15,0 тис. кілометрів на рік Model 3, зазначали вчені, залишає за собою 73...98 г/1 км. А з огляду на викиди CO₂ у виробництві електроенергії (у ФРН майже 50% електроенергії отримується шляхом спалювання вугілля), парниковий шлейф електромобіля TESLA зріс до 156...181 г/1км. У дизельного авто MERCEDES-BENZ ця величина склала 112 г/1 км [2]. Проблему екологічного впливу електротранспорту можна вирішити завдяки правильно організованій утилізації та переробці батарей. Технологічний процес переробки акумуляторних елементів живлення можна розділити на три загальні стадії (процеси): механічний, пірометалургійний та гідрометалургійний. Під час переробки передбачається що ці стадії йдуть по чергові [2]. Технології перероблювання дозволяють отримувати цінні матеріали, такі як літій, кобальт і нікель, для повторного використання у виробництві нових батарей. Це скорочує потребу у видобутку природних ресурсів і зменшує кількість відходів. Запровадження замкненого циклу виробництва та утилізації сприятиме раціональному використанню матеріалів і зниженню рівня забруднення, що зробить електротранспорт більш екологічно чистим.

Отже вимоги до екологічності електротранспорту важливим аспектом є ефективна переробка батарей. Незважаючи на позитивний вплив електричних засобів на зменшення викидів парникових газів, їх екологічність значно залежить від процесів, пов'язаних з

переробкою та утилізацією [3]. Механічні, термічні та хімічні методи переробки дозволяють отримувати важливі метали, зменшуючи залежність від видобутку природних ресурсів і мінімізуючи обсяги відходів. Запровадження замкненого циклу використання матеріалів та утилізація батарей можуть суттєво покращити екологічний баланс. Зосередження на цих аспектах забезпечить не лише зменшення негативного впливу на довколишнє середовище, але й сприятиме формуванню екологічної свідомості в суспільстві.

Список використаних джерел

1. Directive 2006/66/EC of the European Parliament and of the Council of 6 September 2006 on batteries and accumulators and waste batteries and accumulators. Official Journal of the European Union. L 266/1.
2. <https://books.ldubgd.edu.ua/index.php/ed/catalog/book/149> с. 111.
3. Сергій Суховський. Електромазохізм: десять доводів не купувати електрокар. URL: <https://thepage.ua/ua/auto/elektromazohizm-desyat-dovodiv-ne-kupuvati-elektrokar>.

УДК 629.113:62-192

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Жигайло С.,

Кравець І., доц., канд. техн. наук,

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

Анотація. Безпека транспортних засобів є ключовою складовою сучасного транспортного сектору. Ця робота досліджує основні фактори, що впливають на рівень безпечності автомобілів, і сучасні методи підвищення безпеки, спрямовані на зменшення аварійності.

Ключові слова: безпечність, транспортні засоби, автомобілі, аварійність, системи безпеки, транспортні технології.

Abstract. Vehicle safety is a key element of the modern transport sector. This work explores the main factors influencing vehicle safety and the modern methods to enhance safety aimed at reducing accidents.

Keywords: safety, vehicles, cars, accident rates, safety systems, transport technologies.

Безпечність транспортних засобів є однією з найважливіших складових транспортної галузі в сучасному світі. З розвитком новітніх технологій, інтеграцією інтелектуальних систем керування та автоматизацією транспортних процесів, питання забезпечення безпеки на дорогах стає дедалі актуальнішим. Щороку кількість транспортних засобів на дорогах збільшується, що підвищує ризик аварій та інших небезпечних ситуацій, особливо в густонаселених районах і на швидкісних магістралях.

Сучасні реалії вимагають застосування нових підходів до забезпечення безпеки на дорогах. Важливою метою є зниження рівня аварійності, мінімізація шкоди для пасажирів, водіїв, пішоходів та інших учасників дорожнього руху. Безпека на дорозі є не лише питанням захисту людських життів, але й економічним фактором, адже кожен випадок аварії призводить до матеріальних збитків, збільшення страхових витрат і витрат на охорону здоров'я. Для досягнення цієї мети активно впроваджуються інноваційні технології безпеки. Мова йде не лише про активні та пасивні системи безпеки автомобілів, але й про вдосконалення існуючих транспортних систем, зокрема розвиток автоматизованих систем керування транспортом, покращення дорожньої інфраструктури та впровадження інтелектуальних транспортних систем (ITS). Всі ці фактори спрямовані на запобігання аваріям і створення більш безпечних умов для всіх учасників дорожнього руху [1].

Безпечність транспортних засобів залежить від багатьох взаємопов'язаних факторів, які можуть суттєво впливати на захист пасажирів, водіїв, пішоходів та інших учасників дорожнього руху. Один з ключових факторів — це конструкційні особливості автомобілів, які забезпечують як пасивну, так і активну безпеку.

Пасивна безпека автомобіля спрямована на захист людей під час зіткнень, зменшуючи ризик травм і смертельних випадків. Конструкція сучасних транспортних засобів містить низку елементів, які забезпечують високий рівень пасивної безпеки. Серед таких систем найбільш поширеними є подушки безпеки, що розміщені як на передніх, так і на бокових частинах салону, і забезпечують амортизацію ударів під час аварії. Ремені безпеки з преднатягувачами автоматично затягуються при зіткненні, що додатково утримує пасажирів у сидіннях, знижуючи ризик серйозних травм. Крім того, автомобілі обладнуються системами кріплення дитячих сидінь (ISOFIX), що значно підвищує безпеку маленьких пасажирів. Конструкція кузова автомобіля також грає важливу роль у пасивній безпеці. Зони деформації автомобіля, або "кризові зони", сконструйовані таким чином, щоб поглинати енергію удару та мінімізувати її вплив на пасажирів [2].

Активна безпека зосереджена на попередженні аварій і зменшенні ризиків у критичних ситуаціях. Основними компонентами активної безпеки є технології, що допомагають водіям уникнути аварій або знизити їх тяжкість. Наприклад, антиблокувальна система гальм (ABS)

запобігає блокуванню коліс під час різкого гальмування, дозволяючи автомобілю зберігати керованість і уникнути ковзання. Система курсової стійкості (ESP) підтримує стабільність автомобіля під час поворотів і допомагає уникнути заносу, особливо на слизьких дорогах.

Адаптивні системи контролю швидкості та відстані дозволяють автомобілю автоматично підтримувати безпечну дистанцію до транспортного засобу попереду. У випадку наближення до небезпечної ситуації такі системи здатні знизити швидкість або навіть зупинити автомобіль. Крім того, сучасні автомобілі оснащуються системами допомоги при зміні смуги руху та системами екстреного гальмування, які активно реагують на перешкоди на дорозі.

Інтелектуальні транспортні системи (ITS) є ще одним важливим аспектом, що впливає на загальну безпечність транспортних засобів. ITS включають в себе автоматизовані системи допомоги водіям (ADAS), які забезпечують попередження про потенційні небезпеки та допомагають керувати автомобілем у складних ситуаціях. До таких технологій належать системи попередження про зіткнення, виявлення пішоходів, допомога при паркуванні та автоматичне гальмування. Автоматизовані системи виявляють небезпеки на дорозі, аналізуючи дані з камер, датчиків та радарів. Ці системи здатні реагувати швидше, ніж людина, що суттєво знижує ризик аварій, особливо в умовах обмеженої видимості або складних погодних умов. ITS також допомагають оптимізувати рух транспортних засобів у великих містах, зменшуючи затори та підвищуючи ефективність транспортної інфраструктури [3].

Останні роки стали періодом інтенсивного розвитку електромобілів та гібридних транспортних засобів. Ці нові типи автомобілів не лише сприяють зменшенню викидів шкідливих речовин в атмосферу, але й підвищують загальну безпечність транспортного середовища. Зниження рівня шуму від електромобілів має позитивний вплив на здоров'я людей та тварин, особливо в містах. До того ж електромобілі мають нижчий центр ваги завдяки розташуванню акумуляторів у підлозі, що підвищує стійкість автомобіля та зменшує ризик перекидання. У поєднанні з сучасними технологіями активної та пасивної безпеки, ці нові типи транспортних засобів стають одними з найбезпечніших на дорозі [4].

Таким чином, конструкційні особливості, технології активної та пасивної безпеки, інтелектуальні транспортні системи та екологічні інновації — це ті ключові елементи, що формують сучасну концепцію безпечності транспортних засобів.

Безпечність транспортних засобів є багатовимірним питанням, що вимагає комплексного підходу. Завдяки сучасним технологіям, таким як інтелектуальні транспортні системи та нові методи проектування автомобілів, рівень безпеки на дорогах можна суттєво підвищити. Інтеграція нових систем безпеки в транспортний сектор є запорукою зниження аварійності та покращення якості життя суспільства.

Список використаних джерел

1. Гайдукевич О. В., Романенко О. В., Коваленко С. В. Інтелектуальні транспортні системи: сучасний стан і перспективи розвитку: навч. посіб. Київ : Видавничий дім "Слово", 2021. 304 с.
2. Іванов М. І., Петров А. В., Сидоренко Ю. А. Системи пасивної та активної безпеки автомобілів: монографія. Харків : ХНАДУ, 2020. 380 с.
3. Мельник В. П. Сучасні системи захисту пішоходів у міському транспорті: підручник. Львів : Видавництво ЛНУ, 2022. 272 с.
4. Бондаренко С. О., Тищенко І. М. Транспортна інфраструктура та безпека на дорогах: посіб. для студентів. Дніпро : ДНУ, 2020. 312 с.

УДК 614.84:662.76

ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ГАЗОБАЛОННИМ ОБЛАДНАННЯМ

Пулик І.,

Кравець І., доц., канд. техн. наук,

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

Анотація. Пожежна небезпека автотранспортних засобів (АТЗ) з газобалонним обладнанням (ГБО), яке стає все популярнішим в Україні через економічні переваги використання газу замість бензину. Наведено переваги ГБО, такі як зниження шкідливих викидів в атмосферу, однак акцентується увага на відсутності статистичних даних щодо пожежної небезпеки таких автомобілів, а також на проблемах законодавчого регулювання процесу встановлення ГБО. Підкреслено необхідність удосконалення нормативної бази для забезпечення пожежної безпеки АТЗ з ГБО, включаючи обов'язковий технічний огляд.

Ключові слова: газобалонне обладнання (ГБО), технічний огляд, природний газ.

Abstract. Fire hazard of vehicles with gas cylinder equipment (HBO), which is gaining more and more popularity in Ukraine due to the economic advantages of using gas instead of gasoline. The advantages of HBO, such as the reduction of harmful emissions into the atmosphere, are given, but attention is focused on the lack of statistical data on the fire hazard of such cars, as well as on the problems of legislative regulation of the process of installing HBO. The need to improve the regulatory framework to ensure the fire safety of ATZ with HBO, including a mandatory technical inspection, is emphasize

Key words: Gas cylinder equipment (HBO), technical inspection, natural gas.

В останні роки в Україні спостерігається різке зростання вартості бензину, що стало стимулом для власників автотранспортних засобів (АТЗ) шукати способи скорочення витрат на пальне. Одним із найбільш ефективних варіантів вирішення цієї проблеми стало встановлення газобалонного обладнання (ГБО), яке дозволяє використовувати природний газ як альтернативне паливо для автомобілів. Враховуючи поточні ціни на пальне, бензин коштує приблизно 60 гривні за літр, тоді як ціна на газ становить близько 30 гривень. Навіть з урахуванням того, що споживання газу автомобілем зазвичай вище, ніж бензину, різниця в ціні між двома видами палива дозволяє отримати значну економію. Встановлення ГБО на автомобіль дозволяє окупити витрати на його встановлення вже через 3 - 9 місяців, залежно від інтенсивності експлуатації транспортного засобу. Надалі використання газу забезпечує суттєве зниження витрат на паливо, що робить це рішення економічно вигідним для багатьох автомобілістів [1].

ГБО – це система, що складається з обладнання, яке дозволяє використовувати природний газ для живлення двигуна автомобіля. У світі існує 6 поколінь систем ГБО. **Перше та друге покоління** - ці покоління встановлюються на старі карбюраторні та моноінжекторні авто. Споживання газу на 20% більше, ніж бензину. Вони вже неактуальні, оскільки карбюраторні двигуни майже зникли з виробництва. Особливість цих поколінь – можливість роботи з двигунами, що мають каталізатори. **Третє покоління** - підходить для карбюраторних та моноінжекторних ДВС. Газ подається близько до впускного клапана кожного циліндра. Недолік — відсутність електронного блоку управління, що може призвести до некоректної роботи двигуна. **Четверте покоління** - оснащене електромагнітними форсунками, що дозволяють впорскувати газ у кожен циліндр. Система автоматично перемикається між газом і бензином. Різниця у витраті газу не перевищує 10-20%. Це покоління є найбільш популярним. **П'яте покоління** - відрізняється впорскуванням газу в рідкому стані завдяки газонасосу. Може використовувати штатні паливні карти двигуна. Недоліки: потрібен час на прокачування газу (30-40 секунд) і витрата газу на 10-20% більше, ніж бензину. **Шосте покоління** - не змінює стандартні рампи, форсунки та контролер авто. Недоліки: висока чутливість до чистоти газу і вартість. Призначене лише для двигунів із

прямим упорскуванням палива. Популярність нижча, ніж у четвертого покоління, через складність знайти якісний газ [2].

Встановлення ГБО не тільки забезпечує економічну вигоду, але й має екологічні переваги. Використання газу знижує викиди шкідливих речовин в атмосферу. Зокрема, рівень викидів окису вуглецю і вуглеводнів знижується на 70 - 90%, а оксидів азоту — на 35 - 60%. Це досягається за рахунок більш рівномірного розподілу газу в паливній суміші, покращеного процесу згоряння та можливості підвищення ступеня стиснення в двигуні. Однак, не можна ігнорувати питання пожежної небезпеки автотранспортних засобів з ГБО. Важливо усвідомлювати, що збільшення кількості автомобілів, які використовують зріджений вуглеводневий газ, може призвести до зростання ризиків виникнення пожеж. На сьогоднішній день відсутня повна статистика щодо кількості автомобілів з газобалонним обладнанням, а також немає систематичних досліджень, які б оцінювали їхню пожежну небезпеку.

Окрім того, існує проблема з нормативно-правовим регулюванням цього питання. Згідно з чинним законодавством, переобладнання автомобілів для встановлення ГБО має виконуватися спеціалізованими організаціями, які мають відповідні ліцензії або дозволи на виконання таких робіт. Проте на практиці значна частина водіїв встановлює ГБО самостійно або звертається до нелегальних майстерень, що підвищує ризик виникнення надзвичайних ситуацій, включаючи пожежі. Якщо ж ви встановите ГБО десь “на гаражах”, то надалі ви його не зможете зареєструвати. Тому перед встановленням обладнання потрібно переконатись у наявності станції технічного обслуговування відповідних дозвільних документів. Таким чином, для підвищення рівня пожежної безпеки автомобілів з ГБО необхідно провести комплексні дослідження, що дозволять оцінити ризики, пов’язані з експлуатацією газобалонного обладнання. Також необхідно розробити та вдосконалити нормативно-правову базу, яка регулюватиме процеси встановлення та обов’язкового технічного огляду систем ГБО, включаючи щорічний контроль їхньої справності.

Відповідно до ст. 32 передбачено порядок переобладнання АТЗ, але більшість автомобілістів встановлюють ГБО на свої автомобілі самовільно, порушуючи при цьому діюче законодавство та підвищують пожежну небезпеку автомобілів [3]. Тому для забезпечення пожежної безпеки АТЗ з газобалонним обладнанням необхідно проведення дослідження з оцінки пожежної небезпеки вузлів та агрегатів ГБО і удосконалення нормативної бази з врахуванням обов’язкового проведення щорічного технічного огляду системи ГБО.

Список використаних джерел

1. Газове обладнання на автомобіль – Відповіді на часті запитання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gbo-lyiv.com.ua/about-hbo/mainhbo-information>.
2. Сертифікація газобалонного обладнання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://otk.in.ua/gbo-certification>.
3. Закон України "Про дорожній рух", Відомості Верховної Ради - № 31.

УДК 629.113:681.5

АВТОПІЛОТ - ТЕХНОЛОГІЯ МАЙБУТНЬОГО В СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛЯХ

Сало Т.,

Кравець І., доц., канд. техн. наук,

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

Анотація: Оптимізація електронних систем та автопілоту є одним із ключових напрямків розвитку автомобільної галузі, спрямованим на підвищення безпеки, комфорту та ефективності транспорту. Сучасні системи допомоги водієві (ADAS) та автономне керування мінімізують вплив людського фактору й покращують керованість автомобіля.

Ключові слова: ADAS, розвиток, ефективність.

Abstract: Optimization of electronic systems and autopilot is one of the key areas of development of the automotive industry, aimed at increasing safety, comfort and efficiency of transport. Modern driver assistance systems (ADAS) and autonomous driving minimize the impact of the human factor and improve vehicle handling.

Keywords: ADAS, development, efficiency.

З розвитком сучасних технологій автомобіль поступово перетворюється на "розумний" пристрій, здатний не лише забезпечувати комфортне пересування, а й активно допомагати водієві ухвалювати рішення. Системи допомоги водієві (ADAS), а також розвиток автономного керування (автопілот) стають центральними елементами оптимізації сучасних транспортних засобів. Цей напрямок спрямований на підвищення безпеки, зменшення аварійності, покращення керованості та підвищення рівня комфорту під час поїздки.

Впровадження електронних систем змінює уявлення про функціональність автомобіля та його роль у міській інфраструктурі. Автопілоти поступово знижують залежність від людського фактору, що дозволяє мінімізувати помилки на дорозі. Такі системи роблять автомобілі частиною розумного середовища, де транспорт взаємодіє із зовнішньою інфраструктурою та іншими учасниками дорожнього руху [1].

Основні напрями оптимізації електронних систем та автопілоту:

1. Системи допомоги водієві (ADAS):

- системи ADAS вже стали стандартом у багатьох сучасних автомобілях. Вони включають різноманітні функції для забезпечення безпеки та комфорту:

- адаптивний круїз-контроль: підтримує задану швидкість та дистанцію до автомобіля попереду;

- система автоматичного екстреного гальмування: запобігає зіткненню або зменшує його наслідки, реагуючи на перешкоди;

- система утримання у смузі руху: коригує траєкторію руху для уникнення випадкового виїзду зі смуги;

- розпізнавання дорожніх знаків та моніторинг втоми водія: підвищує безпеку, попереджаючи про можливі небезпеки.

Ці системи зменшують навантаження на водія, допомагають уникати аварійних ситуацій та роблять поїздки більш комфортними й безпечними.

2. Автономне керування та автопілот:

- лідер, камери та радар: забезпечують 360-градусний огляд навколишнього середовища;

- штучний інтелект (AI): аналізує дані від сенсорів у реальному часі для ухвалення рішень під час керування;

- картографічні дані та V2X (Vehicle-to-Everything): дозволяють автомобілю обмінюватися інформацією з іншими транспортними засобами та інфраструктурою (наприклад, світлофорами).

3. Безпека та прогнозування аварій.

Одним із найважливіших аспектів оптимізації електронних систем є забезпечення максимальної безпеки на дорозі. Використання штучного інтелекту та машинного навчання дозволяє автомобілям прогнозувати потенційні аварійні ситуації та оперативно на них реагувати [2]. До прикладів належать:

- системи моніторингу сліпих зон: попереджають водія про перешкоди під час маневрів;
- інтелектуальні системи прогнозування аварій: аналізують поведінку учасників руху, розпізнаючи можливі небезпечні ситуації;
- комунікація між автомобілями (V2V): передає дані між транспортними засобами для уникнення зіткнень.

Оптимізація електронних систем та розвиток автопілоту є важливими кроками на шляху до безпечного, комфортного та екологічного транспорту майбутнього. Вони сприяють зменшенню аварійності, підвищенню ефективності використання міського простору та впровадженню нових форматів мобільності.

Список використаних джерел

1. В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич, Р.А. Кульпін Динаміка й оптимізація машин – К.: ЦП "Компринт", 2018. - 310 с.
2. National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine Heroiv Oborony Str. 15, Kiev, 03041, Ukraine.

УДК 629.113:005.591.6

ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ІНДУСТРІЇ

Чернецька Д.,

Кравець І., доц., канд. техн. наук,

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна

Анотація. У тезах розглянуто сучасні підходи до оптимізації технічних характеристик автомобіля. Акцент зроблено на зниженні аеродинамічного опору, оптимізації вагових параметрів і підвищенні паливної ефективності. Проаналізовано інноваційні матеріали та технології, спрямовані на підвищення безпеки та керованості транспортних засобів.

Ключові слова: оптимізація, технічні характеристики, аеродинамічний опір, паливна ефективність, інноваційні матеріали, автомобільна безпека, керованість.

Abstract. The modern approaches to optimizing the technical characteristics of a vehicle are analyzed. The focus is on reducing aerodynamic drag, optimizing weight parameters, and improving fuel efficiency. Innovative materials and technologies aimed at enhancing vehicle safety and handling are reviewed.

Keywords: optimization, technical characteristics, aerodynamic drag, fuel efficiency, innovative materials, vehicle safety, handling.

Основні напрямки оптимізації автомобіля включають різні підходи, що спрямовані на поліпшення технічних характеристик транспортного засобу. Один із головних аспектів – це покращення аеродинамічних характеристик. Зниження опору повітря є ключовим для зменшення витрат палива і підвищення швидкісних показників. Використання спеціальних конструкцій кузова, спойлерів та інших аеродинамічних елементів дозволяє досягти суттєвих поліпшень. Це не тільки сприяє економії палива, але й робить автомобіль більш стійким на високих швидкостях, що підвищує загальний рівень комфорту для водія і пасажирів.

Зменшення маси автомобіля також є важливим аспектом оптимізації. Легка вага безпосередньо впливає на покращення паливної ефективності та динамічних характеристик автомобіля. Сучасні автомобільні компанії активно впроваджують нові легкі матеріали, серед яких алюміній, магнієві сплави та композитні матеріали. Ці інноваційні рішення дозволяють знижувати вагу автомобіля без втрати міцності та безпеки, що є важливою перевагою при сучасних вимогах до екологічних стандартів та енергоефективності [1].

Покращення паливної ефективності залишається одним із головних завдань для автомобільної промисловості. Для досягнення цього автомобільні компанії використовують різні підходи, серед яких оптимізація роботи двигуна, впровадження гібридних систем та електричних силових установок, а також вдосконалення трансмісії та аеродинаміки автомобіля. Все це дозволяє значно зменшити споживання пального, що позитивно позначається як на витратах користувачів, так і на екологічній ситуації в світі.

Інноваційні матеріали та технології є невід'ємною частиною оптимізації автомобіля. Використання легких матеріалів, таких як вуглепластик, алюмінієві та магнієві сплави, дозволяє суттєво знижувати масу автомобіля, забезпечуючи при цьому його міцність та безпеку. Завдяки цьому автомобіль стає більш маневрним, стійким та економічним. Впровадження нових конструкцій також має важливе значення, оскільки інноваційні підходи до компонування вузлів та агрегатів дозволяють покращити масові й аеродинамічні характеристики автомобіля. Ефективний розподіл ваги та зменшення енергетичних втрат позитивно впливають на загальні експлуатаційні властивості транспортного засобу [2].

Оптимізація безпеки автомобіля є важливою складовою у вдосконаленні його властивостей. Системи активної безпеки, такі як антиблокувальна система (ABS), система стабілізації (ESP) та інші, спрямовані на запобігання аваріям та поліпшення керованості автомобіля. Водночас, пасивні системи безпеки, включаючи подушки безпеки, елементи захисту пасажирів та інші інноваційні рішення, мінімізують наслідки аварійних ситуацій. Для покращення стабільності керування впроваджуються нові технології, що дозволяють

зробити рух більш безпечним та комфортним. До таких технологій належать системи контролю тяги, адаптивні амортизатори, системи управління гальмуванням та інші. Всі ці рішення допомагають підвищити рівень безпеки на дорозі та забезпечують кращу керуваність автомобіля в умовах складних дорожніх ситуацій [3].

Проведене дослідження показало, що оптимізація властивостей автомобіля є складним процесом, який вимагає комплексного підходу. Сучасні тенденції свідчать про важливість вдосконалення аеродинамічних характеристик автомобіля, що дозволяє значно зменшити опір повітря і, як наслідок, знизити витрати пального. Оптимізація маси автомобіля також відіграє ключову роль у підвищенні його ефективності. Використання нових легких матеріалів, таких як алюміній, композити та вуглепластики, дозволяє не лише знизити масу транспортного засобу, але й зберегти його міцність і безпеку. Важливе місце в процесі оптимізації займає підвищення паливної ефективності, що досягається завдяки впровадженню гібридних та електричних силових установок, а також за рахунок вдосконалення традиційних двигунів внутрішнього згоряння.

Окремо варто відзначити впровадження інноваційних матеріалів і технологій, що робить автомобілі легшими, економічнішими та безпечнішими. Завдяки використанню новітніх конструкційних рішень та оптимізації вагових параметрів, сучасні автомобілі здатні демонструвати вищу продуктивність та краще керування. Безпека також залишається невід'ємною складовою процесу оптимізації. Системи активної та пасивної безпеки постійно вдосконалюються, спрямовані на запобігання аварійних ситуацій та захист пасажирів у разі зіткнення. Системи керування автомобілем, такі як адаптивні амортизатори, системи контролю тяги та інші, забезпечують більш стабільну і безпечну поведінку автомобіля на дорозі. Подальші дослідження в області оптимізації автомобільних властивостей матимуть велике значення для розвитку автомобільної промисловості. Одним із перспективних напрямків є розвиток електричних та гібридних силових установок, які дозволяють зменшити залежність від викопних видів палива та знизити негативний вплив на навколишнє середовище. Розвиток цих технологій забезпечить значне підвищення паливної ефективності та зниження шкідливих викидів, що є важливим завданням для автомобільних компаній у контексті сучасних екологічних стандартів [4].

Іншим перспективним напрямком є впровадження штучного інтелекту в системи управління автомобілем. Використання інтелектуальних систем управління дозволить значно покращити безпеку на дорогах та забезпечити більш ефективне керування транспортними засобами в умовах складного дорожнього руху. Штучний інтелект зможе аналізувати дорожню ситуацію в режимі реального часу, прогнозувати можливі небезпеки і швидко реагувати на зміну умов, що зробить автомобіль більш автономним та безпечним для користувачів.

Список використаних джерел

1. Андреев В. І. Автомобільна аеродинаміка: підручник / В. І. Андреев. – Київ: Видавничий дім "Техніка", 2020. – 320 с.
2. Губанов О. С., Шевченко І. В. Оптимізація автомобільних систем керування / О. С. Губанов, І. В. Шевченко. – Харків: Видавництво "Академпрес", 2019. – 256 с.
3. Кравченко Л. П. Новітні технології в автомобільній промисловості / Л. П. Кравченко // Технічні науки. – 2021. – № 4. – С. 56–64.
4. Іваненко М. Ю. Використання легких матеріалів у сучасних автомобілях / М. Ю. Іваненко // Інноваційні технології. – 2022. – № 7. – С. 33–40.

УДК 656.13:681.3

СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Голотюк М.В., доц., канд. техн. наук,

Пилипака Т.С., доц., канд. техн. наук,

Бундза О.З., доц., канд. техн. наук,

Ходаківський І.Л., студ.,

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

Точне землеробство є одним із сучасних підходів до управління аграрним виробництвом, який базується на використанні інноваційних технологій для підвищення ефективності, продуктивності та екологічності господарювання. Цей напрямок інтегрує супутниковий моніторинг, геоінформаційні системи, автоматизоване обладнання та аналіз великих обсягів даних. Однією з ключових складових точного землеробства є сервіси, які забезпечують ефективну інтеграцію цих технологій у практику. Важливість сервісних систем обумовлена їхньою здатністю підвищувати продуктивність і оптимізувати використання ресурсів. У статті розглянуто особливості сучасних сервісів точного землеробства, їхні переваги, обмеження та перспективи впровадження.

Системи точного землеробства активно досліджуються у світі. Науковці відзначають, що застосування технологій дистанційного зондування дозволяє значно зменшити витрати на добрива, оптимізувати зрошення та підвищити врожайність без шкоди для навколишнього середовища. Водночас існують певні проблеми, такі як висока вартість впровадження, недостатня адаптація до локальних умов та відсутність необхідної інфраструктури у багатьох регіонах. Це вказує на необхідність створення сервісів, які могли б усунути зазначені недоліки [1, 2, 3, 4].

Сервісне обслуговування є важливою складовою впровадження систем точного землеробства, що забезпечує їх ефективне використання, надійність і довговічність. Системи точного землеробства базуються на інтеграції високотехнологічного обладнання, таких як GPS-навігація, датчики моніторингу, системи автоматичного керування технікою, та спеціалізованого програмного забезпечення для аналізу й управління агротехнічними процесами. Ефективне функціонування цих систем потребує якісного технічного обслуговування, регулярного оновлення програмного забезпечення та навчання користувачів.

Сервісні заходи в системах точного землеробства можна поділити на декілька основних напрямів. Перший напрям – це технічне обслуговування обладнання. Він включає діагностику техніки, калібрування датчиків, перевірку точності GPS-систем, а також ремонт і заміну пошкоджених компонентів. Регулярна перевірка обладнання є критично важливою для уникнення помилок у вимірах і забезпечення надійності систем.

Другий напрям – це обслуговування програмного забезпечення. Сучасні платформи, такі як John Deere Operations Center, Trimble Ag Software і Climate FieldView, вимагають регулярного оновлення для забезпечення сумісності з новими функціями, підвищення точності обчислень і усунення можливих технічних проблем. Оновлення також забезпечують інтеграцію з новими технологіями, такими як аналіз великих даних і штучний інтелект.

Третій напрям – навчання персоналу. Складність роботи з системами точного землеробства потребує наявності кваліфікованих фахівців. Навчання включає ознайомлення з функціоналом обладнання, методами калібрування, аналізом даних та інтерпретацією результатів. Особливу увагу приділяють роботі з картами врожайності, системами управління ресурсами та прогнозуванню стану полів.

Ключовим аспектом сервісного обслуговування є забезпечення зворотного зв'язку між користувачами та постачальниками технологій. Фермери можуть повідомляти про проблеми

в роботі системи, що дозволяє швидко реагувати на неполадки та вдосконалювати продукцію. Наприклад, компанії Trimble та John Deere надають послуги віддаленого моніторингу обладнання, що дозволяє мінімізувати час простою техніки.

У контексті розвитку сервісних систем важливо зазначити, що вони повинні бути адаптовані до умов конкретного регіону. Для цього слід враховувати типи ґрунтів, кліматичні особливості, структуру господарств і економічні можливості фермерів. У цьому контексті все більш популярними стають мобільні сервіси, які забезпечують доступ до функціоналу точного землеробства навіть для малих і середніх господарств.

Сервісне обслуговування також має включати екологічні аспекти. Оптимізація використання добрив, зменшення втрат води та впровадження більш раціональних методів обробки ґрунту сприяють зниженню негативного впливу на довкілля. Завдяки сервісам точного землеробства знижується ризик перевитрати ресурсів, що дозволяє зменшити викиди парникових газів і підвищити стійкість сільськогосподарського виробництва.

Перспективи розвитку сервісного обслуговування систем точного землеробства пов'язані з подальшою інтеграцією штучного інтелекту, автоматизацією процесів технічного обслуговування та впровадженням дистанційного моніторингу. Це дозволить підвищити рівень автоматизації та зробити системи точного землеробства доступними для ширшого кола користувачів.

Сервісне обслуговування є невід'ємною частиною ефективного функціонування систем точного землеробства, забезпечуючи їх надійність, продуктивність і довговічність. Сучасні технології, такі як GPS-навігація, датчики моніторингу, автоматизоване управління технікою та спеціалізоване програмне забезпечення, вимагають постійного технічного супроводу, оновлення програмного забезпечення і кваліфікованого персоналу. Результати дослідження показують, що систематичне обслуговування обладнання, регулярне оновлення програмних компонентів і підвищення рівня компетентності користувачів сприяють оптимізації агротехнічних процесів, зниженню витрат ресурсів і підвищенню врожайності. Важливу роль відіграє адаптація сервісних рішень до регіональних особливостей, що дозволяє враховувати специфіку ґрунтів, клімату та структури господарств.

Сервісне обслуговування систем точного землеробства також сприяє зниженню екологічного навантаження на довкілля шляхом оптимізації використання добрив і ресурсів, зменшення викидів парникових газів та запобігання деградації ґрунтів. Перспективи розвитку сервісного обслуговування полягають у впровадженні дистанційного моніторингу, інтеграції штучного інтелекту та автоматизації сервісних процесів.

Список використаних джерел

1. Артеменко, О. М. Точне землеробство: сучасні підходи та перспективи застосування / О. М. Артеменко // Агроінновації. – 2022. – № 3. – С. 45–52.
2. Holotiuk M.V. Ensuring the efficiency of the system of technical maintenance and repair of transport and technological mashines / Holotiuk M.V., Shymko A.V., Shovkomyd O.V., Martyniuk V.L. // The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji Vol. 99, No. 1, 2023, pp. 5–17.
3. Голотюк М.В. Підвищення ефективності технічного обслуговування машин / Голотюк М. В., Налобіна О.О., Бундза О.З., Тхорук Є.І., Дорошук В. О. // Вісник НУВГП, серія: Технічні науки. – Рівне: НУВГП, 2022. – Вип. 3(99). – С. 118–127.
4. Бондаренко, І. В. Використання супутникових технологій у точному землеробстві / І. В. Бондаренко, Т. П. Соколовська // Сучасне аграрне виробництво. – 2021. – Т. 12, № 4. – С. 32–39.

УДК 631.3

РОЗВИТОК СУЧАСНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

**Налобіна О.О., проф., д.-р. техн. наук,
Голотюк М.В., доц., канд. техн. наук,
Пилипака Т.С., доц., канд. техн. наук,
Шимко А.В., доц., канд. техн. наук,
Бундза О.З., доц., канд. техн. наук,
Ювчик Н.О., ст. викл.,**

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

Сільське господарство є основою забезпечення продовольчої безпеки та стабільного розвитку суспільства. У сучасному світі агропромисловий сектор стикається зі зростаючими викликами, пов'язаними зі зростанням попиту на продукцію, обмеженістю ресурсів і змінами клімату. У цих умовах розвиток сільськогосподарської техніки стає стратегічно важливим елементом, що дозволяє забезпечити підвищення ефективності виробництва, покращення якості продукції та зменшення негативного впливу на довкілля. Сучасна сільськогосподарська техніка еволюціонувала від простих механічних пристроїв до складних автоматизованих систем, здатних працювати у різноманітних умовах із мінімальним втручанням людини.

Зростання складності аграрного виробництва сприяло впровадженню передових технологій, таких як точне землеробство, роботизація, автоматизація процесів і використання штучного інтелекту. Точне землеробство стало одним із ключових напрямків розвитку сучасної техніки. Завдяки застосуванню GPS-навігації, дронів і супутникових систем моніторингу, фермери отримали можливість точно аналізувати стан своїх полів і оптимізувати ресурси. Це дозволяє зменшити витрати на добрива, пестициди та паливе, одночасно підвищуючи врожайність. Наприклад, сучасні сівалки оснащені сенсорами, які визначають щільність ґрунту і автоматично налаштовують глибину посіву, забезпечуючи оптимальні умови для росту культур. Аналогічно, обприскувачі з інтелектуальним управлінням можуть точно визначати ділянки із зараженням шкідниками або хворобами і виконувати локальну обробку, зменшуючи обсяг використаних хімікатів [1, 2, 3, 4].

Одним із найважливіших аспектів розвитку сільськогосподарської техніки є автоматизація та роботизація. Безпілотні трактори, комбайни й інші машини стають невід'ємною частиною сучасного агропромислового виробництва. Вони здатні виконувати рутинні завдання, такі як оранка, сівка та збирання врожаю, з високою точністю й ефективністю. Це не лише зменшує потребу в ручній праці, а й дозволяє працювати цілодобово, знижуючи ризик людських помилок. Завдяки інтеграції робототехніки з іншими цифровими технологіями, такими як системи моніторингу та управління, аграрії можуть краще контролювати виробничі процеси й оперативно реагувати на зміни в умовах поля.

Ще одним важливим етапом розвитку стало впровадження штучного інтелекту в сільськогосподарську техніку. Завдяки аналізу великих обсягів даних, системи з ШІ можуть прогнозувати врожайність, оцінювати стан посівів і навіть рекомендувати оптимальні стратегії обробки ґрунту та рослин. Наприклад, сучасні комбайни, обладнані інтелектуальними системами, автоматично регулюють параметри своєї роботи залежно від типу зерна, вологості та інших факторів, забезпечуючи мінімальні втрати та високу якість зібраного врожаю. У боротьбі з бур'янами та шкідниками машини, оснащені камерами та алгоритмами розпізнавання, проводять точкову обробку, зменшуючи витрати на пестициди та зберігаючи екологічний баланс.

Подальший розвиток сільськогосподарської техніки тісно пов'язаний із впровадженням технологій альтернативної енергетики. Зростання попиту на екологічно чисту техніку стимулює розробку електричних тракторів, машин із використанням водневих паливних

елементів і технологій зменшення викидів. Це не лише сприяє скороченню негативного впливу на довкілля, але й відкриває нові можливості для використання техніки в регіонах із обмеженим доступом до традиційних джерел енергії.

Інтеграція сучасних систем управління та автоматизації сприяє створенню більш адаптивних і гнучких машин, здатних ефективно працювати у складних умовах. Наприклад, системи адаптивного управління можуть автоматично змінювати параметри роботи залежно від погодних умов, типу ґрунту чи інших зовнішніх факторів. У поєднанні з дистанційним моніторингом і управлінням такі технології дозволяють зменшити витрати на технічне обслуговування та підвищити довговічність обладнання.

Екологічна складова є ще одним важливим аспектом розвитку сільськогосподарської техніки. Сучасні дослідження спрямовані на зменшення ущільнення ґрунту, зниження споживання пального та розробку більш екологічно безпечних матеріалів для виготовлення машин. Інноваційні конструкційні рішення дозволяють створювати техніку, яка мінімально впливає на екосистему, забезпечуючи одночасно високу ефективність виробництва.

Таким чином, розвиток сучасної сільськогосподарської техніки є ключовим елементом у вирішенні багатьох глобальних викликів агропромислового сектору. Впровадження інновацій, зокрема точного землеробства, автоматизації та штучного інтелекту, сприяє підвищенню продуктивності, оптимізації ресурсів та збереженню навколишнього середовища. Подальший прогрес у цій сфері створить нові можливості для забезпечення продовольчої безпеки, сталого розвитку сільського господарства та вирішення соціально-економічних проблем у світі.

Список використаних джерел

1. Аніскевич Л.В., Войтюк Д.Г., Захарін Ф.М., Адамчук Н.І., Пономаренко С.О. Основи застосування високоточних технологій рослинництва. /Монографія/ – К: - НУБіП України, 2020, - 405 с.
2. Сільськогосподарські машини: підручник / [Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін.]; за ред. Д. Г. Войтюка. — Київ : Агроосвіта, 2015. — 679 с.
3. Голотюк М.В. Підвищення ефективності технічного обслуговування машин / Голотюк М. В., Налобіна О.О., Бундза О.З., Тхорук Є.І., Дорошук В. О. // Вісник НУВГП, серія: Технічні науки. – Рівне: НУВГП, 2022. – Вип. 3(99). – С. 118–127.
4. Holotiuk M.V. Ensuring the efficiency of the system of technical maintenance and repair of transport and technological mashines / Holotiuk M.V. , Shymko A.V., Shovkomyd O.V., Martyniuk V.L. // The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji Vol. 99, No. 1, 2023, pp. 5–17.

УДК 631.3

ТЕХНОЛОГІЇ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

**Налобіна О.О., проф., д.-р. техн. наук,
Голотюк М.В., доц., канд. техн. наук,
Пилипака Т.С., к доц., канд. техн. наук,
Шимко А.В., доц., канд. техн. наук,**

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

Сервісне обслуговування сільськогосподарської техніки є важливим компонентом сучасного агропромислового виробництва. Розвиток технологій обслуговування обумовлений не лише ускладненням конструкції машин, але й зростанням вимог до їхньої надійності, продуктивності та економічності експлуатації. Основна мета сервісного обслуговування полягає у підтриманні працездатності техніки, попередженні поломок та зменшенні витрат на ремонт.

Одним із ключових напрямків розвитку є застосування цифрових технологій. Використання датчиків і систем телеметрії дозволяє проводити моніторинг технічного стану в режимі реального часу. Сучасні машини обладнані інтелектуальними системами, які фіксують показники роботи основних вузлів і передають їх на центральний сервер для аналізу. Це дає змогу прогнозувати можливі несправності ще до їхнього виникнення. Наприклад, зміни вібраційного фону або температури можуть свідчити про зношення деталей, що вимагає своєчасного втручання.

Іншою інновацією є впровадження систем штучного інтелекту, які аналізують великі обсяги даних, зібраних із різних одиниць техніки. Це дозволяє створювати моделі поведінки машин у різних умовах експлуатації та забезпечувати адаптивне обслуговування. Наприклад, на основі аналізу робочих навантажень та частоти використання певних функцій техніка може автоматично формувати рекомендації щодо технічного обслуговування або необхідності заміни окремих компонентів [1, 2, 3, 4].

Особливу увагу слід приділити автоматизації сервісних процесів. Роботизовані системи обслуговування вже сьогодні використовуються для виконання стандартних операцій, таких як заміна мастил, очищення фільтрів або діагностика електронних систем. Автоматизація дозволяє зменшити людський фактор, знизити час, витрачений на обслуговування, і забезпечити високу якість виконаних робіт.

Враховуючи особливості експлуатації сільськогосподарських машин на підприємстві використовується як планово-попереджувальна система технічного обслуговування і ремонту. Система технічного сервісу машин підприємства передбачає весь комплекс робіт з підготовки до робіт, обслуговування і відновлення робото здатності машин (рис. 1).

Дистанційне обслуговування стало ще одним важливим елементом сервісної інфраструктури. Завдяки сучасним мобільним платформам фермери та сервісні спеціалісти мають доступ до інформації про стан техніки, історію обслуговування та рекомендації з ремонту. Такі системи дозволяють віддалено проводити діагностику несправностей, а в окремих випадках - навіть усувати їх за допомогою оновлення програмного забезпечення або налаштування параметрів роботи.

Окремо слід розглянути впровадження віртуальних і доповнених технологій у навчання сервісного персоналу. Завдяки симуляторам і AR-рішенням, технічні фахівці можуть проходити тренінги, відпрацьовувати процедури діагностики та ремонту без необхідності використання реальної техніки. Це дозволяє підвищити їхню кваліфікацію, знизити ризики помилок і забезпечити готовність до обслуговування складних машин.

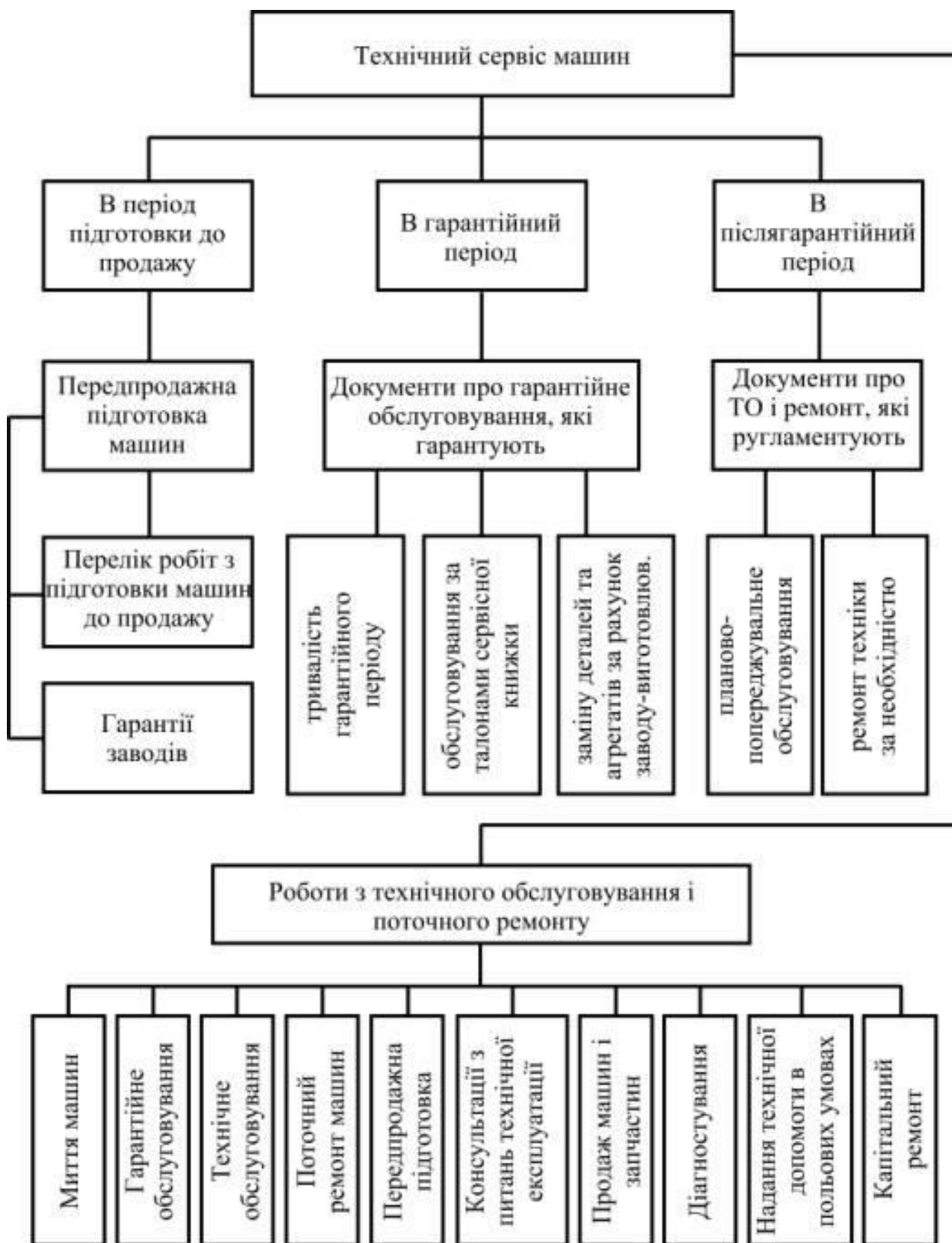


Рис. 1. Схема системи технічного обслуговування машин

Також перспективним напрямком є адаптивні графіки технічного обслуговування. Традиційний підхід базується на фіксованих інтервалах обслуговування, незалежно від фактичних умов експлуатації. Натомість адаптивні графіки враховують такі фактори, як кліматичні умови, інтенсивність роботи та тип виконуваних операцій. Це дозволяє оптимізувати витрати, зменшити кількість позапланових простоїв і забезпечити максимальну ефективність використання техніки.

На завершення, сучасні технології сервісного обслуговування сільськогосподарської техніки створюють нові можливості для підвищення її надійності, економічності та продуктивності. Вони сприяють оптимізації обслуговування, зменшенню витрат на ремонт і забезпеченню високого рівня готовності техніки до виконання складних аграрних завдань. Подальший розвиток цих технологій є важливим кроком до створення більш ефективного та стійкого агропромислового комплексу.

Список використаних джерел

1. Оптимізація рівня технічної готовності рухомого складу на основі витрат на сервісні обслуговування / О. І. Субочев, О. Є. Січко, М. Г. Погорелов, Р. А. Горбань // Вісник Національного транспортного університету. Сер.: "Технічні науки". – К.: НТУ, 2020. – Вип. 1(46). – С. 313-323.
2. Технічний сервіс в агропромисловому комплексі: навчальний посібник / Коновалюк О.В., Кіяшко В.М., Колісник М.В. – К.: Аграрна освіта, 2013. – 404 с.
3. Андрусенко С.І. Організація технічної експлуатації автомобілів в Україні за сучасних умов. / С.І. Андрусенко, О.С. Бугайчук // Вісник НТУ: Серія "Технічні науки". Науково-технічний збірник. – Випуск 1 (34). – К.: НТУ, 2016. – С. 12-20.
4. Holotiuk M.V. Ensuring the efficiency of the system of technical maintenance and repair of transport and technological mashines / Holotiuk M.V. , Shymko A.V., Shovkomyd O.V., Martyniuk V.L. // The Archives of Automotive Engineering – Archiwum Motoryzacji Vol. 99, No. 1, 2023, pp. 5–17.
5. Голотюк М.В. Підвищення ефективності технічного обслуговування машин / Голотюк М. В., Налобіна О.О., Бундза О.З., Тхорук Є.І., Дорошук В. О. // Вісник НУВГП, серія: Технічні науки. – Рівне: НУВГП, 2022. – Вип. 3(99). – С. 118–127.

UDK: 339.13

MAIN ASPECTS OF LOGISTICS MANAGEMENT OF TRANSPORT ENTERPRISES

Sofiia Rozhko, 3rd-year IBM student, 5LZaD-IBM/2022,
Alina Yakymchuk, Prof. Dr. of Econ. Sci,
University of information technology and management in Rzeszow, Poland

Logistics management performs the functions of organizing, planning, regulating, coordinating, controlling and analyzing flow processes. The most important tasks of logistics management are: coordination of logistics functions and agreement of goals with suppliers, subcontractors and consumers. The object of management is the flow of passengers, cargo, luggage, cars and other material resources. The flows are managed at all stages of their existence. The ability to effectively manage all flow processes occurring in transport enterprises is possible only through the use of new information technologies that integrate the entire service infrastructure of the studied enterprises. It is based on the idea of continuous monitoring of the entire supply chain. Looking at the work of a transportation company from this perspective reveals many advantages. The leadership is able to see how efficiently these resources are used, identify sources of losses, and optimize employee performance to improve the bottom line. The effective use of logistics principles and methods in the management of transport companies will allow management to allocate funds for additional investments. Let's consider the indicators for assessing the effectiveness of logistics systems through the use of digital information technologies.

To establish new management principles for road transport, it is necessary to create a sufficient material and technical basis: vehicles are staffed by professional drivers, and the cars are in good condition and ready to work at any time. A well-developed structure of the dispatch team will allow us to work in a coordinated manner and promptly solve and often prevent problems related to the transportation of goods, late or inaccurate shipment from the warehouse, or delivery to the warehouse, store, etc. The main priority of the work is the quality of the services provided, and, as a result, a careful and attentive attitude to time and customer requirements.

Today, transport management software vendors offer a variety of solutions with a wide range of functionalities. Among the total mass of solutions, we can distinguish several main types:

- intracity delivery route planning systems;
- software and hardware systems for GPS/GPRS monitoring of vehicle status and location;
- systems for optimizing body loading;
- systems for analyzing the entire vehicle fleet and accounting for its operation costs;
- planning systems for international and multimodal transportation;
- systems for strategic planning and geomarketing analysis.

The fact that all these solutions are developed by completely different vendors means that the total cost of implementing the required set of solutions and its maintenance is steadily increasing, and the possibilities of data exchange between them are not always provided or possible, but in different formats. Therefore, taking into account the specifics of each company's business, it becomes almost impossible to obtain the required set of functionality within a single project from a single vendor and on a single platform. Complex systems of the TMS (Transport Management System) class solve this problem. TMS is a multifunctional tool that combines the entire range of solutions for transport logistics and has a huge amount of flexibility, sufficient to accurately describe any business process and form the necessary set of functions.

List of references:

1. Connecting to Compete 2016: Trade Logistics in the Global Economy. The Logistics Performance Index and Its Indicators // logist.ru.
2. Pande P.S.; Neuman, Robert P. Gavanagh, Roland R. The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies Are Honing Their Performance / P.S. Pande, R.P. Neuman, R. R. Gavanagh. McGraw-Hill, 2000. 282p.

УДК 378.147:629.331:004

ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ З ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Никончук В.М., проф., д-р екон. наук,

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

У сучасних умовах розвитку транспортної галузі в Україні необхідність підготовки висококваліфікованих спеціалістів є особливо актуальною. Це зумовлено швидкими змінами в технологіях, автоматизацією виробничих процесів і потребою у висококваліфікованих кадрах для задоволення вимог мінливого ринку праці. Професійні компетентності майбутніх фахівців з транспортних технологій, їх здатність адаптуватися до нових умов та швидко оволодівати сучасними технологіями є важливою складовою цього процесу.

Метою наукової праці є вивчення сучасних підходів до формування професійних компетентностей у фахівців транспортної галузі та визначення ефективних методів підготовки таких кадрів в умовах глобалізації та цифровізації.

Професійна компетентність — це сукупність знань, умінь та навичок, що дозволяють фахівцю виконувати свої функціональні обов'язки на високому рівні. У контексті підготовки майбутніх фахівців з транспортних технологій професійна компетентність включає в себе не тільки технічні навички, але й здатність до адаптації, інноваційного мислення, уміння працювати в команді та приймати обґрунтовані рішення в умовах невизначеності.

Стандартом освіти [2] визначено ряд компетенцій, які визначають рівень підготовки та готовність здобувача до вимог ринку праці (рис.1).



Рисунок 1 – Компетентності, визначені стандартом освіти, та їх вплив на підготовку здобувача до вимог ринку праці

Зміни на ринку праці в транспортній галузі зумовлені швидким розвитком технологій, глобалізацією, змінами до екологічних вимог та соціальними трансформаціями, що вимагають від фахівців здатності адаптуватися до нових умов (рис.2).

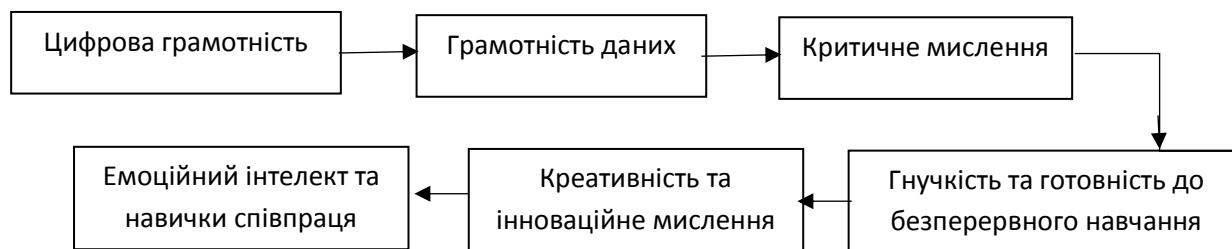


Рисунок 2 – Ілюстрація ключових компетенцій ТОП-10 найбільш затребуваних умінь та навичок

Насамперед, це пов'язано із технологічною адаптацією та цифровізацією. У сучасному світі, де цифрові технології стають основним двигуном економічного розвитку, спеціалісти транспортної галузі повинні володіти знаннями та навичками для роботи з автоматизованими системами управління транспортними потоками, використанням великих даних (Big Data), штучного інтелекту (AI) та Інтернету речей (IoT). Ці технології дозволяють оптимізувати рух транспорту, зменшувати витрати на паливо, підвищувати безпеку та ефективність роботи транспортних засобів, а також інтегрувати різні види транспорту в єдину логістичну мережу, що важливо для розвитку сучасних міських та міжміських систем транспорту. Впровадження безпілотних транспортних засобів, автоматизованих систем управління та транспортних платформ, що об'єднують різні види транспорту, є необхідним кроком для досягнення високої продуктивності та сталості транспортних мереж. Знання цих технологій, а також вміння інтегрувати їх у вже існуючі транспортні структури, є критичними для професіоналів, що працюють у галузі.

Дедалі більшої важливості у сучасних умовах набувають екологічна відповідальність та сталий розвиток у транспортній галузі набувають. Транспорт, як один з головних факторів забруднення навколишнього середовища, потребує впровадження нових екологічно чистих технологій, таких як використання відновлювальних джерел енергії, зокрема водневих та електричних транспортних засобів, а також оптимізація енергоспоживання. Розробка та впровадження зелених технологій вимагає від фахівців наявності знань у сферах енергозбереження, екологічної безпеки та сталого управління природними ресурсами. Ці технології дозволяють не лише знижувати викиди CO₂, а й ефективно зменшувати негативний вплив транспорту на екосистеми та здоров'я населення. Враховуючи глобальні виклики зміни клімату, держави та міжнародні організації активно сприяють розвитку екологічно чистих технологій у транспорті, що ставить вимоги до фахівців щодо здатності впроваджувати і масштабувати такі технології на рівні міських і регіональних транспортних систем. Тому одна з важливих компетенцій працівників галузі – це розуміння принципів сталого розвитку, а також готовність до розробки та інтеграції екологічно безпечних рішень у транспортні стратегії [3].

Міждисциплінарний підхід до навчання є ключовим фактором у підготовці фахівців транспортної галузі, яка перебуває на стику технічних, екологічних, економічних та цифрових змін. Сучасні виклики, зокрема оптимізація транспортних мереж, впровадження екологічно чистих технологій і цифровізація процесів, потребують інтеграції знань із різних галузей. Важливими стають навички системного мислення, яке дозволяє враховувати вплив різних факторів на ефективність транспортних мереж, а також здатність до інтеграції знань із суміжних дисциплін. Такий підхід дозволяє створювати більш ефективні та стійкі рішення для розвитку транспорту, які враховують не лише технічні, але й соціально-економічні та екологічні аспекти.

Розвиток транспортної галузі вимагає від майбутніх фахівців не лише глибоких технічних знань, а й здатності адаптуватися до швидкоплинних змін у технологіях та суспільстві [1]. Формування професійних компетентностей для фахівців із транспортних технологій стає ключовим завданням освітньої системи.

Основою для навчальних програм, орієнтованих на підготовку кваліфікованих фахівців у галузі транспортних технологій є наступний алгоритм, який показано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Алгоритм формування професійних компетентностей майбутніх фахівців з транспортних технологій

Етап	Опис етапу	Компетентності	Інструменти та методи формування компетентностей	Результат
Ідентифікація необхідних компетентностей	Оцінка вимог ринку праці і сучасних тенденцій у транспортній галузі	Цифрова грамотність, Грамотність даних, Критичне мислення, Емоційний інтелект, Креативність, Гнучкість	Аналіз ринку праці, інтерв'ю з експертами, дослідження тенденцій	Визначення ключових компетентностей для фахівців
Розробка навчальних програм (силабусів)	Створення навчальних програм, що включають необхідні компетентності	Цифрова грамотність, Критичне мислення, Емоційний інтелект	Інтерактивні курси, онлайн-платформи, тренінги	Підготовка програми для розвитку професійних компетентностей
Оцінка та тестування	Визначення рівня володіння компетентностями у студентів	Креативність, Грамотність даних, Критичне мислення	Тести, практичні завдання, проекти	Оцінка готовності студентів до реальних умов роботи
Адаптація та оновлення	Оновлення навчальних матеріалів та програм відповідно до нових тенденцій	Гнучкість, Креативність	Моніторинг технологічних змін, аналіз нових розробок у транспортних технологіях	Постійне оновлення і покращення освітніх програм

У результаті, для досягнення ефективності та конкурентоспроможності в транспортній галузі майбутнього, фахівці повинні інтегрувати технічні знання з інноваційними підходами в управлінні, екологічними ініціативами та цифровими технологіями, одночасно забезпечуючи гнучкість і готовність до змін. Це дозволить не лише підвищити продуктивність і безпеку транспортних систем, але й зробити їх сталими, ефективними та екологічно безпечними для суспільства в умовах глобальних змін.

Список використаних джерел

1. Топ 10 найбільш затребуваних умінь та навичок на найближчі 10 років: дослідження Forbes. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://nqa.gov.ua/news/top-10-najbils-zatrebuvanih-umin-ta-navicok-na-najblizci-10-rokiv-doslidzenna-forbes/>.
2. Стандарт вищої освіти України: другий (магістерський) рівень, галузь знань 27 Транспорт, спеціальність 275 Транспортні технології (за видами) затверджено та введено в дію наказом Міністерства освіти і науки України від 20.11.2020 р. № 1448.
3. Никончука В., Пашкевич С. Модель підготовки майбутніх фахівців у галузі транспорту. Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції. Мадрид, Іспанія, 2023. С. 197-300. URL: <https://isg-konf.com/distance-education-as-the-main-problem-of-young-people/>

УДК 004.338.47

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ**Слюсарчук Я.В.,** *ст. гр. ТТ-61м,***Никончук В.М.,** *проф., д-р екон. наук,**Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне,
Україна*

Серед вантажів, які перевозяться автотранспортними підприємствами. Особлива увага приділяються перевезенню небезпечних вантажів.

Небезпечний вантаж – це речовини або матеріали, що підлягають особливим умовам транспортування через їх шкідливий вплив на навколишнє середовище або здоров'я людини.

Основні типи небезпечних вантажів включають гази, рідини, хімікати, пероксиди тощо. Відповідно до правил перевезення, всі небезпечні вантажі діляться на 9 класів (табл. 1).

Таблиця 1 – Класи безпеки небезпечних вантажів за ADR

Клас	Назва класу
Клас 1	Вибухові речовини та вироби
Клас 2	Гази (отруйні, легкозаймисті, неотруйні)
Клас 3	Легкозаймисті рідини
Клас 4	Легкозаймисті тверді речовини, самозаймальні речовини, речовини, що виділяють легкозаймисті гази при контакті з водою
	4.1 - Легкозаймисті тверді речовини
	4.2 - Речовини, схильні до самозаймання
	4.3 - Речовини, що виділяють легкозаймисті гази при контакті з водою.
Клас 5	Окислюючі речовини та органічні пероксиди
	5.1 - Речовини, що окислюють
	5.2 - Органічні пероксиди
Клас 6	Токсичні та інфекційні речовини
	6.1 - Токсичні речовини
	6.2 - Інфекційні речовини
Клас 7	Радіоактивні матеріали
Клас 8	Корозійні речовини
Клас 9	Інші небезпечні речовини та вироби (включаючи дрібний пил, токсини)

Для перевезення небезпечних вантажів використовують різні види транспорту: авіаційний, автомобільний і морський. Кожен з цих видів має свої особливості та специфіку, але автотранспорт є найпоширенішим.

Автотранспорт – це оптимальне рішення для перевезення небезпечних вантажів. Залежно від консистенції вантажу, транспортування може здійснюватися за допомогою цистерн, мікроавтобусів, майданчиків для контейнерів, самоскидів тощо [2].

Основною умовою є наявність спеціальних кріплень, що забезпечують захист вантажу від механічного впливу і пошкодження. Для безпеки перевезення небезпечних вантажів автотранспортом необхідно встановити наступні елементи:

- противідкатні упори – в залежності від маси транспорту та діаметра коліс;
- гальмівна система – зносостійка та з антиблокувальною функцією (ABS);
- запобіжники;
- обмежувачі електричних ланцюгів;
- віддалена вихлопна система – повинна бути розташована далеко від основного місця розташування небезпечних вантажів;

- засоби пожежогасіння;
- знаки аварійної зупинки;

Щоб уникнути проблем під час перевезення небезпечних вантажів, важливо враховувати наступні нюанси: упаковку (використання спеціальної тари відповідно до встановлених норм і технічних стандартів), маркування (наявність відповідного маркування на тарі), вантажно-розвантажувальні роботи (розміщення вантажу на транспорті, наявність обов'язкових комплектуючих у спеціалізованому транспорті), класифікація вантажі відповідно до класу небезпеки, безпека під час перевезення, контроль за вантажем, дотримання правил прибирання (після вивантаження обов'язково прибрати можливі залишки небезпечного вантажу з автотранспорту) [1].

Перевезення небезпечних вантажів підлягає суворим регуляторним вимогам. Кожна країна має свої закони, що регулюють перевезення небезпечних вантажів. Наприклад, в Європі діють директиви ЄС, які зобов'язують компанії дотримуватися специфічних стандартів. Тому при перевезенні небезпечних вантажів необхідно дотримуватися як національних, так і міжнародних правил. Необхідно забезпечити наявність відповідних документів, таких як декларація небезпечних вантажів, сертифікати про перевірку, а також інструкції для аварійних ситуацій.

В умовах сучасного бізнесу та зростаючих вимог до безпеки використання новітніх технологій дозволяє підвищити ефективність, безпеку та прозорість операцій. Цифровізація охоплює впровадження технологій, які дозволяють автоматизувати та покращувати бізнес-процеси (рис. 1).



Рисунок 1– Цифрові інструменти в управлінні ланцюгами постачання

Цифрові технології дозволяють зменшити ризики, пов'язані з перевезенням небезпечних вантажів, завдяки ідентифікації ризиків та використанню платформ, що аналізують дані про вантажі, маршрути, а також можливі небезпеки. Впровадження автоматизованих систем управління дозволяє знизити ризики, пов'язані з перевезенням небезпечних вантажів. Наприклад, автоматизовані системи можуть відстежувати маршрути в реальному часі, забезпечуючи своєчасну реакцію на будь-які відхилення або надзвичайні ситуації. Дослідження показують, що автоматизація може знизити витрати на перевезення до 20%. Моніторинг та відстеження вантажів здійснюється за допомогою IoT-сенсорів, що контролюють стан вантажів (температуру, вологість) для своєчасного реагування на проблеми, як у випадку компанії DHL, а також технологій GPS та RFID, які дозволяють

відстежувати місцезнаходження вантажів у реальному часі, що підвищує безпеку та ефективність управління запасами [3].

Цифровізація процесу перевезення небезпечних вантажів стає важливим аспектом сучасної логістики, забезпечуючи безпеку, ефективність та прозорість у виконанні операцій. Перевезення небезпечних вантажів вимагає дотримання суворих регуляторних норм та обережності, адже навіть незначні помилки можуть призвести до серйозних наслідків для здоров'я людей та навколишнього середовища.

Сучасні технології, такі як ERP-системи, Інтернет речей (IoT), блокчейн та аналітика великих даних, значно покращують управління процесами перевезення. Вони забезпечують інтеграцію різних елементів бізнесу, автоматизують моніторинг стану вантажів, забезпечують прозорість даних та дозволяють ефективно управляти ризиками. Завдяки цим інноваціям, компанії можуть знизити витрати на перевезення, оптимізувати маршрути та своєчасно реагувати на надзвичайні ситуації.

Але цифровізація не лише підвищує економічну ефективність. Вона також відкриває нові горизонти в контексті екологічної відповідальності. В умовах глобальних викликів, пов'язаних із зміною клімату та забрудненням навколишнього середовища, впровадження "зелених" технологій у логістичні процеси стає не лише трендом, а й необхідністю.

У перспективі, розвиток штучного інтелекту та нових транспортних технологій, а також подальше вдосконалення цифрових платформ для управління ланцюгами поставок, можуть ще більше підвищити ефективність і безпеку перевезення небезпечних вантажів. Це створить нові можливості для бізнесу, сприятиме зменшенню ризиків і дозволить здійснювати перевезення більш безпечно і екологічно.

Отже, цифровізація у перевезенні небезпечних вантажів є важливим кроком у напрямку безпечної та стійкої логістики, яка враховує як економічні, так і екологічні аспекти, забезпечуючи безпеку для людей та довкілля.

Список використаних джерел

1. 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.
2. Samoilyk, I., Nykonchuk, V. (2023). The Strategic Positioning in the International Maritime Logistics. In: Arsenyeva, O., Romanova, T., Sukhonos, M., Tsegelnyk, Y. (eds) Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 536. Springer, Cham. pp 842–853 https://doi.org/10.1007/978-3-031-20141-7_75
3. Никончук В. М., Пашкевич С.М, Ткачук Д.М. Логістичні концепції в системі стратегічного управління. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали III Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції 19-20 жовтня 2022р. Рівне: НУВГП, 2022. С. 93-97.

УДК:656.078

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ НА МІЖНАРОДНИХ МАРШРУТАХ

Дорошук В.О., *ст. викл.*,
Сорока, В.С., *доц., канд. с-г наук*,
Сліпенький Є.Б., *ст. викл.*,
Бережняк І.А., *ст. гр. ТТ-41*,
Яскал С.В., *маг.*,
Яскал А.В., *маг.*,
Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, Україна

Процес доставки вантажів у міжнародному сполученні є багатограним і залежить від великої кількості змінних, які необхідно враховувати при пошуку шляхів його вдосконалення.

Складність міжнародної торгівлі вимагає впровадження сучасних технологій, зокрема електронного документообігу, для оптимізації логістичних процесів та зниження витрат.

Для будь-якого автотранспортного підприємства ключовим показником ефективності є здатність оптимально використовувати такі ресурси, як паливо, транспортні засоби, персонал та інше, щоб мінімізувати витрати на перевезення та забезпечити максимальну прибутковість.

Ефективність роботи автопарку визначається здатністю підприємства мінімізувати витрати при збереженні високого рівня послуг, яку можна підвищити шляхом оптимізації логістичних процесів та регулярного технічного обслуговування автопарку.

Вибір маршруту руху автотранспортних засобів безпосередньо впливає на наступні показники: час доставки, витрати на паливо, знос транспортних засобів та загальну вартість перевезень. Тому детальне дослідження цього питання, розробка та впровадження методики вибору міжнародних маршрутів є необхідним для підвищення ефективності логістичних операцій.

Найбільш раціональним вважається маршрут, який дозволяє отримати найбільший фінансовий результат за одиницю часу з урахуванням таких факторів, як відстань, витрати на паливо, час у дорозі та інші витрати:

$$\frac{D - B_{\text{заг}j}}{T_{\text{об}j}} \rightarrow \max_j. \quad (1)$$

де D – доходи, отримані за оборот, грн; $B_{\text{заг}}$ – загальні витрати перевізника за оборот, грн; $T_{\text{об}j}$ – час обороту, год; $j=1,2,3, \dots, n$ – кількість альтернативних маршрутів руху транспортних засобів між кореспондуючими пунктами, які відповідають діючим обмеженням.

При плануванні перевезень необхідно враховувати, що вибір оптимальної швидкості руху є багатофакторною задачею. Від цього рішення залежать не лише терміни доставки вантажу, але й витрати на паливо, знос транспортного засобу, рівень безпеки руху, а також вплив на навколишнє середовище (виділення шкідливих речовин, рівень шуму).

Ефективність автоперевезень вантажів визначається комплексом факторів, які можна умовно поділити на дві групи: організаційні (планування маршрутів, управління автопарком, взаємодія з клієнтами) та техніко-експлуатаційні (стан автомобілів, витрата палива, швидкість руху) (рис.1).

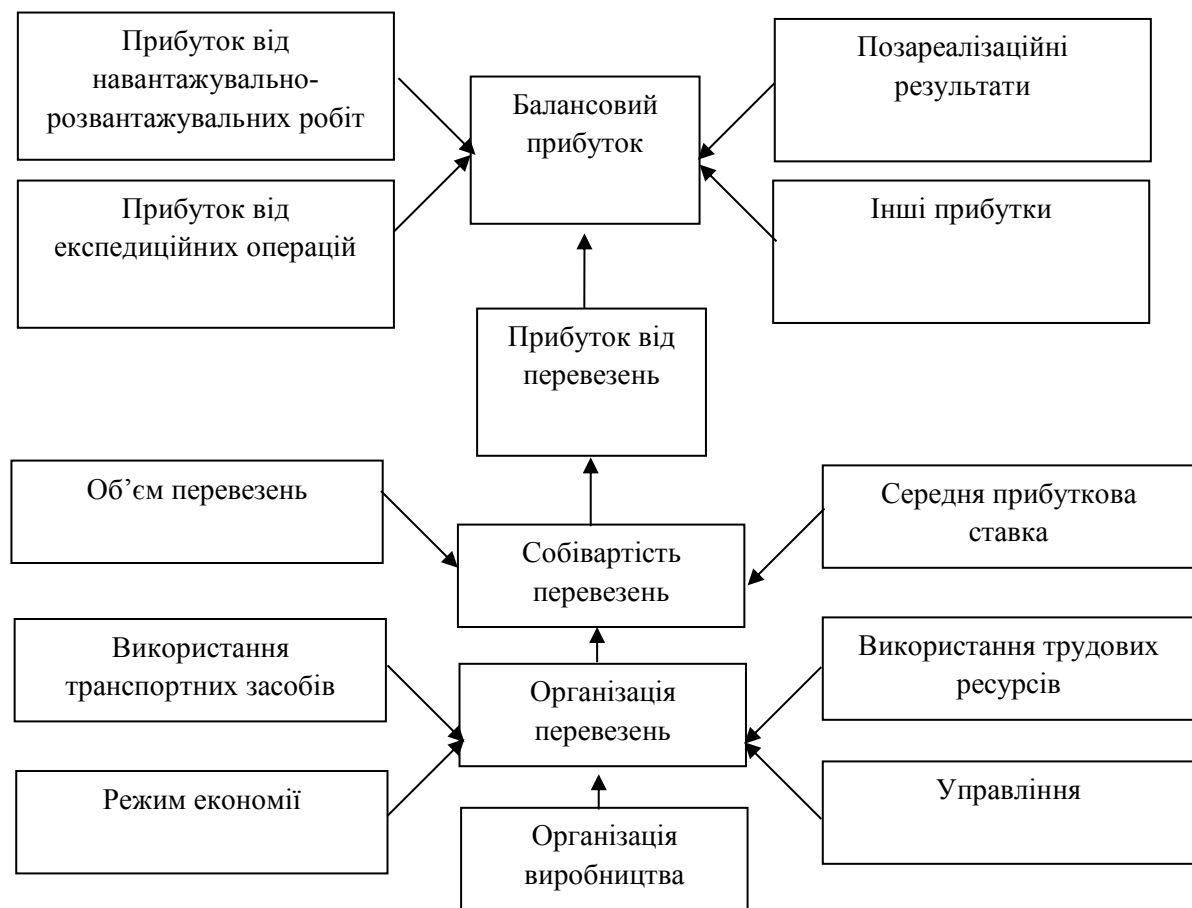


Рисунок 1 – Аналіз впливу різних факторів на фінансові результати автотранспортного підприємства

Рентабельність є комплексним показником, який характеризує співвідношення отриманого прибутку до витрат підприємства. Вона дозволяє оцінити ефективність використання ресурсів, а також визначити конкурентоспроможність підприємства на ринку транспортних послуг. Показники рентабельності використовуються для аналізу фінансової діяльності, прийняття інвестиційних рішень та розробки цінової політики.

Отже, основні напрями підвищення ефективності:

- оптимізація маршрутів;
- удосконалення управління автопарком;
- використання сучасних технологій;
- співпраця з партнерами;
- підвищення кваліфікації персоналу.

Ефективне використання рухомого складу на міжнародних маршрутах є одним з ключових факторів успіху транспортних компаній. Воно дозволяє зменшити витрати, підвищити прибутковість, скоротити час доставки вантажів, збільшити рівень завантаженості транспортних засобів, зменшити кількість простоїв та забезпечити високий рівень сервісу для клієнтів.

Для досягнення високої ефективності в логістиці компанії повинні регулярно проводити внутрішні аудити, вдосконалювати системи управління запасами, покращувати якість обслуговування клієнтів, оптимізувати транспортні маршрути за допомогою систем моніторингу палива та впроваджувати сучасні методи прогнозування.

Постійне вдосконалення процесів та використання сучасних технологій є ключовими факторами підвищення ефективності використання рухомого складу на міжнародних маршрутах. Завдяки комплексному підходу до вирішення цього завдання транспортні компанії можуть досягти значних конкурентних переваг.

Список використаних джерел

1. Instrumenty zarządzania logistycznego [Текст] / pod red. M. Ciesielskiego. – Warszawa: Polskie Wyd- wo Ekonomiczne, 2006. – 180 s..
2. Гончаров Ю.В., Костюк Г.В. Оцінювання ефективності функціонування логістичної системи. Актуальні проблеми економіки. 2011. № 9. С.8-15.
3. Смирнов І., Косарева Т. Транспортна логістика. Навчальний посібник. Центр навчальної літератури. 2019. 224 с.
4. Трушкіна Н., Сербіна Т. Міжнародна логістика у системі зовнішньоекономічної діяльності підприємства. International Science Journal of Management, Economics & Finance. Vol. 1, No. 3, 2022, pp. 101-114.
5. Шевців Л. Ю. Логістичні витрати підприємства: монографія. Львів : Львівська політехніка, 2017. 244 с.

ТРАНСПОРТ, ІНФРАСТРУКТУРА ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК МІСТА

Хітров І.О., доц., канд. техн. наук,

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

Транспорт діє як система засобів, технологій та організаційних структур, призначена для перевезення пасажирів, вантажів з однієї точки в іншу з метою забезпечення мобільності, економічного обміну та соціальної інтеграції [1].

Транспортна інфраструктура (сукупність об'єктів, споруд, засобів і систем) забезпечує функціонування транспорту для здійснення перевезень пасажирів і вантажів та є матеріальною основою для організації транспортного процесу [2].

Сучасне місто – це простір, де технології, екологія, економіка і соціальна інтеграція поєднуються для створення комфортного, безпечного і сталого середовища.

Сталий розвиток міста розпочинається з концепції розвитку міських територій, яка спрямована на задоволення поточних потреб мешканців без шкоди для можливостей майбутніх поколінь. Цілі сталого розвитку міста орієнтовані на забезпечення високої якості життя мешканців, створення здорового міського середовища, формування міцної та диверсифікованої економіки, збереження культурної спадщини, унікальності міста та інших викликів [3].

Транспорт та інфраструктура є ключовими компонентами сталого розвитку міста та сприяє соціально-економічному зростанню, покращенню якості життя громадян та збереженню довкілля.

Соціальна роль проявляється в мобільності населення (забезпечення доступу до роботи, освіти, медичних послуг і дозвілля) [4], рівності та інклюзивності (розвинена транспортна інфраструктура робить місто доступним для всіх, включаючи людей з обмеженими можливостями) [5], а також в наданні якісних послуг (наприклад, зменшення часу в дорозі та покращення умов подорожей підвищують комфорт поїздки) [6].

Економічність прийнятого рішення буде визначатися розподілом зв'язків між районами міста (логістична оптимізація стимулює розвиток бізнесу і торгівлі) [7], залученні інвестицій (інвестори найчастіше обирають міста з розвинутою транспортною системою) [8] та ефективності робочої сили (швидкий і зручний транспорт скорочує час на дорогу, підвищуючи продуктивність праці) [9].

Екологічний розвиток направлений на зменшення забруднення (перехід на екологічний транспорт сприяє зниженню шкідливих викидів від діяльності транспорту) [10], раціонального використання простору (розвиток громадського транспорту дозволяє зменшити кількість приватного транспорту, зменшуючи затори та перевантаження доріг) [11] та збереження ресурсів (інфраструктура, що сприяє користуванню громадським або велосипедним транспортом, допомагає оптимізувати енергоспоживання) [12].

Урбаністичне спрямування відображається в організації міського простору (транспорт впливає на планування міста, розташування житлових і комерційних зон) [13], реалізації концепції "розумного міста" (використання цифрових технологій для оптимізації потоку та транспортної інфраструктури) [14].

Майбутнє транспорту та інфраструктури буде характеризуватися широким впровадженням екологічно чистих технологій, таких як електричні та водневі транспортні засоби. Розвиток автономного транспорту та інтелектуальних систем управління дозволить оптимізувати рух і знизити аварійність. Міста стануть більш орієнтованими на пішоходів і велосипедистів, з інтегрованими мультимодальними транспортними вузлами. Новітні технології, як гіперлуп і повітряні таксі, значно скоротять час подорожей і зменшать навантаження на дороги. Інфраструктура стане розумною, з можливістю інтеграції різних

видів транспорту через цифрові платформи. Загалом, зміни сприятимуть розвитку сталих і зручних для життя міст, зменшуючи негативний вплив на довкілля [15, 16].

Таким чином, сталий розвиток міста базується на балансі між соціальними потребами, економічною ефективністю та екологічною стійкістю. Лише за умови комплексного підходу до розвитку транспорту та інфраструктури можливо створити комфортні, безпечні та перспективні для майбутніх поколінь міста. Транспорт і інфраструктура є не лише засобами переміщення, а й основою сталого розвитку міст, їх інтеграції та привабливості.

Список використаних джерел

1. The 6 Types of Transportation in Logistics. Inboundlogistics: веб-сайт. URL: <https://www.inboundlogistics.com/articles/transportation-in-logistics/>
2. The Importance of Designing Effective Urban Transportation Infrastructure. Acb Consulting Services: веб-сайт. URL: <https://www.acbconsultingservices.com/construction-management-for-transportation/what-is-transport-infrastructure-and-what-types-of-transport-infrastructure-should-we-plan/>.
3. Michael Woodbridge. Cities and the Sustainable Development Goal. URL: <https://www.local2030.org/library/232/ICLEI-Briefing-Sheets-02-Cities-and-the-Sustainable-Development-Goals.pdf>.
4. Віктор Загреба, Армін Вагнер. Про результати базового дослідження ситуації у сфері сталої місцевої мобільності в об'єднаних територіальних громадах України. Київ, 2019. 36 с. URL: https://transformative-mobility.org/wp-content/uploads/2024/01/Baseline-report_UK.pdf.
5. Васильєва Н. В., Приліпко С. М. Доступність інфраструктури громадського транспорту для маломобільних груп населення: аналіз зарубіжного досвіду. *Електронний журнал. Державне управління : удосконалення та розвиток*. DOI: [10.32702/2307-2156-2020.11.6](https://doi.org/10.32702/2307-2156-2020.11.6).
6. Управління попитом на транспортні послуги: інструкція. URL: https://transformative-mobility.org/wp-content/uploads/2009/04/GIZ_SUTP_TM_Transportation-Demand-Management_UA.pdf.
7. Німіт Мехра. Оптимізація маршруту: як Zeo може допомогти вам оптимізувати вашу логістику. Zeo : веб-сайт. URL: <https://zeorouteplanner.com/uk/logistics-route-optimization/>.
8. Національна стратегія збільшення прямих іноземних інвестицій в Україну. 2021/ 83 с. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/wp-content/uploads/2021/08/FDI-Strategy-Section-2-Transport-Infrastructure-UKR.pdf>.
9. Розумний транспорт і логістика для міст: навч. посіб. / О.О. Лобашов, М.В. Ольхова, А.С. Галкін та ін. Житомир: "Житомирська політехніка", 2021. 612 с. URL: https://eztuir.ztu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/7970/Joint%20Manual%20SMALOG_v.1.3%20%282%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
10. Транспорт. Міжрегіональний центр наукових досліджень та експертиз: веб-сайт. URL: <https://sd4ua.org/golovni-temi-stalogo-rozvitku/transport/>.
11. Плешкановська А. М. Функціонально-планувальна оптимізація використання міських територій. Київ: Вид. Логос, 2005. 190 с.
12. Самокати, велосипеди і громадський транспорт: що чекає міську мобільність післязавтра? Аналітичний журнал про місто : веб-сайт. <https://mistosite.org.ua/articles/samokaty-velosypedy-i-hromadskyi-transport-shcho-chekaie-na-misku-mobilnist-pisliazavtra>.
13. Безлюбченко О. С., Завальний О. В. Урбаністика : навч. посіб. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. 274 с.
14. Гайкова Т.В., Загорянський В.Г., Леонтович А.О. Впровадження цифрових технологій в управління ланцюгами постачань. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2023. Вип. 7(38), ч. I. С. 222-228. URL: [https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/7\(38\)_I/27.pdf](https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/7(38)_I/27.pdf).
15. The future of transportation infrastructure: Innovations and challenges. McNeil Engineering: веб-сайт. URL: <https://www.mcneilengineering.com/the-future-of-transportation-infrastructure-innovations-and-challenges/>.
16. Marina Menga. Untapped potential: Transportation's sustainable future. Foresight: веб-сайт. URL: <https://www.climateforesight.eu/articles/untapped-potential-transforming-transportation-for-a-sustainable-future/>.

УДК:621.891

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ВТУЛОК КЛАПАНІВ ДВЗ З МАСЛОУТРИМУВАЛЬНИМ ПРОФІЛЕМ

Вичавка А.А., *ст. викл.*,Диха М.О., *докторант, канд. техн. наук*Дитинюк В.О., *ст.викл., д-р філос.*,*Хмельницький національний університет, м. Хмельницький, Україна*

Направляючі втулки клапанів виготовляються із зносостійких матеріалів із досить гарною теплопровідністю. Це спеціальний чавун, металокераміка, бронза та латунь. Вища теплопровідність у бронзи та латуні, тому їх і застосовують на більшості форсованих двигунів, наприклад, BMW, Audi, Volvo. Для фіксації втулки по висоті в головці блоку циліндрів на зовнішній поверхні зазвичай є опорний буртик. Іноді замість нього використовується розрізне опорне кільце. Якщо втулка зовні гладка, то для її встановлення в головку знадобиться спеціальна оправка або дистанційна втулка.

Геометричні розміри і загальний вигляд напрямної втулки показаний на рис. 1.

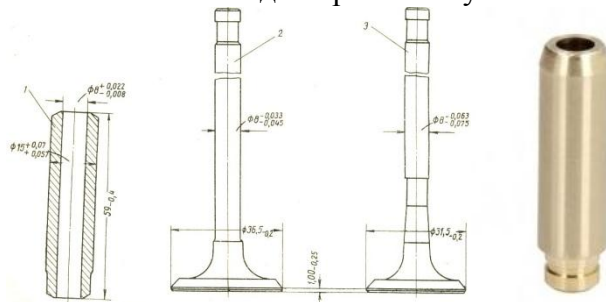


Рисунок 1– Втулка напрямної клапана ДВЗ.

Напрявні втулки мають такі дефекти: знос внутрішньої поверхні (58...96%), ослаблення посадки (7...13%), тріщини та злами (3...10%). Величина зносу втулок має виражений нерівномірний характер. У верхній частині втулок знос невеликий і має форму овалу, велика вісь якого перпендикулярна до поздовжньої осі двигуна. У нижній частині втулки зношуються більше ніж у верхній із збереженням напрямку зносу.

В даній роботі для відновлення і підвищення зносостійкості напрямних втулок запропоноване використання спеціального інструменту-накатки (рис. 2).



Рисунок 2 – Спеціальний інструмент для відновлення втулок клапанів.

Інструмент фірми TOKAR (8.1) Knurling & Resizing arbors HSS призначений для відновлення напрямних клапанів шляхом накручування спіральної канавки на внутрішній поверхні втулки. Це дозволяє шляхом деформації матеріалу зменшити внутрішній діаметр направляючої клапана. Матеріал інструменту HSS (High Speed Steel) – HRC 62±1. Відновлення (накатку) направляючої клапана необхідно проводити від інструменту меншого діаметру з подальшим збільшенням до упору штока направляючої клапана, входу в гільзу.

Конус робочої частини запобігає розтріскування деталей. Накатка зменшує розміри отвору при припуску 0,04-0,06 мм в залежності від матеріалу. Приклад: вихідний розмір направляючої клапана $\varnothing 8,02$ після прокатки внутрішнього отвору $\varnothing 8,1$ становитиме $\varnothing 7,95-7,98$, залежно від матеріалу. Після відновлення (прокатки) внутрішній отвір калібрується розгорткою потрібного розміру.

Обробка напрямних проводилась на токарному верстаті. Втулка центувалась і закріплювалась у кулачковому патроні і оберталась. Інструмент здійснював поступальний осьовий рух подачі.

Після застосування цієї технології на поверхні отвору втулки залишається спіральний маслоутримувальний профіль, який:

- збільшує маслоємність поверхні, а отже, покращуються умови змащення в парі тертя "клапан-напрямна";
- створюється газолабіринтне ущільнення у сполученні, що запобігає потраплянню масла у камеру згоряння;
- зміцнюється поверхня отвору втулки за рахунок ущільнення поверхні (ефект наклепу).

Оскільки за рахунок спіральної канавки поверхня отвору у втулці зменшується лише на 10... 15%, її наявність майже не позначиться на ресурсі роботи ГБЦ, оскільки клапан у втулці коливається у межах теплового зазору і стрижень клапана ніколи не контактує з втулкою по всій поверхні отвору.

На рис. 3 показаний профіль спіральних маслоутримувальних канавок, що утворювався на внутрішній поверхні прямої втулки клапана. Профіль канавок відповідно до конструкції інструмента мав заокруглену форму.



Рисунок 3 – Спіральні маслоутримувальні канавки прямої втулки клапана

В процесі пластичної обробки маслоутримувальних канавок в отворі прямої втулки відбувається наклеп поверхневого шару робочих поверхонь, що також сприяє підвищенню зносостійкості втулок з канавками.

Оптичні мікрофотографії матеріалів, показаних рис. 4 показують, що сплав складається з α -фази і β -фази, і що α -фаза має довгу острівну форму, типову для деформованої бронзи.

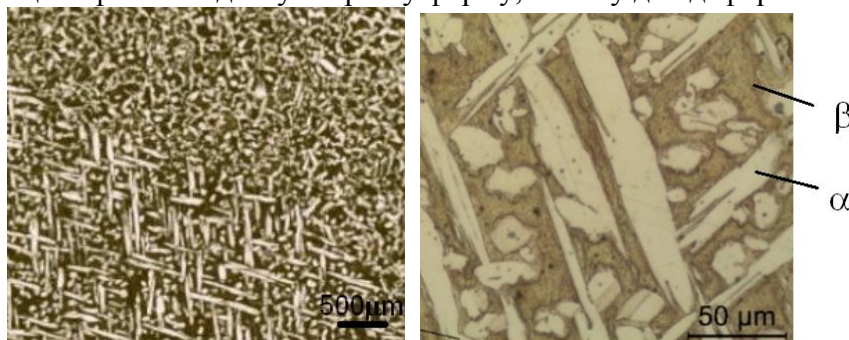


Рисунок 4 – Мікрофотографії поверхневого шару бронзи після пластичної обробки канавок

У мікроструктурі світлі області відповідають α -фазі, яка має гранецентровані кубічні (ГЦК) ґратки, тоді як темні області відповідають β -фазі, що має об'ємно-центровану кубічну (ОЦК) ґратку. В результаті пластичної деформації відбувається подрібнення зернистої структури мідного сплава.

Випробування на знос напрямних втулок проводили на спеціальному стенді. Випробування проводили при наступних умовах. Навантаження на втулку- 150 Н. Кількість подвійних ходів клапана – 100 ходів/хв. Змащування проводилось моторним маслом М-8В.

Величина зносу прямої втулки періодично вимірювалась непрямым способом заміру хорди сліду зносу на торцях втулки. На рис. 5 наведена графічна інтерпретація результатів випробувань на знос напрямних втулок клапанного механізму.

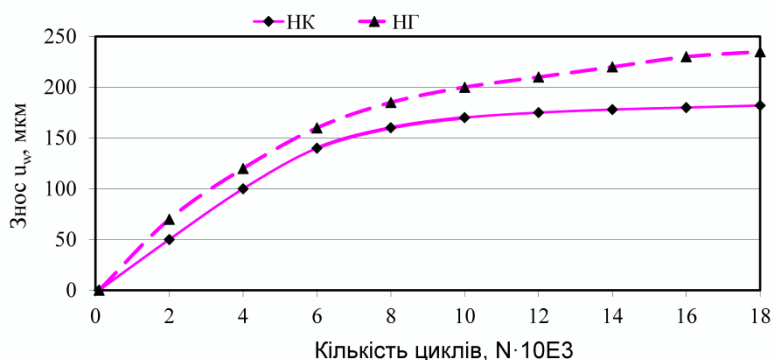


Рисунок 5 – Результати випробувань на знос втулок клапанного механізму: НК-напрямна з канавками, НГ- напрямна гладка

Отже результати випробувань на знос напрямних втулок із спіральними маслоутримувальними канавками підтвердили їх ефективність за критерієм зносостійкості. Величина зносу втулок із канавками для всього часового діапазону випробувань в середньому на 20% менша ніж величина зносу втулок без канавок.

Список використаних джерел

1. Гайдаш В. Д. Ріпак. Агротехніка вирощування / В. Д. Гайдаш. – Івано-Франківськ: Сіверсія ЛТД, 1998. – С. 87–107.
2. Raghuwanshi, N. K., Pandey, A., & Mandloi, R. K. (2012). Failure analysis of internal combustion engine valves: a review. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 1(2), 173-181.
3. Witek, L. (2016). Failure and thermo-mechanical stress analysis of the exhaust valve of diesel engine. *Engineering Failure Analysis*, 66, 154-165. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2016.04.022>
4. Guinther, G., & Smith, S. (2016). Formation of intake valve deposits in gasoline direct injection engines. *SAE International journal of fuels and lubricants*, 9(3), 558-566. <https://doi.org/10.4271/2016-01-2252>

УДК:621.793.7

IMPROVING THE SERVICE LIFE OF RECONDITIONED WHEELED TRACTOR CHASSIS PARTS

Luzan S.A., professor, doctor of technical sciences
National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

Ideally, the life of parts should be equal to the life of the tractor as a whole. But this condition is not fulfilled today. The real resource of the repaired equipment in comparison with the new one is not more than 50% (although according to GOST 18524 it should be not less than 80%), the wear rate of parts after repair increases 1,6-2,0 times. The situation is considerably aggravated by the growing shortage and cost of spare parts.

In the monograph [1] on the basis of the analysis of influence of a number of factors: load, rotation frequency, degree of contamination of lubricating medium, design features of units, couplings on wear intensity and dynamics of fatigue damage accumulation, as well as taking into account the accumulated experience in improving the serviceability of parts and units at the Kharkov Tractor Plant the nomenclature of chassis parts of wheeled tractors of T-150K type, requiring durability improvement, was determined. The nomenclature contains 36 parts. One of the most critical parts determining the tractor's life is the drive shafts of the front and rear axles, which are installed in the transfer box. In the process of operation there is wear of the shaft neck surface under the oil seals, which leads to oil leakage.

One of the effective directions for solving this problem is the use of plasma method of applying wear-resistant coatings.

The purpose of the research was to develop proposals for improving the service life of the restored shaft of the front and rear axle drive of the T-150K tractor.

Comparative assessment of wear resistance of the restored surface by plasma spraying was made by the average wear rate of the restoration coating and steel 45, heat-treated to hardness HRC 50.

To determine the average wear rate of the restorative coating, research work was carried out to determine the amount of wear from the running time of the mating. Comparative tests on wear of reducing plasma coatings were carried out on a friction machine of MI type on the disk-pad scheme in the medium of industrial oil of I-20 grade under the following conditions: average circumferential sliding speed of 0.42 m/s, specific pressure on the pad at normal mechanochemical process of wear was 8.0 MPa, friction surface area was 1.8 cm². Disks and pads were made of steel 45, coating was sprayed on the disk, pads were subjected to heat treatment (hardening and tempering) to hardness HRC 50. The value of linear wear was estimated by the formula

$$I = \frac{\Delta G}{\gamma \cdot F}, \quad (1)$$

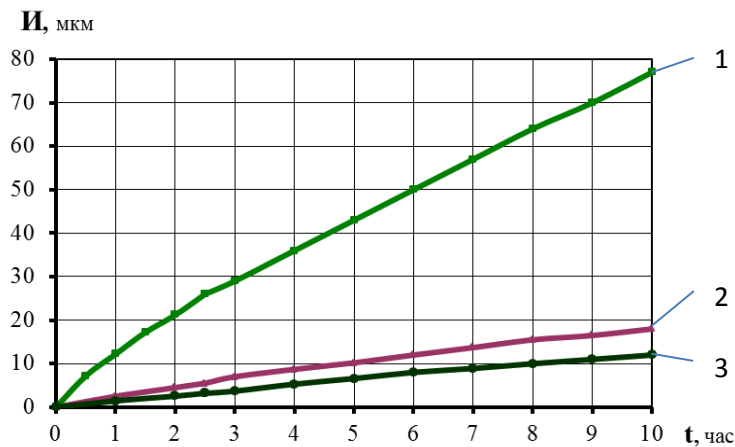
where ΔG is the change in mass of the specimen during the test, kg;

γ - density of worn material, kg/m³;

F - contact area of the samples, m²

The most used wear-resistant powders PG-10N-01 and PG-12N-01 on the basis of nickel TU U 322-19-004-96, manufactured by JSC "Torezsvardosplav", were chosen for the study of wear dynamics of reducing coatings.

The obtained experimental curves indicate the nonlinear nature of wear dynamics, Fig. 1. Moreover, as can be seen from the nature of the obtained dependences, the nonlinearity is more evident in the initial period of tests and as the operating time increases, it approaches a linear dependence in time.



1 - steel 45 HRC 52; 2 - PG-12H-01 coating; 3 - PG-10H-01 coating

Figure 1 - Dynamics of wear of reducing coatings depending on operating time

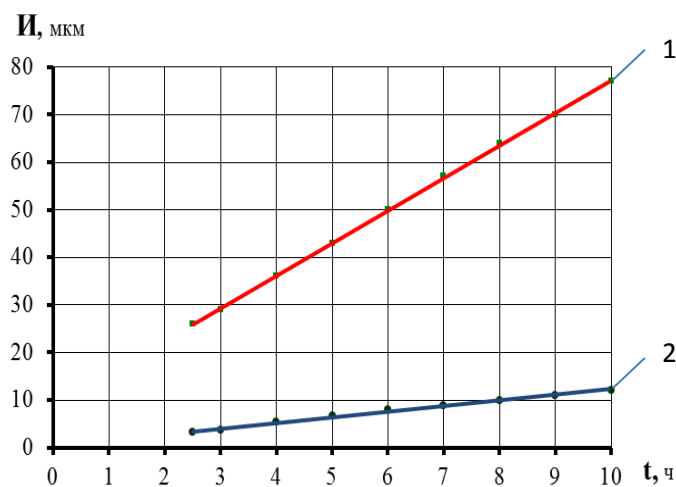
This initial period is $t \sim 2.5$ hours. During this time the samples are acclimatized and contact is ensured over the entire friction surface, after which the process of normal mechanochemical wear occurs. Duration of tests of 10 hours is chosen taking into account maintenance of reception of reliable and reproducible results.

As it follows from Fig. 1, the curves of dependence of wear dynamics on operating time for the investigated coating materials have the same character, and the least wear of PG-10H-01 coating, which is 6.4 times less than that of steel 45 HRC 50 in the medium of industrial oil I-20. Therefore, the powder material of PG-10N-01 grade of Ni-Cr-B-Si system was chosen for restoration of the axle drive shaft.

As a result of approximation of the experimental curves (Fig. 2), the dependences of the amount of wear (I) of the cylindrical part surface on the operating time (t) (2) and (3) were established:

$$I_1 = 6,85t + 8,77 \quad (2)$$

$$I_2 = 1,18t + 0,46 \quad (3)$$



1 - steel 45 HRC 50; 2 - PG-10H-01 coating

Figure 2 - Dependence of wear rate of reducing coatings on operating time

The approximation was carried out for the interval of working time $0 \leq t \leq 2,5$ h (after the initial period of tests - running-in), correlation coefficients $R_1 = R_2 = 0,99$.

It is possible to increase the resource at repair of parts by formation of restorative wear-resistant layers on working surfaces of parts, at which the wear rate does not exceed the rate at

which the value of wear reaches the limit state at a given operating time.

To determine the wear rates (V), it is necessary to differentiate equations (2) and (3) [2]. Thus, the wear rate of reducing coatings in the process of normal mechanochemical wear is: PG-10H-01 - $1.18 \mu\text{m/h}$, and steel 45 HRC 50 - $6.85 \mu\text{m/h}$., in other words, the wear resistance of reducing coating PG-10H-01 is 5.8 times higher than steel 45 HRC 50.

Operational tests of the experimental output shaft of the front axle drive (Fig. 3) in the transfer box of the tractor T-150K, which differs from the serial one by spraying the neck with PG-10N-01 alloy, were carried out along the Kharkov-Martovaya route, including roads of different character: asphalt, cobblestone, unpaved.



a - after spraying; b - after grinding

Figure 3 - Front axle drive shaft of T-150K tractor with PG-10N-01 neck coating

Loading - ballast cargo weighing 3.5 tons, mounted on the rear half-frame or loaded PTS-9 trailer with total weight of 8 tons. The volume of tests is 2000 motor-hours.

The technical examination carried out at the end of the tests (2754 motor-hours, 70266 km of mileage) showed that the wear of the shaft neck surface, measured with an indicator head, amounted to 0,03 0,02 mm from the contact with the anther and the outer cuff respectively, under the second cuff there is no wear, only traces of rubbing. The average wear of the journals of the serial shaft at operating time 2500-3500 motor-hours reaches 0,172 mm, i.e. 5,7 - 8,6 times more than that of the shaft with sputtering.

The results of operational tests confirm the results of comparative tests on wear of reducing plasma coatings obtained on the friction machine of MI type.

Thus, on the basis of researches of dynamics of wear of plasma coatings PG-10H-01 the dependence of the value of wear of regenerative coatings on operating time is established.

It has been established that the dynamics of wear from operation for the investigated wear-resistant materials of PG-10H-01 and PG-12H-01 coatings have the same character, the smallest value of wear at PG-10H-01 coating, which is 6.4 times less than that of steel 45 HRC 52 in the medium of industrial oil I-20.

List of references used

1. Кухтов В.Г. Довговічність деталей колісних тракторів. – Харків: ХНАДУ, 2004. – 292 с.
2. Лузан С.О. Нормування швидкості зношування і методика визначення товщини відновлювального покриття деталей засобів транспорту / С.О. Лузан // Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2013. – Вип. 139. – С. 51-57.

УДК:633.853.32

ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ШЛЯХОМ ЕЖЕКЦІЇ ВОДИ

Тук В.С., ст. гр. АТ23М-2,
Маркович С.І., доц., канд. техн. наук,
Магопець С.О., доц., канд. техн. наук.

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Рідкі вуглеводневі палива, запас яких, на жаль, обмежений і скорочується, ще довго залишаться незамінним паливом для двигунів внутрішнього згоряння. У зв'язку з цим питання їх економного витрачання залишаються актуальними, а проведені дослідження з підвищення паливної ефективності роботи ДВЗ є практичними і значущими [1,2].

На теперішній час накопичено значний досвід застосування водної іжекції в ДВЗ. Перший патент отриманий сто років тому Н.А. Отто [3]. Водна інжекція дозволяє зменшити теплонапруженість двигунів, підвищити надійність та ефективність їх роботи, економити паливо, збільшити детонаційну стійкість низькооктанових бензинів, знизити концентрацію оксидів азоту і вуглецю у відпрацьованих газах. [4, 5] Вода може бути використана для охолодження паливно-повітряного заряду при створенні двигунів з наддувом, а також під час роботи двигунів у високогірних умовах. Нарешті, вона дає можливість використовувати водорозчинні антидетонатори, а також очищує порожнини камери згоряння від нагару [5]. Фірмою BMW під керівництвом д-ра Раймонда Фрімана розроблено систему іжекції води Turbosteamer (Турбопаровик), котра здатна використовувати до 80% теплової енергії двигуна, що втрачається сьогодні з гарячими вихлопними газами, даючи приріст потужності і крутного моменту на 10% і економію палива близько 15%. [1, 3, 4].

Разом з тим застосування цього методу в умовах експлуатації транспорту України не знайшло широкого застосування, тому поставлена задача дослідження: на основі гіпотези, що застосування водної інжекції у впускний трубопровід сприятиме підвищенню потужності дизельного двигуна, його паливної економичності, термічного ККД, а також поліпшенню екологічних показників, що в сукупності призведе до підвищення ефективності використання транспортних засобів, розробити експериментальну установку, провести комплекс експериментальних досліджень робочого процесу дизельних двигунів при використанні водної інжекції та дати техніко-економічну та екологічну оцінку.

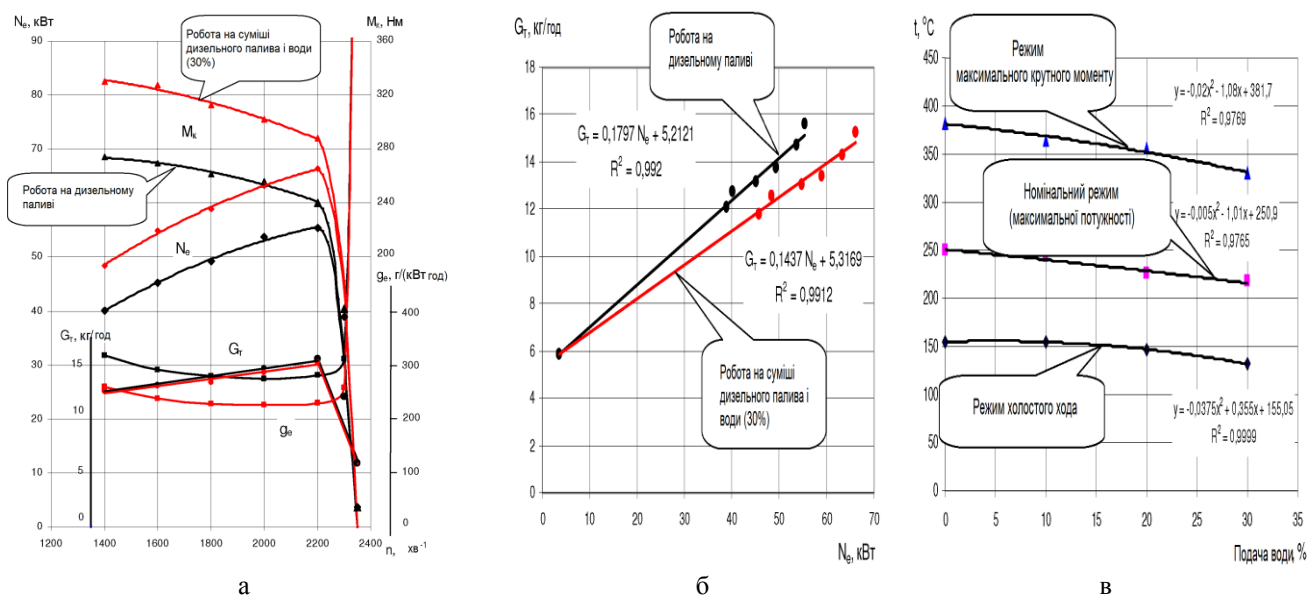
Для дослідження створена експериментальна установка на базі двигуна Д-240 з подачею води в впускний колектор (рис. 1)



а – пристрій для подачі води в впускний колектор; б – пристрій для управління подачею води; в - п'єзоелектричний датчик індикації робочого процесу

Рисунок 1- Компоненти експериментальної установки для подачі води в впускний колектор двигуна

Отримані результати дослідження відображено на рис. 2.



а - поєднана регуляторна зовнішня швидкісна характеристика, б - комбінована характеристика двигуна щодо витрат дизельного палива залежно від ефективної потужності, в - вплив об'єму води, що подається на температуру відпрацьованих газів
Рисунок 2 - Результати дослідження

Висновки

1. Результати індикування показали стійке підвищення індикаторного тиску в середньому на 18-22 %. Виявлено "пом'якшення" роботи досліджуваного двигуна, яке пояснюється зменшенням швидкості наростання та зниження індикаторного тиску (в середньому на 5.15 %), порівняно з роботою на дизельному паливі.

2. Експериментально встановлено, що найбільший приріст ефективної потужності дизельного двигуна спостерігається при подачі води в обсязі, що дорівнює 27-32 % від обсягу циклової подачі дизельного палива.

3. При використанні водної інжекції відносна економія дизельного палива досягає 36 г/кВт-год ефективної потужності. Крім того, встановлено, що зі збільшенням об'єму води, що подається, температура відпрацьованих газів знижується, із середньою інтенсивністю близько 1°C на 1 % подачі води, в залежності від режиму роботи двигуна. Найбільше зниження температури газів, що відпрацювали, відзначено на режимі максимального крутного моменту.

4. При застосуванні водної інжекції на номінальному режимі роботи двигуна - спостерігається зниження викидів оксиду вуглецю на 0,17 мг/м (зниження на 39,30 %). Зменшення викидів оксидів азоту на режимі максимального моменту, що крутить, на 2,90 мг/м (зниження на 33,30 %). Максимальне зниження димності газів, що відпрацювали, на 0,20 % (зниження на 8,33 %).

Список використаних джерел

- Andrews G.E., Bartle K.D., Pang S.W. et al. The Reduction in Diesel Particulate Emissions, Using Emulsified Fuels // SAE Technical Paper Series. - 1988. - № 880348. - P. 1-9.
- Маркович С. І. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. / С. І. Маркович, О. В. Бевз ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 334 с
- Strey R., Simon C. Russ- und NOx- Reduktion dank Dieselkraftstoff-Wasser-Mikroemulsion //MTZ. - 2015. - Jg. 66. - № 6. - S. 485.
- Birkenhagen S., Rulfs H. Untersuchungen zur direkten. Reduktionsmittel- und Wassereinspritzung bei mittelschnelllaufenden Dieselmotoren // MTZ. - 2001. - Jg. 62. - № 11. - S. 946-954.
- Маркович С. І. Оцінка впливу характеристик голки розпилювача на довговічність форсунок дизельних двигунів [Текст] / Маркович С.І., Маркович В.С., Лесь Н.В., Бжезьський С.С. // Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції "Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки". Кропивницький: ЦНТУ. 2023. - 430 с.

УДК: 621.43

УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ЗА ПОТОЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ОЛИВИ

Волков В.І., ст. гр. АТ23М-1,

Маркович С.І., доц., канд. техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Підвищення вимоги до якості деталей машин, особливо, до їхньої надійності та довговічності в значній мірі визначається процесами, що протікають у трибологічних системах, які можна представити як "матеріали пари тертя – мастильний матеріал". Дані системи можуть характеризуватись коефіцієнтом тертя, прироблюваністю, зносостійкістю, пристосовуваністю та самоорганізацією. Тому розробка засобів та методів контролю стану системи та процесів, що відбуваються в ній, є актуальним завданням, вирішення якого дозволить створити теоретичні та практичні розробки, спрямовані на підвищення надійності механічних систем [1, 2].

Процеси, що відбуваються в трибосистемах, більшою мірою залежать від стану спряжених деталей, а якщо врахувати, що вони інтенсивніше протікають на поверхнях тертя, за рахунок більш високих температур, навантажень та каталітичного впливу матеріалів пар тертя, стає зрозумілим, наскільки вагомий зв'язок та взаємовплив елементів цієї системи на її надійність [2, 3]. Порівнюючи параметри оцінки технічного стану двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) визначено, що одним з найбільш дієвих факторів для визначення стану двигуна є параметри концентрації заліза в оливі, як найкращий показник стану ДВЗ. Це технічний параметр пов'язаний з безліччю факторів, що впливають на збільшення швидкості зношування деталей ДВЗ, тобто, на швидкість надходження заліза до оливи. При цьому необхідно зазначити що аномальне підвищення концентрації заліза в картерній оливі починається за 6-8 тис. км пробігу до появи вогнищ повного руйнування деталей і сигналізує про необхідність проведення робіт з усунення несправностей. Все це викликає необхідність застосовувати періодичність відбору проб оливи для аналізу через пробіг 1,5-2 тис. км [4]. А так як в основі технічної експлуатації в даний час лежить планово-запобіжна система технічного обслуговування і ремонту, то не своєчасне попередження про виникнення загроз породжує втрати під час експлуатації [5, 6].

Це сформулювало мету дослідження як створення методу діагностування по параметрам поточної оливи, що дозволяє корекцією періодичності технічного обслуговування довести до мінімуму різницю між параметрами потенційного та фактичного ресурсу ДВЗ. При дослідженнях основним засобом контролю заліза в оливі слугував магнітометр Ferro Check 2100, що дозволяє протягом 30 с. отримати результат (рис.1)

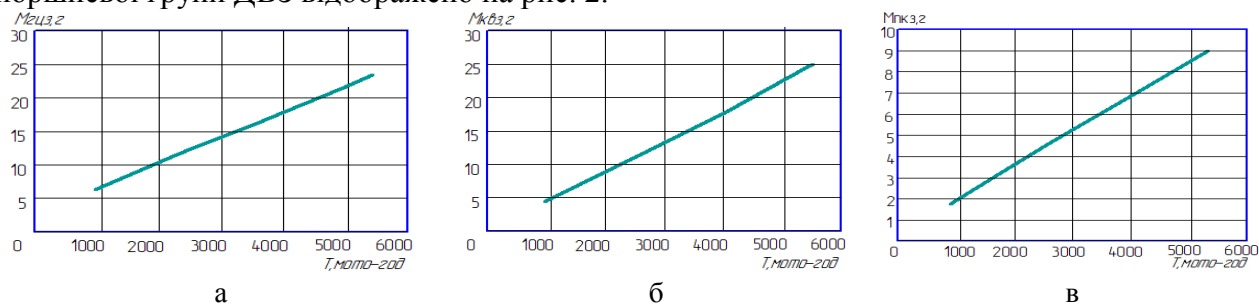


а – загальний вигляд, б, в – процес відбору зразків
Рисунок 1 - Магнітометр FerroCheck 2100

Спрацювання гільз циліндрів і шийок колінчастого валу визначали методом

мікрометражу, поршневих кілець – ваговим методом. Для стендових випробувань використовували обкаточно-гальмівний стенд КИ-1363В-ГОСНИТИ.

Основні результати дослідження маси заліза, що знімається з компонентів циліндро – поршневої групи ДВЗ відображено на рис. 2.



а – з дзеркала гільзи циліндрів, б – з шийок колінчастого валу, в – з комплексу поршневих кілець одного циліндра

Рисунок 2 - Основні результати дослідження маси заліза, що знімається з деталей ДВЗ Д-240 в залежності від напрацювання

На підставі результатів досліджень можна зробити такі висновки:

1. Встановлені граничні параметри швидкості надходження заліза до мастильної системи для ресурсного періоду, за умови дотримання умов експлуатації;
2. Розроблена методика визначення швидкості зношування деталей може бути застосована для будь-якої іншої марки ДВЗ;
3. На основі отриманих даних про ступінь і зношеності деталей можна з великою достовірністю визначити залишковий ресурс ДВЗ, а при постійному контролі швидкості надходження заліза в мастильну систему і, отже, умов експлуатації, максимально використовувати ресурс, закладений заводом-виробником.
4. Розподіл заліза за елементами мастильної системи залежить від напрацювання ДВЗ і оливи, при цьому потенційна швидкість надходження заліза в мастильну систему ДВЗ Д-240 - 0,0283 г/мото-год;
5. Встановлено рівень та швидкість вигорання оливи в залежності від напрацювання ДВЗ, тобто технічного стану деталей ЦПГ.
6. Розроблено методику контролю системи очищення оливи з визначенням контрольних параметрів функціонування та діагностування системи. Так, згідно досліджень, коефіцієнт фільтрування для ДВЗ Д-240 = 0,6633;
7. Розроблена методика та вихідні дані для корегування періодичності заміни оливи (періодичності ТО) в залежності від пробігу двигуна

Список використаних джерел

1. Khamidullaevna, A. Z., & Faxriddin, S. (2022). The aging process of motor oils during operation. *European International Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies*, 2(06), 166-169.
2. Маркович С. І. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згорання : навч. посіб. / С. І. Маркович, О. В. Бевз ; Центральнотехніч. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 334 с.
3. Notay R. S., Priest M., Fox M. F. The influence of lubricant degradation on measured piston ring film thickness in a fired gasoline reciprocating engine. *Tribology International*. 2019. 129: 112-123. <https://doi.org/10.1016/j.triboint.2018.07.002>
4. Wei J., Lu W., Zeng Y., Huang H., Pan M., Liu Y. Physicochemical properties and oxidation reactivity of exhaust soot from a modern diesel engine: Effect of oxyfuel type. *Combustion and Flame*. 2022. 238: 111940. <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2021.111940>
5. Martin C. Development of New Test Methods to Describe Knock and Pre-Ignition Behaviour of Fuel and Oil in Highly Charged Gasoline Engines [Текст] / C. Martin, J. Graf, B. Geringer [et al.] // 35. Internationales Wiener Motorensymposium 2014. – 2014. – 28 p.
6. Okabe S., Ueta G., Tsuboi T. Investigation of aging degradation status of insulating elements in oil-immersed transformer and its diagnostic method based on field measurement data // *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*. 2013. Vol. 20, Iss.1. P.346–355.

УДК: 621.7.02

ОЦІНКА ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК ХОНІНГУВАЛЬНИХ БРУСКІВ НА ЯКІСТЬ ПОВЕРХНІ І РЕСУРС ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ

**Галочкін Я.В., ст. гр. АТ23М-1,
Маркович С.І., доц., канд. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна**

Сучасне машинобудування висуває нові завдання забезпечення працездатності механізмів, машин та приладів, що працюють при більш високих рівнях робочих параметрів, у широкому інтервалі температур, навантажень, швидкостей, у різних газових, рідких, агресивних середовищах тощо. Їх рішення найтіснішим чином пов'язані з удосконаленням технологічних методів та засобів фінішної обробки деталей, тобто з технологічним забезпеченням високої точності їхньої геометричної форми, шорсткості поверхні та кращого фізичного стану поверхневих шарів. Це стосується, зокрема, численних деталей, що працюють у поєднанні "циліндр-поршень" [1,2].

Визначальну роль забезпеченні експлуатаційних характеристик грає стан поверхневого шару, який остаточно формується при фінішних операціях. При фінішній обробці відповідальних деталей велику увагу приділяють дотриманню високих вимог до якості поверхні, її геометричної та розмірної точності. Мікрогеометрія поверхонь деталей машин та механізмів є одним з найважливіших експлуатаційних параметрів, що визначають надійність і довговічність виробів. При цьому слід зазначити, що важливого значення форма мікрорельєфу поверхонь набуває для сполучень, що працюють в умовах тертя. У таких сполученнях дуже важливо забезпечити мікропрофіль з оптимальними радіусами заокруглення виступів, з оптимальною опорною площею, що несе, і достатньою маслоємністю [2,3]. Згідно з літературними даними оптимальна висота мікронерівностей знаходиться в межах $R_z = 1,6 \dots 6,3$ мкм, відносна опорна довжина профілю не більше 50...80 %, площа, займана масляними кишнями, становить 20...50 % від площі поверхні тертя [4]. Одним із ефективних методів отримання такої поверхні є алмазне хонінгування.

Попереднє хонінгування проводиться алмазними брусками на металевій зв'язці зернистістю 100/80, чистове — металевими брусками меншої зернистості 63/50. Разом з тим чистове хонінгування доцільніше проводити брусками на еластичній зв'язці, що дозволяє отримувати поверхність, що забезпечує підвищення зносостійкості [4,5].

З цією ж метою можна використовувати напівеластичні алмазні бруски, які передбачають, що не вимагають попереднього хонінгування. Згідно з літературними даними оптимальна висота мікронерівностей знаходиться в межах $R_z = 1,6 \dots 6,3$ мкм, відносна опорна довжина профілю не більше 50...80 % лише на рівні 10...30 % [6,7].

Враховуючи високі технологічні вимоги до спряження гільза – поршень, як елементів ЦПГ двигуна внутрішнього згорання, а також значну трудомісткість процесу відновлення гільз циліндрів, ідея зміни технологічного маршруту за рахунок виключення операції попереднього хонінгування, а застосування хонінгування циліндрів брусками на вулканітовій зв'язці відразу після розточування. Розробці наукового та експериментального обґрунтування цієї ідеї, з забезпеченням підвищення ресурсу та експлуатаційних параметрів ДВЗ, присвячена ця робота.

Дослідження проводили з застосуванням стандартного верстатного устаткування: вертикально-розточного верстата 2Е78П та хонінгувального напівавтома 3К833. Обробці піддавали гільзи циліндрів двигунів з застосуванням алмазних брусків різноманітної зернистості на металевій та вулканітовій зв'язці.

В процесі дослідження встановлено залежність висотних характеристик профілю: середньо арифметичного відхилення профілю R_a , мкм; найбільшої висоти нерівностей

профілю $R_{\max}$, мкм; середньо квадратичного відхилення профілю R_g , мкм та нерівностей в напрямку довжини профіля: середнього кроку нерівностей S_n , середньої довжини хвилі профілю λ та щільності виступів профілю D від технологічних параметрів процесу

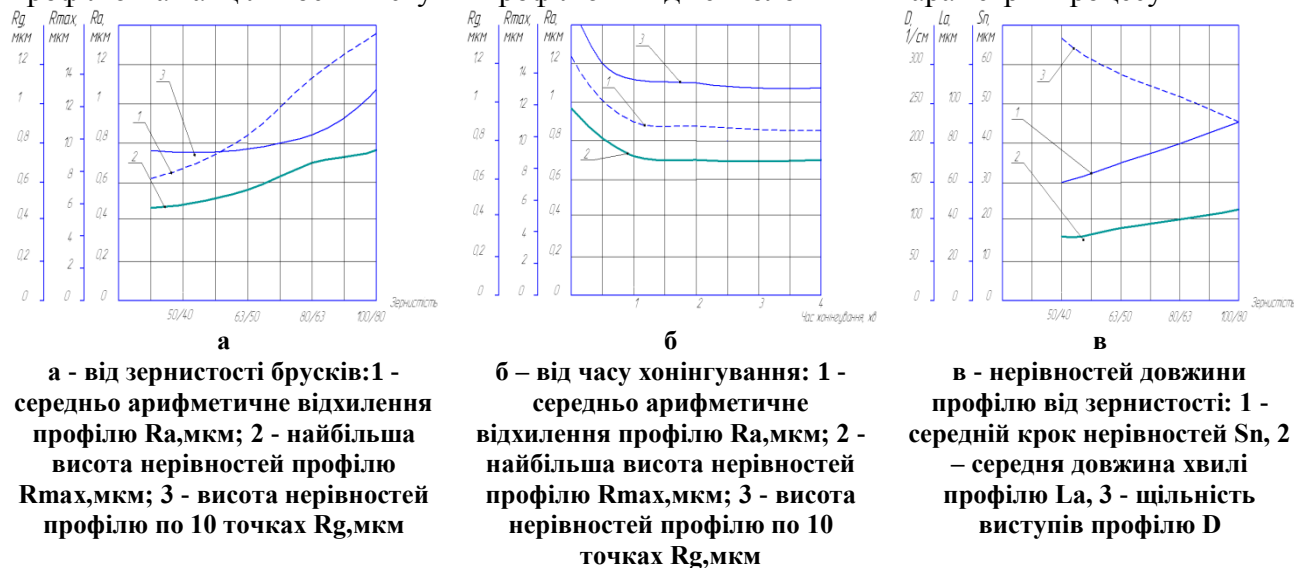


Рисунок 1 - Залежність параметрів шорсткості поверхні від технологічних параметрів алмазного платовершинного хонінгування

Досліджено параметри мікропрофілю поверхні, обробленої брусками на металевій зв'язці (а) і брусками на вулканітовій зв'язці після 4 хвилин хонінгування (б), профілограми яких приведено на рис.2 та на діаграмі рис 3.

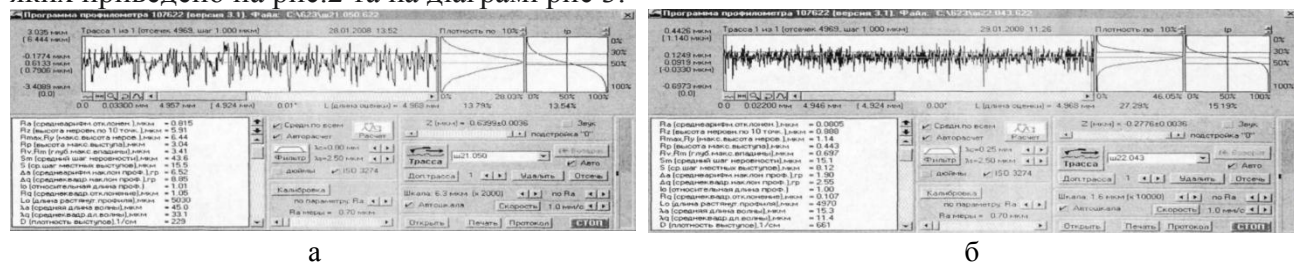


Рисунок 2 - Параметри мікропрофілю поверхні, обробленої алмазним платовершинним хонінгуванням

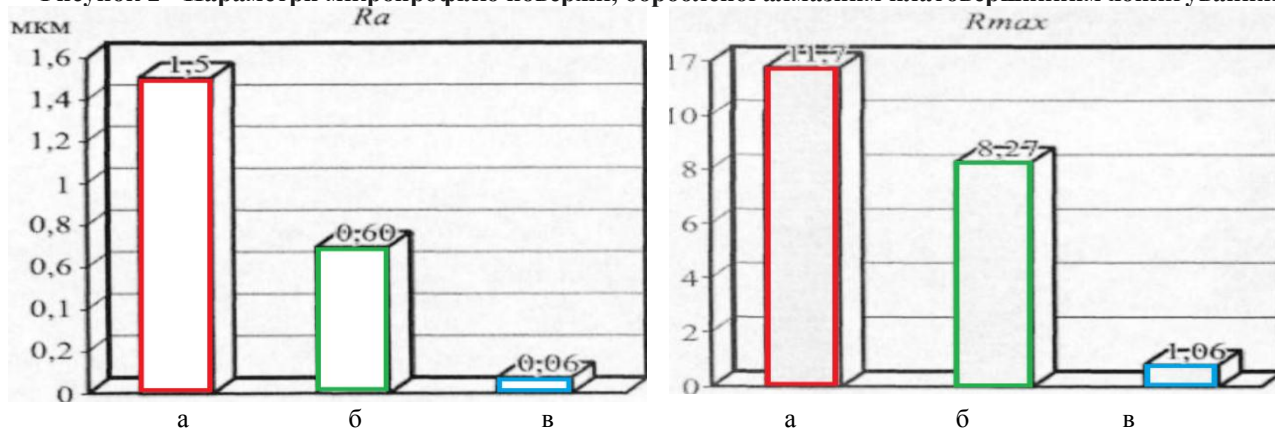


Рисунок 3 – Діаграми параметрів шорсткості R_a і $R_{\max}$ на поверхні циліндра, обробленого за технологією підприємства абразивними брусками а) та зразків, оброблених алмазними брусками на металевій (б) та брусками на вулканітовій зв'язці (в)

Проведений комплекс порівняльних стендових та експлуатаційних досліджень трибологічних характеристик гільз дозволив зробити наступні висновки з дослідження:

1. Проведені експериментальні дослідження показали, що хонінгування брусками на металевій зв'язці не забезпечує отримання малих значень висотних параметрів шорсткості та досить великих значень відносної величини опорної довжини профілю. Найбільше впливом

на формування шорсткості надає зернистість алмазних брусків. Концентрація алмазів, кут сітки хонінгування та час не мають значного впливу на величину шорсткості.

2. Збільшення зернистості алмазних зерен та кута сітки хонінгування призводить до зростання середнього кроку нерівностей профілю Sn та зменшення щільності виступів профілю D. Зміна концентрації та часу хонінгування не істотно впливає на ці параметри шорсткості.

3. Час хонінгування є важливим фактором, що дозволяє регулювати форму мікрорельєфу обробленої поверхні. Оптимальною тривалістю процесу хонінгування алмазними брусками на вулканітовій зв'язці слід вважати 30...60 секунд.

4. Поверхні циліндрів, оброблені алмазними брусками на металевій зв'язці мають малу несучу здатність, зумовлену невеликою величиною відносної опорної довжини профілю, яка відповідно становить 5... 10 % на відносній висоті перерізу 30...35 % і 6... 30% при рівні перерізу 30...40%. Така поверхня циліндрів призводить до досить великого діаметрального зношування пари циліндр - поршень, величина якого може досягати 16,4 мкм,

5. Експериментально встановлено, що при хонінгуванні брусками на вулканітовій зв'язці забезпечується величина відносної довжини опорної профілю 95...97 % при рівні перерізу 30...40%. Одержання поверхні оброблених циліндрів з такою великою опорною поверхнею пояснюється можливістю занурення алмазних зерен у еластичний шар та малою глибиною різання окремими зернами. Великі значення відносної опорної довжини профілю в поєднанні з малою величиною шорсткості = 0,06 мкм, що забезпечуються при хонінгуванні брусками, визначають зрештою значно менший знос поверхні пари циліндр - поршень. Хонінгування брусками на вулканітовій зв'язці забезпечує величину діаметрального зносу пари циліндр - поршень у межах до 4 мкм.

6. Практична реалізація результатів досліджень здійснена при розробці та впровадженні технологічного процесу алмазного платовершинного хонінгування в КАТП "Агробудавтосервіс". В результаті машинний час на операції хонінгування гільзи зменшився на 1 хв., на операції остаточного хонінгування — з 1,0 до 0,4 хв., а штучний час – з 7,0 до 4,1 хв. Продуктивність процесу ремонту гільз підвищилася в 1,34 разу. Тривалість холодного прироблення гільз скоротилася на 10 хв.

Список використаних джерел

1. Priest M., Taylor C.M. Automobile engine tribology - approaching the surface, Wear. 2000, No. 241. Pp. 193-203.
2. Taylor C.M. Automobile engine tribology – design considerations for efficiency and durability, Wear. 1998, No. 221. Pp. 1-8
3. Маркович С. І. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. / С. І. Маркович, О. В. Бевз ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 334 с
4. Abeln T. Reibungsminderung durch Laseroberflächenstrukturierung im Motorenbau, 3 VDI-Fachtagung "AZylinderlaufbahn, Kolben, Pleuel", Marz 2006, VDI-Berichte 1906. Pp. 7-8.
5. Microhoning Automotive Cylinder Bores, Cross Hatch, Vol. 9, No. 4, Nov.- Dec.-1957, Schrift der Fa. Micromatic Hone Corporation, Detroit, Michigan
6. Отделочно-упрочняющая обработка деталей ГТД [Текст] / В. А. Богуслаев, В. К. Яценко, П. Д. Жеманюк [и др.]. - Запорожье : Мотор Сич, 2005. - 559 с.
7. Маркович С.І. Розробка технології алмазного платовершинного хонінгування при відновленні гільз циліндрів ДВЗ / С.І.Маркович, О.Й.Мажейка, В.В. Кириченко // Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – 366 с.

УДК:633.853.32

ОЦІНКА ВПЛИВУ МІКРОДУГОВОГО ОКСИДУВАННЯ НА РЕСУРС ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВЗ

Демченко А.В., *ст. гр. АТ23М-1,*
Маркович С.І., *доц., канд. техн. наук,*
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
Рутковський А. В., *канд. техн. наук, ст. наук. співр.,*
Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України, м. Київ, Україна

Літературний аналіз показав, що 30 до 50 % відмов автотранспортної та самохідної аграрної техніки відбуваються через поломки двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ). Наприклад, в процесі експлуатації автотракторної техніки через поломки двигуна складають 78-95% випадків [1, 2]. Витрати на планове та позапланове технічне обслуговування, а також ремонти швидкохідних дизельних ДВЗ у 1,5-2 рази перевищують витрати на їх придбання [2, 3]. Особливо зросла актуальність робіт з підвищення працездатності деталей ДВЗ у зв'язку з посиленням умов експлуатації сучасних високофорсованих двигунів з одночасною необхідністю зниження їхньої маси та габаритів. Деталі ДВС зазнають впливу тиску газів, сил тертя та високих температур. Особливо це актуально для деталей циліндропоршневої групи (ЦПГ). Погіршує негативний вплив цих навантажень їх характер - в основному вони є циклічними і найчастіше призводять до руйнування втоми. Загалом умови роботи деталей ДВЗ характеризуються високою тепловою та механічною напруженістю. З вищевказаних причин підвищення працездатності ДВС є одним із пріоритетних напрямків сучасного двигунобудування і ще на довгі роки залишиться актуальним науково-технічним завданням для вчених та інженерів [2, 3, 4].

Для вузлів та деталей ДВЗ працездатність забезпечується високими значеннями поверхневої зносостійкості (для деталей вузлів тертя), корозійної стійкості (для деталей, що функціонують в агресивних середовищах), теплостійкості (для деталей, що працюють в умовах високих температур), а також механічними властивостями матеріалів [5, 6].

Сучасні методи поверхневого зміцнення являють собою або нанесення будь-яких захисних покриттів, або модифікування поверхонь, що труться. Загалом будь-які покриття або модифіковані поверхні деталей ДВЗ повинні забезпечувати такі якості: високу зносостійкість; низький коефіцієнт тертя (при використанні в парах тертя); корозійну стійкість та жароміцність; високу адгезію до підкладки, особливо при високих температурах; не повинні погіршувати експлуатаційні характеристики та ефективні показники двигунів [6, 7].

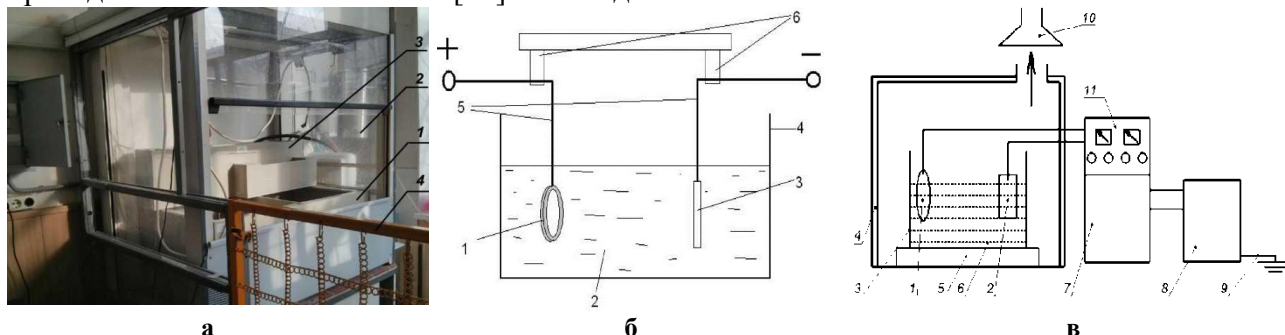
Всім переліченим вище вимогам відповідають покриття, або поверхневі шари, що формуються за допомогою технології мікродугового оксидування (МДО), при цьому на поверхні деталі можна створити шар із унікальними властивостями: високою мікротвердістю (до 24 ГПа), яка у 2-3 рази перевищує мікротвердість газотермічних покриттів та у 4,5 рази вище, ніж у загартованої сталі; з гарною адгезією до підкладки, яка у 3-4 рази вище, ніж у покриттів, отриманих плазмовим напиленням; з високою корозійною стійкістю; з високою зносостійкістю, яка в 2-2,5 рази вища, ніж у загартованої сталі [7, 8].

Відповідно метою даного дослідження є підвищення працездатності поверхонь (зносостійкості, корозійної стійкості та теплостійкості) деталей з алюмінієвих сплавів ЦПГ ДВЗ методом МДО.

Для процесу МДО застосовувалось обладнання зображене на рис.1.

В процесі дослідження властивостей поверхневих шарів, сформованих МДО застосовувалось обладнання для виміру: мікротвердості - мікротвердомір ПМТ-3М та мікротвердомір Struers Duramin-2, товщини та дослідження мікроструктури - товщиномір

ТТ-210 та оптичний електронний мікроскоп Olympus GX51, для визначення хімічного та фазового складу - система рентгенівського енергодисперсійного мікроаналізу Oxford INCA Energy 350 та рентгенівський дифрактометр ДРОН-3, для трибологічних випробувань - високотемпературний трибометр TRB50N Nanovea, для адгезійних випробувань - скретч-тестері Micro Scratch Tester CSM Instruments, для теплофізичних випробувань - диференціальний сканувальний калориметр NETZSCH DSC 404F3. Стендові випробування бензинового двигуна УМЗ-417 зі штатними поршнями (без теплозахисних оксидних шарів) та поршнями з теплозахисними оксидними шарами отриманими МДО, на днищах поршнів проводилися по ГОСТ 14846-81 [11] на стенді KI-5543 ГОСНИТИ.



а – електролітична ванна: 1 – електролітична ванна; 2 - витяжна шафа; 3 – ванна системи охолодження; 4 – огорожа, **б** – схема обробки деталі методом МДО: 1 – деталь; 2 – електроліт; 3 – електрод; 4 – електролітична ванна; 5 - система струмопідведення; 6 - кріплення для електрода, **в** - Типове розташування устаткування установки МДО: 1 – деталь; 2 – електрод; 3 – електролітична ванна; 4 - витяжна шафа; 5 - підставка; 6 – електроліт; 7 – джерело технологічного струму; 8 – трансформатор; 9 - заземлення; 10 – витяжна вентиляція; 11 – пульт управління

Рисунок 1 – Обладнання для МДО

В процесі дослідження виявлено вплив режимів процесу МДО на структуру, механічні, хімічні, фізичні та експлуатаційні властивості поверхневих шарів – товщину, мікротвердість, зносостійкість, корозійну стійкість та теплостійкість зразків із алюмінієвих сплавів.

Встановлено, що режими процесу мікродугового оксидування мають безпосередній і істотний вплив на параметри, теплостійкість і адгезійну міцність поверхневого шару. Підвищення концентрації метасилікату натрію (СЖС), їдкого калію (СКОН) в електроліті та ємності установки призводять до зростання товщини мікротвердості МДО-шару, а також підвищують його теплостійкість та адгезійну міцність.

Запропоновано методологію комплексних досліджень, що дозволяє визначити технологічні режими мікродугового оксидування для формування поверхневих шарів на деталях циліндропоршневої групи ДВЗ з необхідними значеннями зносостійкості, корозійної стійкості та теплостійкості.

Встановлено, що низький коефіцієнт теплопровідності МДО-покриття обумовлений присутністю у його структурі нанорозмірних пір, а також нанокристалів в аморфній фазі, утворенню якої сприяє кремній в алюмінієвому сплаві.

За результатами випробувань поршнів з МДО-покриттям на "черевці" було виявлено високу зносостійкість поверхні. При цьому найбільшу зносостійкість мають поршні зі сплаву АК4-1 з покриттям - лінійна інтенсивність зношування "черевця" у такого поршня зменшилася в 3,9 рази в порівнянні з необробленим. Середні значення коефіцієнтів тертя в режимі сухого тертя на МДО-шарі сплаву АК4-1 $\mu_r = 0,39-0,80$.

Випробування поршнів з теплозахисним МДО-покриттям на днищі показали високу ефективність такого теплового захисту поршня. Зниження температури поршня, виміряне з внутрішньої сторони деталі (з боку картеру), за рахунок МДО-шару знижується мінімум на 45°C і максимум 78°C .

Стендові випробування показали: при частоті обертання колінчастого валу 4100 хв^{-1} ефективна потужність у двигуна з МДО теплозахисними оксидними шарами на днищах поршнів на 3 кВт більше, ніж у двигуна зі штатними поршнями, та складає $N_e = 62,6 \text{ кВт}$. При номінальній частоті обертання колінчастого валу $2400 - 2500 \text{ хв}^{-1}$ максимальний

момент, що крутить, більше, ніж у двигуна зі штатними поршнями, і становить 175 – 180 Н·м. При оборотах 2400 - 2500 хв⁻¹ питома ефективна витрата палива знизилася, в середньому, на 7,7% і склала 258,7 - 259,9 г/кВтг. При номінальній частоті обертання колінчастого валу 4100 хв⁻¹ годинна витрата палива знизилась на 4,6% і становить 19 кг/год.

У двигуна, оснащеного поршнями з теплозахисними оксидними шарами, годинна витрата палива на 1,1% менше та становить 3,79 кг/год. Питома ефективна витрата палива 16% менше, ніж у двигунів з штатними поршнями, і становить 619,77 г/кВт год.

Знизився вміст оксиду вуглецю (CO) і вуглеводню (CH) в відпрацьованих газах, у середньому, на 7%, та 10% відповідно, порівняно з двигуном зі штатними поршнями, підвищуються максимальний крутний момент та ефективна потужність, знижується годинна та питома ефективна витрата палива (погодинна на 4,6 %, питома на 7,7 %), зменшується вміст у відпрацьованих газах оксиду вуглецю на 7%, вуглеводню на 10%.

Список використаних джерел

1. Маркович С. І. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. / С. І. Маркович, О. В. Бевз ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 334 с
2. Долганов І. І., Автомобільні двигуни: підручник для студ. вищ. навч. закладів / Долганов, І. І. - 2-ге вид. - К. 2005. - 476 с.
3. Ionsson R. Richten warmebehandelter Werkstücke. II HTM: Harter. - techn. Mitt.- 1998.-53, №1.-5-8
4. Verbesserung der Technologie der Werkstückverfestigung durch plastische Oberflächenverformung I Belkin L. M. etc. II Maschinenbautechnik. - 1989. -38, №12.
5. Beer, S. Verbesserung der Anlaufperformance durch den Einsatz vonFrontloading-Maßnahmen / S. Beer // Anlaufmanagement in der Automobilindustrieerfolgreich umsetzen : Ein Leitfadens für die Praxis / G. Schuh, W. Stolzle, F. - [S. l]: Kolbenschmidt Aluminium-Technologie AG; Springer, 2008. - Part of the VDI-Buch book series. – P. 43-52.
6. Багатофункціональні електродугові покриття: монографія / М. М. Студент, Г. В. Похмурська, В. М. Гвоздецький [та ін.]. - Львів : Простір-М, 2018. - 335 с.
7. MMC All Aluminum Cylinder Block for High Power SI Engines /T. Takami, M. Fujine, S. Kato and et. // 2000 SAE world congress: technical paper. -2000. - №2000-01-1231. – P. 1-14.
8. Plasma electrolysis for surface engineering / AL Yerokhin, X. Nie,A. Leyland and et. // Surface and Coatings Technology. – 1999. – № 122. – P. 73-93

УДК: 629.083

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ЗА ПАРАМЕТРАМИ КАРТЕРНИХ ГАЗІВ

**Долібський О.О., ст. гр. АТ23М-1,
Маркович С.І., доц., канд. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна**

Зростання вимог до якості транспортних засобів робить необхідним освоєння прогресивних форм технічного обслуговування, діагностування, ремонту та зберігання автотранспортної техніки, розробку нових технічних вимог та технологій технічного обслуговування (ТО) та ремонту машин, освоєння стратегії ТО та ремонту за поточним станом з визначенням залишкового ресурсу параметрів машин. Для підтримки техніки у працездатному стані, своєчасного виявлення несправностей та запобігання відмовам проводиться діагностування [1].

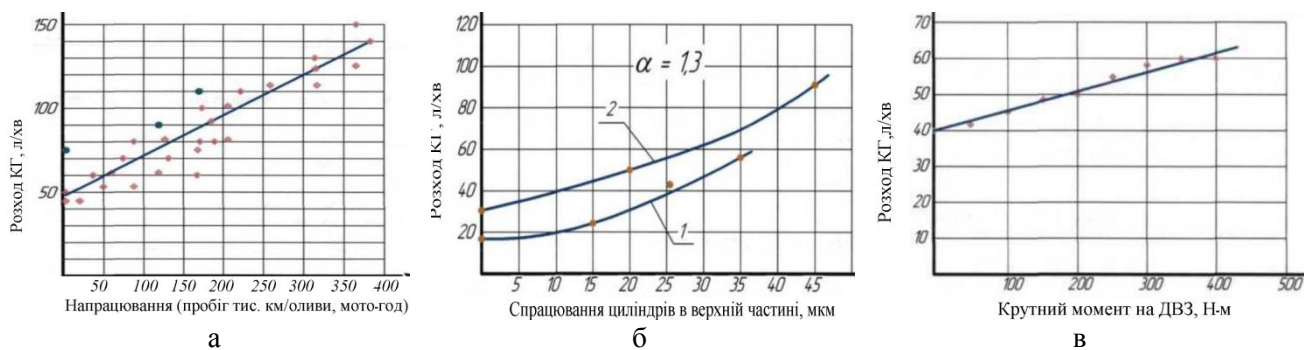
Існуюче нині технічне діагностування дизельних ДВЗ проводиться зазвичай із частковим розбиранням. Такий спосіб дуже трудомісткий, вимагає значних матеріальних витрат і не завжди забезпечує отримання якісних показників, необхідних проведення технічного обслуговування. Також потрібні діагностичні засоби, що дозволяють проводити вимірювання параметрів технічного стану під час роботи в експлуатаційних умовах. Контролюючи діагностичні параметри та оцінюючи характер їхньої зміни, можна відстежувати технічний стан дизеля [1,2].

Виходячи з того, що циліндропоршнева група (ЦПГ) є найбільш важливим вузлом, що надає істотний вплив на міжремонтне напрацювання ДВЗ, на даний час розроблено цілий комплекс діагностичних параметрів та засобів перевірки цього вузла. Більшість розроблених методів діагностування технічного стану, що безпосередньо характеризують герметичність кільцевого ущільнення, засновані на визначенні наступних параметрів: витрата оливи на чад; прорив відпрацьованих газів у картер ДВЗ; витік стисненого повітря з камери згоряння при ДВЗ, що не працює; тиск у кінці такту стиснення; потужність, час запуску холодного ДВЗ і т.д. Проаналізувавши методи діагностики прийнято як основний параметр для проведення досліджень - прорив газів у картер ДВЗ [3,4]. Це обумовлено тим, що при спрацюванні ДВЗ прорив газів в картер збільшується, так як відбувається процес зношування циліндрів, поршневих канавок і компресійних кілець, зміна геометричної форми цих деталей і порушення правильного їх контакту в результаті нерівномірного зносу, зниження пружності кілець, збільшення їх рухливості через підвищені зазори з сполучними деталями призводять до порушення герметичності камери згоряння. Як наслідок при досягненні граничного зносу ЦПГ витрата газів, що прориваються в картер зростає в 3 - 5 разів в порівнянні з новим ДВЗ [5].

Мета дослідження: удосконалення технології діагностування ЦПГ дизелів за параметрами картерних газів (КГ), з забезпеченням підвищення точності та достовірності діагностування при зниженні витрат та трудомісткості робіт.

Для досліджень впливу параметрів роботи ДВЗ на діагностичні показники КГ в режимі стендових випробувань застосовувався обкаточно-гальмівний стенд КІ-2118А з засобами контролю 3 типів: 1- це вимірювальні пристрої, вбудовані в двигун заводом-виробником: датчики температури та тиску; 2 - вбудовані та накладні датчики: тахометр, датчики тиску та витрати КГ, ваговий термінал; 3 - загальне обладнання вимірювання параметрів довкілля: термометр, барометр, психрометр. Крім того для контролю технічного стану ЦПГ за параметром КГ застосовувався аналізатор КІ-28292 ГОСНИТИ.

В результаті дослідження отримані залежності витрат картерних газів від параметрів ДВЗ, основні з яких відображено на рис.1



а - від напрацювання (ЯМЗ-238), б - від збільшення зносів гільз циліндрів (1 - Д-21; 2 - Д-240), в - від навантаження на двигун

Рисунок 1- Основні залежності витрат КГ від параметрів ДВЗ

На основі проведених досліджень зроблено узагальнюючі висновки:

1 Проведені дослідження підтвердили, що ЦПГ є основним елементом, що визначає ресурс та міжремонтне напрацювання ДВЗ, на яку припадає до 20% усіх відмов. Порівняння різних методів діагностування

2 ЦПГ дизеля, проведених за загальноприйнятою методикою, показує техніко-економічні переваги оцінки технічного стану параметрів КГ. Підтверджено, що оціночними параметрами КГ є витрата та тиск газів, що прориваються в порожнину картера.

3 Встановлено, що експлуатаційні чинники роботи дизеля впливають величину витрати КГ. Дослідженнями підтверджено, що при прогріванні дизеля від температури навколишнього середовища до номінальної витрати КГ зростає в 1,5...2,5 рази. При доведенні навантаження до номінальної витрати збільшується на 40...45% в порівнянні з холостим ходом. У той же час заміна картерної оливи, яка відпрацювала свій ресурс, на нове знижує витрати газів у 1,8...2,2 рази. Ці параметри не враховувалися існуючою технологією, що часто призводило до помилок оцінки технічного стану ЦПГ. Ці ознаки дозволили підвищити точність діагностичного параметра розробки електронного приладу для вимірювання КГ.

4 Виявлено, що частота обертання колінчастого валу дизеля не впливає на зміну витрати та тиску КГ. На режимі розгону витрата КГ зростає залежно від кутового прискорення валу ДВЗ 1,5...3,5 рази.

5 Встановлено, що на зміну параметрів КГ впливає як ЦПГ, так і системи вентиляції картера, турбокомпресора, клапанів газорозподільного механізму. Це не враховувалося в застосовуванні на практиці технології діагностування. На підставі проведених досліджень розроблено методику ідентифікації несправного вузла, що відрізняється від раніше застосовуваної можливість обліку додаткових факторів, що впливають на підвищення точності вимірювання КГ.

6 В результаті проведених досліджень удосконалено технологію діагностування ЦПГ дизельного ДВЗ за параметрами КГ. Відмінною особливістю технології є можливість проведення вимірювань за температури 40...60°C, що скорочує загальний час проведення діагностування на 30...50%. Як діагностичний параметр використовується не тільки витрата, а й тиск КГ. Розроблено рекомендації щодо обліку впливу на величину КГ турбокомпресора та системи вентиляції картера, що підвищує достовірність оцінки технічного стану на 10...20%.

7 Економічний ефект від запровадження розробленої технології оцінки технічного стану ЦПГ досягається з допомогою скорочення трудомісткості процесу, коли він підвищує достовірність діагностування.

Список використаних джерел

1. Liu Z.G., Swor T.A., Debilzen J.A., Severance C.L., Schauer J.J.A source dilution sampling system for characterization of engine emissions under transient or steady-state operation // *Aerosol Science and Technology*. 2008. V. 42. No 4. P. 270-280.
2. Fernoaga V., Sandu V., Balan T. Artificial intelligence for the prediction of exhaust back pressure effect on the performance of diesel engines // *Applied Sciences (Switzerland)*. 2020. V. 10. No 20. Article number 7370.
3. Маркович С. І. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. / С. І. Маркович, О. В. Бевз ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 334 с
4. Khoa N.X., Quach Nhu Y., Lim O. Estimation of parameters affected in internal exhaust residual gases recirculation and the influence of exhaust residual gas on performance and emission of a spark ignition engine // *Applied Energy*. 2020. V. 278. Article number 115699.
5. Aiello V.C., Kini G., Staedter M.A., Garimella S. Investigation of fouling mechanisms for diesel engine exhaust heat recovery // *Applied Thermal Engineering*. 2020. V. 181. Article number 115973.

УДК:621.982.7

КОРЕКЦІЯ ПРОСТОРОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ ЗОН ЛОКАЛЬНИХ НАПРУЖЕНЬ

Пастух В.О., *ст. гр. АТ23М-2,*
Маркович С.І., *доц., канд. техн. наук,*
Дмитренко О.В., *викладач.*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Швидке і неухильне зростання потужностей і швидкостей машин, що випускаються, при одночасному зниженні їх ваги, є однією з основних тенденцій сучасного машинобудування. Це викликає підвищення вимог до фізико-механічних характеристик деталі, їх надійності та довговічності. Однією з деталей підвищеної відповідальності є колінчастий вал (КВ), так як його поверхні слугують базою для інших деталей двигуна і визначають його функціонування в цілому [1].

Особливо відповідальною є просторова орієнтація КВ. Цей параметр є відповідальним на стадії проектування, виготовлення, експлуатації та ремонту деталі. Порушення його усувається правкою. В процесі виготовлення КВ піддається багаторазовій правці пресовим методом через термічні деформації при операціях гартування та внутрішні напруження. Операція є трудомісткою та енергозатратною, вимагає громіздкого і потужного обладнання, висококваліфікованого персоналу та затрат енергії на загальний або локальний підігрів. Це необхідно для реалізації наслідків механічного та особливо термічного впливу на КВ, що має складну геометричну форму і різні вимоги до трьох механічних характеристик окремих поверхонь деталі [1].

В процесі експлуатації вигин виникає як наслідок аварійної ситуації та катастрофічного зносу. Втрата оптимальної просторової геометрії КВ відбувається при різноманітних ремонтних діях, як при відновленні до ремонтного розміру, так і в процесі відновлення до номінального розміру з використанням різноманітних технологічних процесів. Порушення просторової орієнтації КВ спостерігається у 8-35% ремонтного фонду. Величина прогину складає від 0,2 до 1,5 мм і більше [1, 2, 3]. При наплавленні шийок зношених КВ відбувається їх жолоблення, величина якого становить від кількох десятків часток мм до 1 мм і більше. Для усунення цих наслідків необхідне запровадження операцій виправлення валів [4].

В даний час найбільш широке застосування отримала холодне виправлення КВ на пресах. Однак, цей спосіб виправлення має дуже серйозні недоліки. Тому для відповідальних високонавантажених КВ його застосування забороняють. Альтернативні способи виправлення КВ розроблені недостатньо. Так виправлення КВ прокаткою роликами не знайшло широкого застосування через технологічні складнощі пов'язані з складною геометрією деталі та створення додаткових напружень, котрі знижують втомну міцність. Виправлення КВ шляхом розосередженого карбування поверхонь щік складно забезпечити технологічно [5, 6].

Разом з тим набув широкого застосування метод карбування певних сегментів галтетей корінних та шатунних шийок КВ. Карбування галтелей виконують ручним слюсарним молотком, що клепає, масою 0,8 кг зі спеціальними бойками, розміри яких повинні відповідати розмірам галтелів або ж застосовується пневматичний молоток КМП-14М з ударним чеканом зі сферичною формою ударної поверхні. Процеси є трудомісткими і не технологічними з застосуванням ручної праці [7].

Звідси впливає задача дослідження: розробка теоретичних розрахунково-аналітичних залежностей для розрахунку згинального моменту при правці КВ за допомогою карбування, для розрахунку величини виправлення для різних варіантів взаємного розташування опор КВ, пластичних відбитків та перерізу, де проводиться вимірювання величини виправлення, а

також залежність величини виправлення від режиму карбування, що визначаються як вплив кількості ударів на просторову орієнтацію КВ. Отримання таких залежностей надасть можливість створити стенд для зміни просторової орієнтації КВ шляхом карбування певних секторів галтелей шийок вала та механізувати процес правки. Механізація процесу правки надасть можливість застосувати даний процес як при виготовленні КВ в крупносерійному виробництві так і дрібносерійному при відновленні до номінального розміру і в одиничному – при поточному ремонті деталі.

В процесі дослідження моделювання процесу правки просторового положення КВ як результату впровадження сферичного індентора в пружно-пластичне тіло. При цьому щільність металу в зоні А зменшується, а об'єм збільшується і метал в зоні А намагається збільшити свої лінійні розміри і при цьому згинає вал опуклою стороною догори (рис.1).

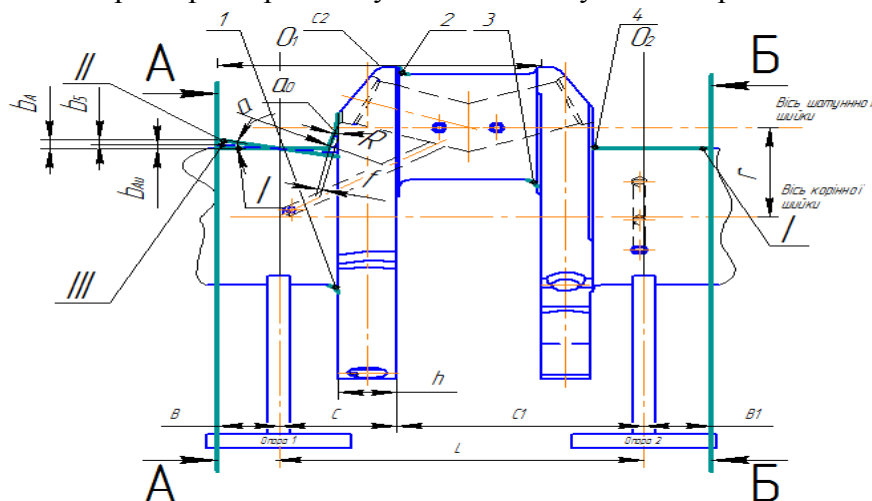


Рисунок 1 - КВ з галтеллю, котра піддавалась корекції просторового положення карбуванням: L – відстань між опорами (базова довжина); r – радіус криволинійності КВ (відстань між осями КШ та ШШ), I – положення шийок КВ до початку карбування; II – положення поверхні шийок КВ після карбування по індикатору ІЧ; III – фактичне зміщення вала; b – відстань від опори O_1 до перерізу А-А, в котрому вимірюється величина прогину; b_A – величина прогину КВ у перерізі А-А, с – відстань від галтелі 2, що піддається ППД до лівої опори O_1 , а – кут повороту КШ, що відповідає величині прогину b_A ; R – радіус сфери, за якою згинається шок при корекції просторового положення; f – величина прогину шоки з наклепаною галтеллю

Розрахувавши момент від дії одиничного впровадження індентора здійснена розробка математичної моделі залежності прогину КВ від кількості ударів при правці карбуванням:

$$\delta_{Au} = K \cdot \frac{HB^{0,75}(1540 - HB) \cdot (1 - \nu)}{E} \cdot \frac{r}{h^2} \cdot \frac{b \cdot (L + c)}{L} \cdot E^{0,25} \cdot D^{0,25} \cdot z \quad (1)$$

де δ_{Au} – величина виправлення вала, мм; K – коефіцієнт пластичності, для сталевих валів = 0,11; HB – число твердості по Бринелю; ν – коефіцієнт Пуассона; E – модуль пружності матеріала; r, h, b, L – параметри КВ; c – відстань від опори до шийки що обробляється; D – діаметр сферичної головки індентора, мм; E – енергія одиничного удару; z – число ударів

На основі створеної моделі розроблені основні положення теорії виправлення КВ за допомогою карбування, що включають механізм виправлення валів карбуванням з розрахунком величини прогину (величини виправлення) валів для різних випадків взаємного розташування опор валу, розташування пластичних відбитків і перерізів, де проводиться вимірювання величини виправлення.

Розроблено методику розрахунку величини виправлення шляхом створення залишкових стискаючих напруг.

Отримано розрахунково-аналітичні залежності для розрахунку згинального моменту при правці валів за допомогою карбування, для розрахунку величини виправлення в залежності від різних варіантів взаємного розташування опор валу, пластичних відбитків та перерізу, де проводиться вимірювання величини виправлення, а також залежність величини

виправлення від режиму карбування. Розбіжність розрахункових і фактичних величин (виправлення) КВ становить трохи більше 20-25%.

Розроблено основні способи, механізми та пристрої для виправлення КВ карбуванням в механізованому режимі. Принцип роботи станда. КВ, що піддається правці затискається в трикулачковий патрон 7. Крайня корінна шийка встановлюється на призму 17 і виставляється по осі у за допомогою системи гайок 18. Опора призми затискається фіксатором. До галтелі шийки підводиться опора 6 з пневматичним чеканом 5 і затискається фіксатором 3. На панелі управління 16 вмикається обертання станда. При цьому на механізмі обмеження руху за допомогою кінцевих вимикачів 19 та обмежувачів руху 20 виставляється необхідний сектор обертання трикулачкового патрону 7 з валом. (рис. 2).

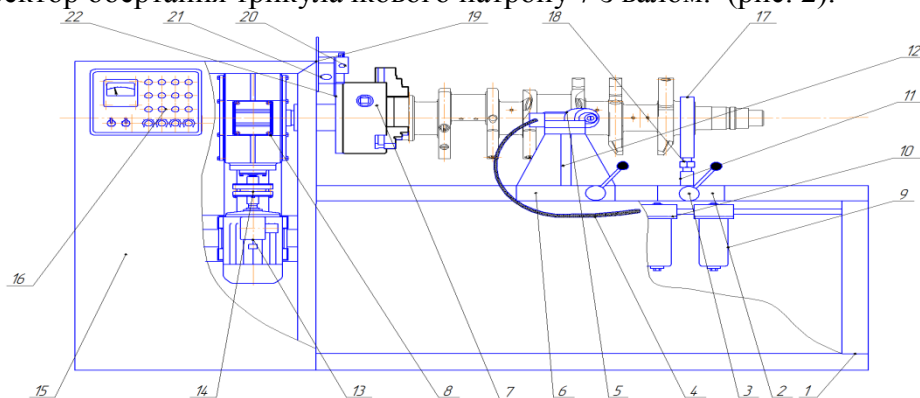


Рисунок 2 - Загальна будова станду (позначення в тексті)

Експериментально доведено, що способи виправлення просторового положення КВ шляхом карбування прості в реалізації, забезпечують високу точність виправлення (до 0,01-0,02 мм) та стабільну геометричну форму валів, яка не змінюється ні при тривалому вилежуванні, ні при роботі під 100% навантаженням. Величина виправлення КВ становить від 0,03 до 0,25% від довжини валу та сягає 1-2 мм. Опір втоми валів при цьому збільшується.

Список використаних джерел

1. H. Mirzadeha EBSD study of a hot deformed austenitic stainless steel/ H. Mirzadeha, J.M. Cabreraa, A. Najafizadehb, P.R. Calvillo // Materials Science and Engineering A 538 (2012) p. 236– 245.
2. Маркович С. І. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. / С. І. Маркович, О. В. Бевз ; Центральнотурист. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 334 с
3. Ezatpour H.R. Influence of hot deformation strain rate on the mechanical properties and microstructure of K310 cold work tool steel / H.R. Ezatpour, S.A. Sajjadi, M. Haddad-Sabzevar // Materials Science and Engineering A, 2010, №527 – p. 1299-1305.
4. Маркович С. І. Дослідження впливу неспіввідносності корінних опор блоку на потужність механічних втрат двигуна /Маркович С. І, Осін Р.А., Колісник С.С. // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 15-17 квітня 2020 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С. 156-158
5. 3. Zengmin Shi Thermo-mechanical properties of ultra high strength steel 22SiMn2TiB at elevated temperature / Zengmin Shi, Kai Liu, Maoqiu Wang, Jie Shi, Han Dong, Jian Pu, Bo Chi, Yisheng Zhang, Jian Li // Materials Science and Engineering A, 2011, №528 – p. 3681–3688.
6. Маркович С. І. Дослідження спрацювання шийок колінчастих валів двигуна Д-242 в залежності від неспіввідносності корінних опор блокартера / С. І Маркович, М.В. Ткаченко, П.В. Кожушко // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності машин і обладнання. Increase of Machine and Equipment Reliability", 15-17 квітня 2020 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С. 25-29
7. Маленков С.В. Дослідження процесу управління просторовим положенням колінчастого вала в процесі відновлення шляхом створення зон локальних напружень / С.В. Маленков, С.І. Маркович // Тези доповідей на VI Всеукраїнській науково-практичній конференції студентів та аспірантів "Підвищення надійності машин і обладнання" 4-6 квітня 2012 року м. Кіровоград, - КДТУ, 2012. с. 612 – 615.

УДК:633.853.32

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ НА ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛІВ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ АВТОМОБІЛІВ

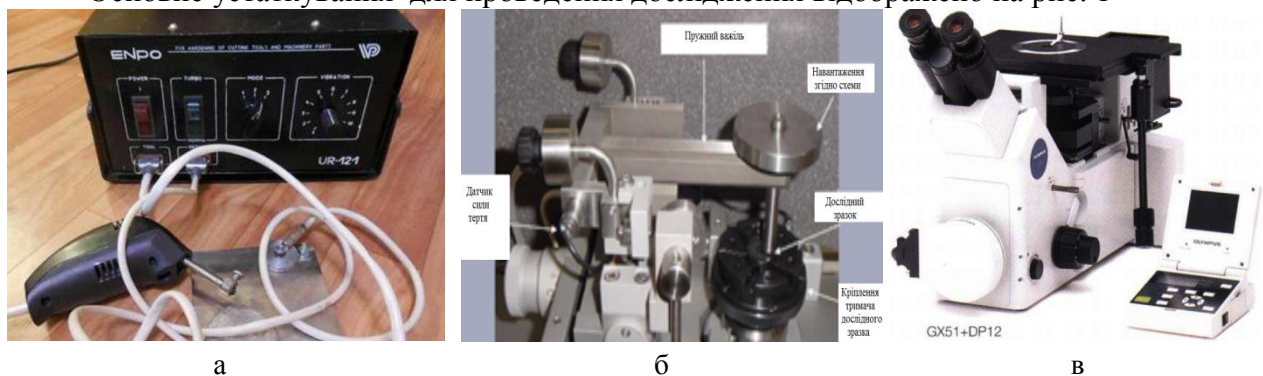
Пічкуренко Б.М., *ст. гр. АТ23М-2,*
Маркович С.І., *доц., канд. техн. наук,*
Бевз О.В., *доц., канд. техн. наук.*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

У процесі роботи турбокомпресор (ТКР) автотракторних двигунів зазнає великих температурних і знакозмінних навантажень [1]. Номінальні частоти обертання валу ротора сучасних ТКР становлять до $60\,000\text{ хв}^{-1}$, при цьому температура газів із випускного колектора досягає 700°C , а температура деталей корпусу становить $90\text{--}160^{\circ}\text{C}$ з компресорної сторони і $670\text{--}720^{\circ}\text{C}$ - з боку турбіни, що викликає гідроабразивний та термічний знос [2,3]. При цьому незначна величина зносу дозволяє застосувати для зміцнення та відновлення вала ротора ТКР електроіскрове легування електродами з твердих сплавів та високолегованих сталей [4, 5].

Разом з тим цей метод не набув широкого застосування через технологічні проблеми [4, 5], що обумовлює задачі дослідження: розробити технологію ЕІЛ з застосуванням електродів зі спечених диспергованих нанопорошків сталі Р6М5, експериментально встановити залежності впливу властивостей електроерозійних матеріалів на трибомеханічні характеристики поверхонь валів роторів ТКР та агрегата в цілому та провести стендові та виробничі випробування.

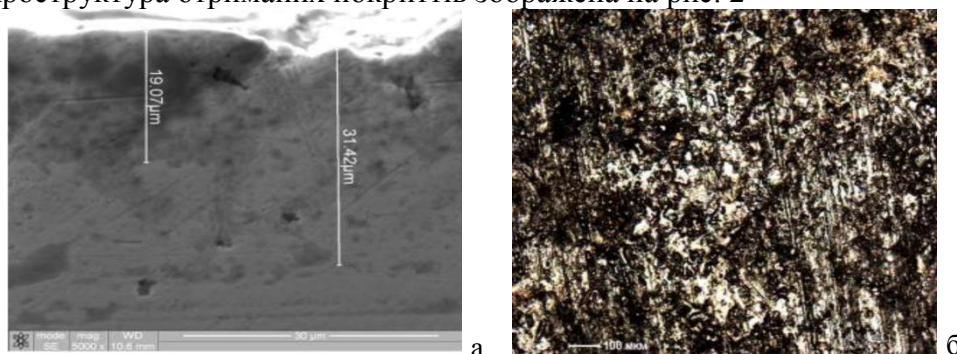
Основне устаткування для проведення дослідження відображено на рис. 1



а - Пристрій для ЕІО "UR-121", б - машини тертя Tribometer фірми CSM Instruments, в - Оптичний інвертований мікроскоп "OLYMPUS GX51"

Рисунок 1- Основне устаткування для проведення дослідження

Мікроструктура отриманих покриттів зображена на рис. 2



а – поперечний шліф ("Quanta 200 3D"), б – поверхня ("OLYMPUS GX51")

Рисунок 2 - Мікроструктура зразка

Проведено комплекс експериментальних досліджень мікроструктури, мікротвердості, шорсткості, пористості та проведено трибологічні лабораторні та стендові випробування. Після розроблення та виконання робіт з балансування відновлених роторів компресорів ТКР, проведені експлуатаційні випробування агрегата в цілому.

В результаті досліджень зроблено висновки:

1. Науково обґрунтовано застосування технології для відновлення зношених деталей автомобілів. Розроблена технологія відрізняється технологічною гнучкістю, дешевизною, простотою, не вимагає використання дорогих та дефіцитних матеріалів та обладнання, а також відповідає вимогам екологічної безпеки. Пропонована технологія може використовуватися для відновлення широкої номенклатури деталей автомобілів, тракторів та інших машин.

2. Експериментально встановлено залежності впливу властивостей електроерозійних матеріалів на властивості електроіскрових покриттів відновлених деталей автомобілів. Показано, що вміст нанорозмірних частинок електродного матеріалу сприяє поліпшенню фізико-механічних властивостей електроіскрових покриттів. Середнє значення мікротвердості електроіскрового покриття (4,36 HV), отриманого електродним матеріалом з електроерозійних порошків швидкорізальної сталі, більше мікротвердості підкладки (2,09 HV) у 2,1 рази.

3. Експериментально встановлено залежність впливу властивостей електроіскрових покриттів на ресурс відновлених деталей автомобілів. Показано, що ресурс валів турбокомпресорів, відновлених за рекомендованою технологією вище ресурсу нових валів у середньому в 1,5 рази.

4. Експериментально встановлені раціональні режими нанесення зносостійких покриттів на зношені вали турбокомпресорів, що забезпечують необхідний комплекс фізико-механічних властивостей покриттям та заданий ресурс валів в цілому (частота обертання деталі, хв^{-1} - 50; подача електрода, мм/хв - 0,4-0,5).

5. Визначено параметри зносостійкості ЕП валів ТКР, отриманих з використанням електроерозійних наноматеріалів. Показано, що середнє значення коефіцієнта тертя у ЕП становило 0,146 замість 0,486 без покриття, що у 3,3 рази нижче.

6. За результатами виробничих випробувань встановлено, що тривалість роботи ТКР, з відновленим методом ЕЮ наноструктурним електродом валом, у 2,1 рази збільшилася порівняно з новим промислово виготовленим валом. Так, при введенні абразивного матеріалу, що містить фракцію розміром 0,1-0,4 мм час роботи ТКР з відновленим валом становив 12,8 годин, а час роботи ТКР з новим валом без зносу номінального розміру становив 8,1 год.

Список використаних джерел

1. Маркович С. І. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. / С. І. Маркович, О. В. Бевз ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 334 с
2. Студент М.М. Багатофункціональні електродугові покриття / М.М. Студент, Г.В. Похмурська, В.М. Гвоздецький, Т.Р. Ступницький, В.М. Посувайло, С.І. Маркович. – Львів: Простір-М, 2018. – 315 с.
3. O. Hiroyuki, W. Mitsutoshi, A. Mikiya, Y. Hiroki, S. Yoshiyuki. Development of Coating and Cladding Technology Using Electro-Discharge Energy // 11th Engineering Review. 2006.V. 39. 3-№ 1. P. 1-7.
4. 3. A.V. Ribalko, K. Korkmaz, O.Sahin. Intensification of the anodic erosion in electrospark alloying by the employment of pulse group // Surface & Coatings Technology. 2008. V. 202. P. 3591-3599.
5. 4. Y.-L. Hwang, C.-L. Kuo, Sh.-F. Hwang. Development of coating and cladding technology using electro-discharge energy // Journal of Materials Processing Technology. 2010. V. 210. P. 642-652.
6. Студент М.М. Підвищення абразивної зносостійкості алюмінієвих ливарних сплавів Al-Si АК-9 та АК-12 плазмо-електролітною обробкою / Студент М.М., Погрелюк І.М., Маркович С.І., Гвоздецький В.М., Задорожна Х.Р., Топчій В.І. // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Випуск 5. Частина 2. – Кропивницький: ЦНТУ, 2022. – С. 59-63.
7. Студент М.М., Механізм утворення легованого міддю та нікелем оксидокерамічного шару в плазмі іскрового каналу/ М.М.Студент, С.І.Маркович, Я.Я. Сірак, В.М. Посувайло // Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції. Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – 366 с.

УДК 621.793.7

ВПЛИВ ВМІСТУ ХРОМУ В ПОРОШКОВОМУ ДРОТІ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ ВАЛІВ АВТОМОБІЛІВ

Гвоздецький В.М.¹, старший дослідник, зав. лаб., канд. техн. наук;

Студент М.М.¹, проф., пров. наук, співр., д-р. техн. наук;

С.І. Маркович², доц., канд. техн. наук;

Задорожна Х.Р.¹, н.с., канд. техн. наук;

Веселівська Г.Г.¹, старший дослідник, канд. техн. наук;

Сірак Я.Я.¹, м.н.с., канд. техн. наук.

¹Фізико-механічний інститут НАН України, м. Львів, Україна

²Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Сучасний автомобіль складається з 15-20 тис. деталей, з яких 7-9 тисяч втрачають свої початкові властивості при роботі, причому близько 3-4 тисяч деталей мають термін служби менший, ніж у автомобіля загалом [1]. При цьому більш ніж 70% зношених деталей автомобільної техніки раціонально було б повторне використання після відновлення. Витрати на відновлення деталей у більшості випадків не перевищують 25-30% їх вартості, а при кваліфікованому призначенні технології відновлення досягається 100% ресурс. Автомобільні деталі типу "вал" становлять більшу частину номенклатури деталей, що відновлюються. При цьому величина коефіцієнта їх відновлення при капітальному ремонті машин становить 0,25 - 0,95. У деталей типу "вал" найчастіше дефекти з'являються на посадкових поверхнях під підшипники, котрі відновлюють при зношуванні більше 0,017-0,060 мм; поверхні нерухомих з'єднань (місця під маточини зі шпонковими пазами та ін.) за рахунок додаткових деталей - при зносі більше 0,04 - 0,13 мм; поверхні рухомих з'єднань - при зносі більше 0,4 - 1,3 мм; під ущільнення – понад 0,15 - 0,20 мм. [2]. При цьому слід зазначити, що з усіх поверхонь валів, що піддаються відновленню, 46% зношуються до 0,3 мм; 27% - від 0,3 до 0,6 мм; 19% - від 0,6 до 1,2 мм та 8% - більше 1,2 мм, що дозволяє застосувати для їх відновлення електродугове напилення (ЕДН) порошковими дротами (ПД), як найбільш технологічний і відносно дешевий спосіб.

Разом з тим міцнісні характеристики покриттів не завжди відповідають все зростаючим вимогам до характеристик поверхневих шарів деталей автомобілів. Підвищенню міцності електродугових покриттів і присвячена дане дослідження.

На сучасному етапі наукових досліджень, щоб підвищити кінетичну енергію розпилюваних крапель розплаву металу, що формують покриття, активно розвивається надзвуковий метод ЕДН з ПД за використання інертних або пальних газів. При цьому значно ускладнюється конструкція пристроїв для ЕДН та суттєво підвищується вартість самого процесу нанесення покриттів. Водночас за його використання практично не зменшується кількість оксидів у напиленому шарі і лише вибірково підвищуються фізико-механічні характеристики покриттів. Останнім часом почали застосовувати дешевий метод отримання покриттів ЕДН із з використанням сопла Лавалю, що дає можливість підвищувати тиск розпилювального повітряного струменю. Таким чином, досягають підвищення кінетичної енергії розплавлених краплин, що вдаряються об поверхню напилюваної деталі, виключивши застосовування інертних або пальних газів. Це необхідна передумова для досягнення суттєвого підвищення твердості, адгезивної та когезивної міцності покриттів за одночасного зменшення їх поруватості та залишкових напружень розтягу у них. Зрозуміло, що таке комплексне покращення фізико-механічних характеристик покриттів знизить ймовірність утворення в них мікротріщин і на етапі механічної обробки, і під час подальшої експлуатації. Тому метою даної роботи було показати можливість підвищення міцнісних

характеристик покриттів напилених ЕДН з ПД за допомогою надзвукового повітряного струменю та ранжувати отримані результати в залежності від складу шихти ПД.

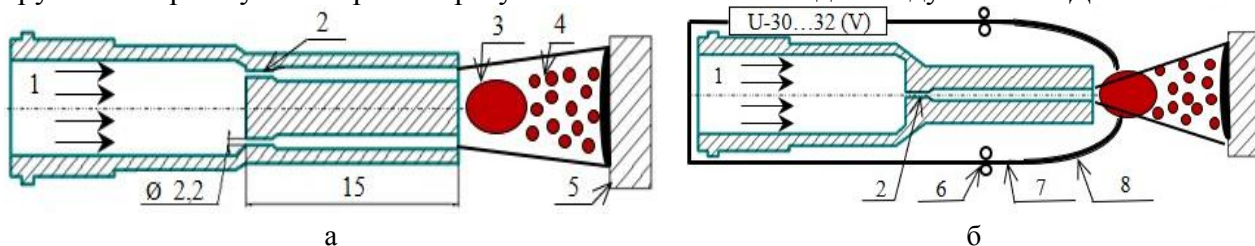


Рисунок 1 – Схеми сопла металізатора для формування надзвукового потоку повітря види спереду (а) та зверху (б): 1 – потік повітря, 2 – критичний переріз сопла, 3 – розплав електродних матеріалів, 4 – метало-повітряний потік, 5 – сталева підложка з напиленням на поверхні покриттям, 6 – дроти, 7 – напрямні для подавання електродів до зони горіння дуги, 8 – ролики для переміщення дроту.

Методи та матеріали. Для надзвукового ЕДН покриттів з ПД в електрометалізаторі використали сопло Лавалю з двома симетрично розміщеними повітряними каналами (рис. 1) [1], за допомогою якого отримували надзвуковий повітряний струмінь з числом Маха 2. Тиск повітряного струменю підвищувався від 0,6 (дозвуковий) до 1,2 (надзвуковий) МПа, що забезпечило зростання швидкості повітряного струменю вдвічі (від 300 до 600 м/с відповідно). При цьому в процесі напилення ПД швидкість диспергованих краплин його розплаву зростала від 60...90 до 160...220 м/с.

Міцнісні характеристики напилених покриттів визначали шляхом оцінки внутрішніх напружень у них та їх когезійної міцності.

Залишкові (колові) напруження розтягу I роду ($\sigma_{\text{кол}}$) в покриттях були визначені на кільці діаметром 60 мм, висотою 20 мм і товщиною стінки 4 мм. Нанесення покриття товщиною $1 \pm 0,1$ мм на зовнішню поверхню кільця відбувалося під час переміщення країв поздовжнього наскрізного його перерізу один відносно одного. Їхне зміщення ΔK вимірювали експериментально, а залишкові напруження в напиленому покритті розраховували за методикою, запропонованою для біметалевого кільця з відношенням радіуса в центрі товщини його стінки до її товщини не менше десяти (рис. 2) [2].

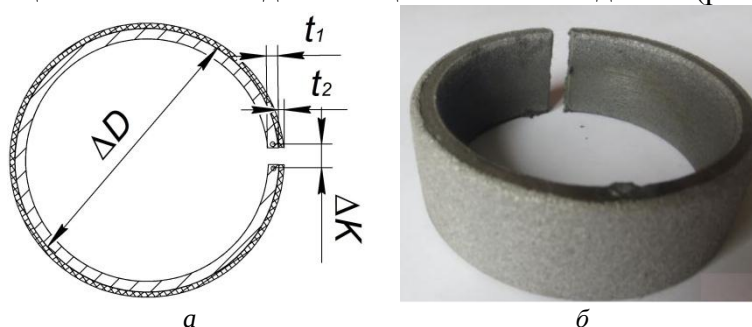
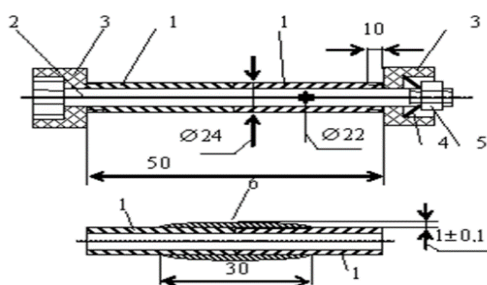


Рисунок 2 – Схема (а) та зразок (б) для визначення залишкових напружень розтягу I роду у покриттях

Для визначення когезійної міцності ($\sigma_{\text{в}}$) напилених покриттів використовували два трубчасті зразки довжиною 50 мм, кінці яких притискали один до одного за допомогою гвинтового з'єднання (рис. 3). На зовнішню поверхню зібраного таким чином зразка напилювали покриття товщиною $1 \pm 0,1$ мм, завдяки якому, після послаблення гвинтового затискача, дві його половинки продовжували утримуватися разом.

Когезійну міцність $\sigma_{\text{в}}$ покриття визначали шляхом навантаження зразка на розривній машині FPZ-10, фіксуючи навантаження P , аж до моменту його руйнування та враховуючи площі покриття S в околі межі розділу двох половинок зібраного зразка, за формулою:

$$\sigma_{\text{в}} = P/S.$$



а

б

1 – дві частини зразка; 2 – гвинт; 3 – направляючі шайби; 4 – пружина; 5 – гайка; 6 – покриття; 7 – різьба для розтягувальних захватів.

Рисунок 3 – Схема пристрою для наплення покриття на поверхню зібраного зразка та вже готового до випробувань на когезійну міцність напленого покриття (а) та після його руйнування (б)

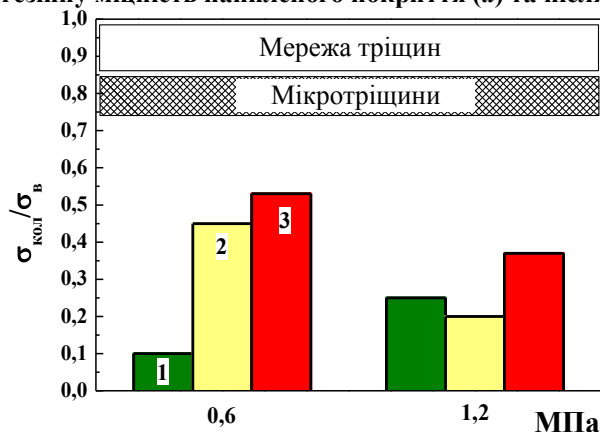


Рисунок 4 – Вплив вмісту хрому у ПД на співвідношення величини залишкових напружень розтягу I роду до когезивної міцності ($\sigma_{\text{кол}}/\sigma_{\text{в}}$) ЕДП наплених за дозвукового (0,6 МПа) та надзвукового (1,2 МПа) тиску повітряного струменю: 1 – 90Х6ГС; 2 – 90Х10ГС; 3 – 90Х17ГС

Застосування надзвукового режиму наплення покриттів досить суттєво зменшує цей показник, що може свідчити про кращі характеристики їх роботоздатності.

Висновки:

1. За використання надзвукового повітряного струменю електродугові покриття мають більш дисперсну структуру та меншу кількість пор, ніж за використання дозвукового повітряного струменю, що зумовлює підвищення когезійної міцності та зменшення залишкових напружень розтягу I роду у покриттях.

2. На основі аналізу отриманих покриттів встановлено, що зі збільшенням вмісту хрому в ПД $\sigma_{\text{кол}}$ та $\sigma_{\text{в}}$ підвищуються, незалежно від тиску повітряного струменю, а внаслідок зростання вмісту аустеніту в покритті. Параметр $\sigma_{\text{кол}}/\sigma_{\text{в}}$ також зростає, проте не досягає критичного значення при якому у покриттях з ПД починають зароджуватися мікротріщини в процесі наплення.

Список використаних джерел

1. Маркович С. І. Експлуатація та ремонт двигунів внутрішнього згоряння : навч. посіб. / С. І. Маркович, О. В. Бевз ; Центральнoукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2022. - 334 с
2. Багатофункціональні електродугові покриття: монографія / М. М. Студент, Г. В. Похмурська, В. М. Гвоздецький [та ін.]. - Львів : Простір-М, 2018. - 335 с.
3. The effect of increasing the air flow pressure on the properties of coatings during the arc spraying of cored wires./ Student Mykhailo, Gvozdetzky Volodymyr, Student Oleksandra, Prentkovskis Olegas, Maruschak Pavlo, Olenyuk Olena, Titova Liudmyla.
4. Pokhmurs'ka, H., Student, M., Hvozdetzkyi, V., Stupnytskyi, T., Posuvailo, V. "The influence of size and speed of drops on the structure and properties of electric-ARC sprayed coatings", Proceedings of the International Thermal Spray Conference and Exposition, ITSC 2017, Dusseldorf, Germany, 7-9 June 2017, N.Y.: Curran Associates, Inc., Vol. 2, pp. 1031 – 1034, 2017.

УДК 621.867:664

ВИКОРИСТАННЯ ШНЕКІВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Бобков А.Д., асп.,

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

На сучасному рівні розвитку техніки основними сферами застосування шнекових машин [1] у харчовій промисловості можуть бути об'єднані в шість технічних груп [2]:

- транспортування (подавання) і дозування;
- екструзія;
- процеси суміщення речовин (матеріалів);
- процеси відокремлення (сепарації) речовин (матеріалів);
- процеси хімічної взаємодії (хімічних перетворень) речовин;
- процеси теплообміну.

Транспортування (подавання) і дозування.

Як приклад можна навести найпростіший вид шнекового конвеєра. В циліндричному корпусі обертається з частотою 50-150 обертів на хвилину шнек, який переміщує матеріал у горизонтальному та похилому напрямках.

Ще одним способом застосування може бути процес дозування. У дозаторах для подання тари використовують шнеки.

Екструзія - екструдери.

Машини для отримання виробів шляхом продавлювання матеріалу через потрібну форму. Для екструзії пластичних мас, в основному використовуються шнеки.

Екструдери поділяють на одношнекові, двошнекові, тришнекові. Двошнекові у свою чергу діляться на коаксіальні, конічні, та паралельні.

Процеси суміщення речовин (матеріалів) - шнекові змішувачі.

Основний принцип роботи полягає в тому, що компоненти засипаються одночасно або послідовно в шнековий змішувач безперервної дії, в якому відбувається змішування за допомогою обертання двох валів із встановленими на них лопатями.

Процеси відокремлення (сепарації) речовин (матеріалів) - шнекові сепаратори.

Це машини для відокремлення одного матеріалу на дві різні фракції (наприклад – розділення твердої і рідкої частин). В харчовій промисловості використовуються для відокремлення жому і відходів від продуктів.

Процеси хімічної взаємодії (хімічних перетворень) речовин - шнекові реактори.

Використовується для проведення реакцій полімеризації, поліконденсації, поліприєднання, деполімеризації (розкладання, деструкція), легування, змін у молекулах матеріалів, проведення звичайних реакцій в тістоподібних, пластичних і пружнов'язких середовищах.

Процеси теплообміну - шнекові теплообмінники.

Використовуються для нагрівання і охолодження твердих речовин, рідин, геле- і тістоподібних мас, а також, для розплавлення і кристалізації твердих речовин.

Питання більш широкого використання шнекових елементів у конструкціях харчових машин є мало дослідженим та потребує глибокого вивчення.

Список використаних джерел

1. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. Основи творення машин / [за ред. О. В. Горика (д. т. н., проф., засл. прац. нар. освіти України)]. — Харків : Вид-во "НТМТ", 2017. — 448 с.
2. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. Основи творення машин / [за ред. О. В. Горика (д. т. н., проф., засл. прац. нар. освіти України)]. — Харків : Вид-во "НТМТ", 2017. — 448 с.

УДК:621.891

ЗАСОБИ УПРАВЛІННЯ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ТРИБОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРИБОСПРЯЖЕННЯ

Гупка А.Б., доц., канд. техн. наук.

Пиндус Т.Б., ас.,

Остапчук С.І., асп.,

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

На сучасному етапі розвитку науки про тертя та зношування актуальним є досягнення якісно нового рівня знань про процеси, що відбуваються у зоні фрикційного контакту, а також створення нових матеріалів і конструкцій, які відповідатимуть широкому спектру вимог до вузлів тертя машин і механізмів. Серед ключових аспектів теоретичної та прикладної трибології слід виділити феномен самоорганізації (СО) матеріальних об'єктів.

У контексті режиму граничного тертя цей феномен відомий як структурно-енергетична пристосовуваність (СЕР). Вона проявляється у формуванні захисних вторинних структур (ВС), які екранують основний матеріал деталей і запобігають прямому контакту, схоплюванню та інтенсивному руйнуванню (об'ємній деструкції) [1]. Структурно-енергетична теорія тертя та зношування стала логічним завершенням певного етапу розвитку цієї галузі науки і техніки. Вона дозволила виявити фундаментальні закономірності трибологічних взаємодій, запропонувати комплексний підхід до вирішення практичних завдань, удосконалити системне управління поверхневою міцністю та поглибити знання про термодинаміку відкритих систем пар тертя.

Встановлення загальних закономірностей тертя та зношування, визначення їх головного механізму – явища СЕР, а також поділ трибологічних процесів на нормальне зношування і пошкоджувальність надали новий інструментарій для розробки методів контролю показників поверхневої міцності матеріалів. Це сприяє створенню банків трибологічних даних, прогнозуванню та розрахункам вузлів тертя.

Проте існуючі експериментальні методи оцінки інтенсивності зношування мають обмеження, що ускладнює повноцінне дослідження процесів контактної взаємодії та руйнування поверхонь. Наприклад, побудова залежності інтенсивності зношування матеріалів пар тертя від силових параметрів (швидкість ковзання, питоме навантаження), а також від мастильного середовища, вимагає понад 300 годин експлуатації на машинах тертя. Окрім того, такі вимірювання супроводжуються значним розсіюванням отриманих даних.

Для вирішення практичних завдань триботехніки (вибір матеріалів пар тертя, методів їх зміцнення, визначення оптимальних концентрацій добавок у мастильні матеріали) важливо встановити діапазон СЕР і критичні точки переходу до пошкоджувальності. Через незначні значення зносу в межах СЕР традиційні методи вимірювання виявляються малоефективними. Крім того, фіксація інтенсивності зношування за певний проміжок часу не відображає кінетику процесів і їх взаємозв'язок.

Фізичною основою кореляції між параметрами коефіцієнта електропровідності поверхні (КЕО), інтенсивністю зношування (I) і коефіцієнтом тертя (μ) є наявність на поверхнях тертя у діапазоні СЕР оптимальних за складом, будовою та властивостями вторинних структур. Ці структури забезпечують максимальну зносостійкість ($I \rightarrow \min$) і високі діелектричні властивості ($\text{КЕО} \rightarrow \max$) [2].

Одним із найчутливіших кінетичних методів контролю процесів тертя та зношування є метод вимірювання контактної електроопору (КЕО) пари тертя. Цей метод дозволяє контролювати основні триботехнічні характеристики, зокрема інтенсивність зношування (I) та коефіцієнт тертя (μ), враховуючи весь комплекс механічних і фізико-хімічних процесів у

зоні фрикційного контакту. Він також дає змогу відстежувати кінетику зміни параметрів I та μ у реальному часі під час досліджень.

Основні переваги методу КЕО:

Експресність: мінімальні витрати часу для визначення та контролю діапазону нормального тертя й зношування.

Комплексність: параметри КЕО відображають фізико-хімічні процеси в зоні фрикційного контакту.

Контроль кінетики: можливість відстеження структурних змін матеріалів поверхневих шарів пар тертя (утворення, трансформація й руйнування вторинних структур, ВС).

Універсальність: можливість якісної й кількісної оцінки основних процесів поверхневого руйнування згідно із загальною класифікацією видів тертя й зношування.

До додаткових переваг цього методу належать висока чутливість і точність, а також можливість застосування не тільки в лабораторних, але й у виробничих умовах. Чутливість методу дозволяє уникнути форсованих режимів досліджень, які спотворюють природу трибологічних взаємодій.

Коректність будь-якого методу залежить від відповідності фізичної сутності критеріїв оцінки природі досліджуваного явища та масштабу процесу. З практичної точки зору важливими характеристиками методу є простота, наочність і надійність.

Експерименти проводилися як на серійних, так і на спеціально спроектованій машині тертя (рис. 1). Використовувалася схема контакту "диск – торець пальця" із плавною зміною силових параметрів навантаження: швидкість ковзання $V = 0,12\text{--}11$ м/с, питоме навантаження $P = 0,3\text{--}35$ МПа. Конструкція вузла тертя мінімізувала вплив динамічних навантажень у перехідних процесах і при реверсивному русі. Автоматизована система змащування забезпечувала подачу рідких і пластичних мастил.

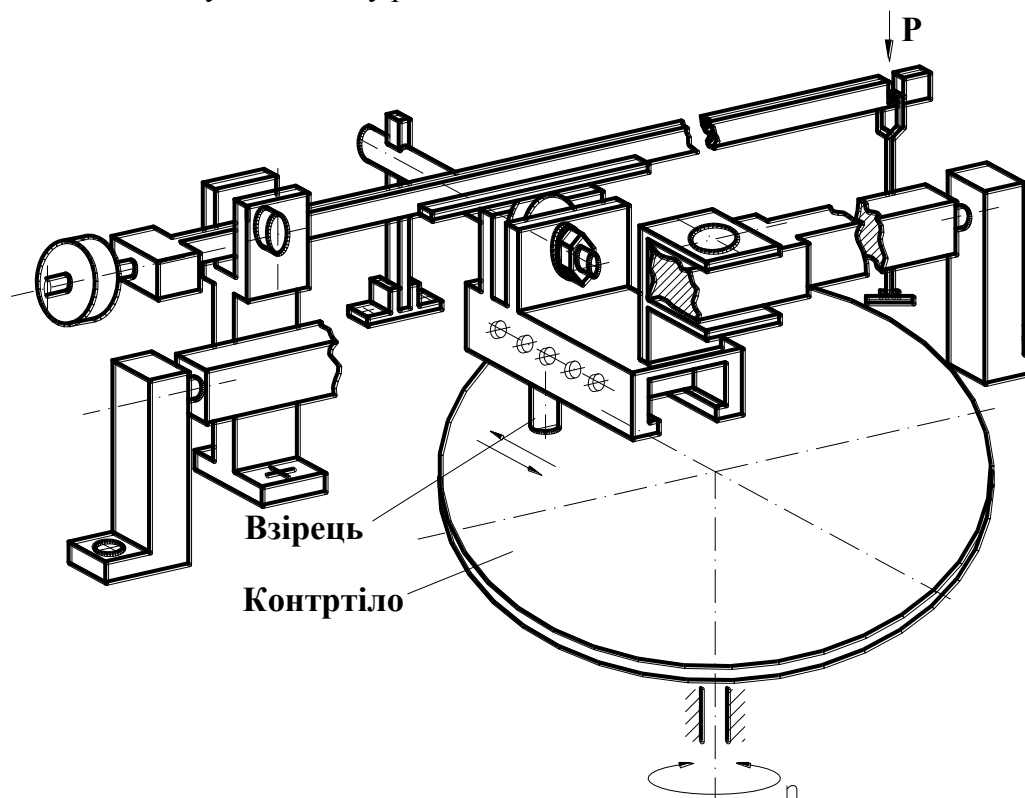


Рисунок 1 - Схема вузла тертя та механізму навантаження машини тертя

Для досліджень використовувалися зразки діаметром 6 мм і довжиною 25 мм, виготовлені зі сталі 45 (твердість 42–45 HRC, шорсткість $Ra = 0,125$ мкм) та бронзи ОЦС 5-5-5. У якості мастильних матеріалів застосовували інертне вазелінове масло, а також вазелінове масло з додаванням 2% присадки Англамол 99.

Інтенсивність зношування та коефіцієнт тертя вимірювали традиційними методами, тоді як величини контактного електроопору (КЕО) визначали за спеціально розробленою методикою (рис. 2). Контрольні значення параметрів фіксували після стабілізації їхніх значень на кожному етапі навантаження. Вивчення структури поверхонь тертя та властивостей вторинних структур (ВС) проводилося за допомогою електронного мікроскопа CamScan 44DV з приставкою Linc 860.

Результати аналізу показали, що існує діапазон навантажень (P), в межах якого значення інтенсивності зношування (I) і коефіцієнта тертя (μ) є мінімальними та стабільними, а величина КЕО – максимальною і стабільною. Це свідчить про динамічну рівновагу між процесами утворення та руйнування вторинних структур.

Отримані дані підтвердили кореляцію між параметрами I , μ , КЕО і типом вторинних структур, що дозволило розробити та експериментально підтвердити методику визначення діапазону та рівня нормального тертя й зношування.

Діапазон структурно-енергетичної пристосовуваності (СЕП) відповідає діапазону максимальних і стабільних значень КЕО (відрізок АБ). Рівень цього діапазону визначають шляхом вимірювання інтенсивності зношування при будь-яких заданих параметрах навантаження (P_x, V_x) (точка Г).

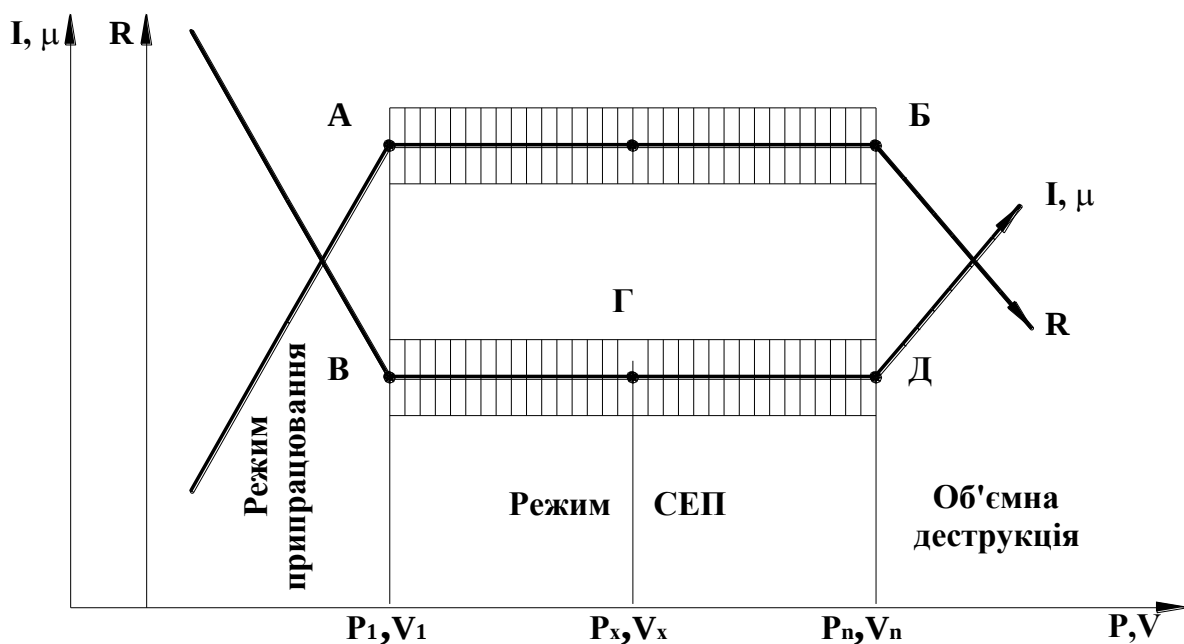


Рисунок 2 – Спосіб визначення діапазону та рівня нормального тертя та зношування

В діапазоні СЕП властивості ВС змінюються в широких границях під впливом зовнішніх параметрів, що свідчить про можливості їх внутрішньої перебудови. Для оцінки структурно-енергетичного стану ВС запропоновано наступні критерії: $\Delta R/R_{\text{вих}}$, Δt (рис. 3).

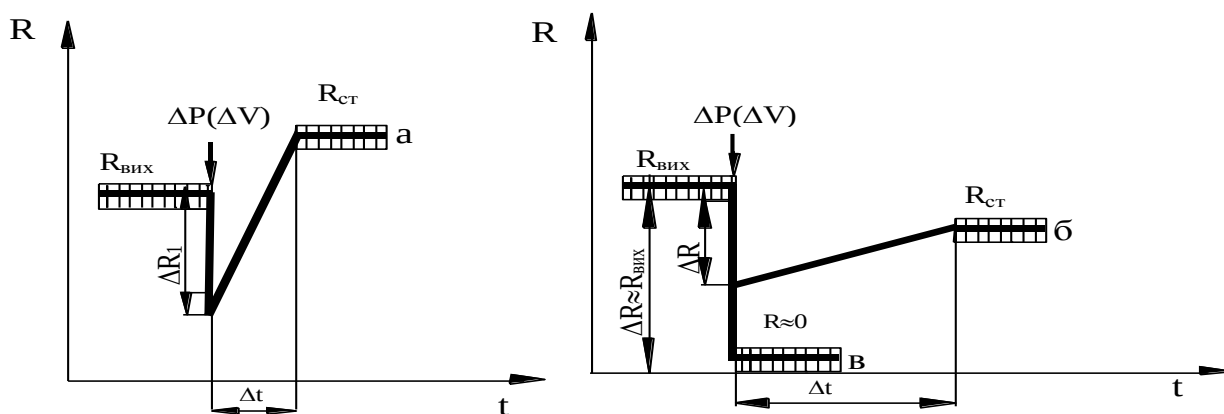
де ΔR - величина падіння КЕО після кожного етапу навантаження, (ΔP , ΔV),

$R_{\text{вих}}$ - вихідне (стабільне) значення КЕО,

Δt - час стабілізації КЕО після кожного етапу навантаження.

В діапазоні СЕП критерії $\Delta R/R_{\text{вих}}$, Δt стабільні і мінімальні (оптимальні властивості ВС), в діапазоні припрацювання і об'ємної деструкції значення даних параметрів максимальні. Після кожного етапу навантаження (ΔP , ΔV) відбувається падіння вихідного значення КЕО ($R_{\text{вих}}$) на певну величину ΔR з

подальшою його стабілізацією на іншому рівні ($R_{ст}$) через певний період часу (Δt).

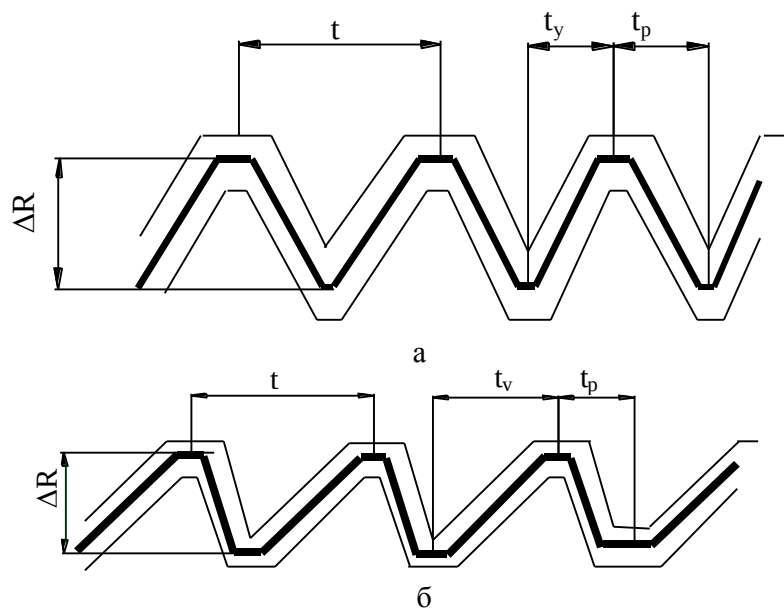


а – режим припрацювання, б – режим структурно-енергетичної пристосовуваності (СЕП), в – режим об'ємної деструкції.

Рисунок 3 - Залежність параметрів $\Delta R/R_{вих}$, Δt від режимів тертя та зношування

Дослідження, спрямовані на вибір ефективних мастильних матеріалів у поєднанні з конструктивними та технологічними рішеннями, залишаються актуальними, оскільки вони спрямовані на вирішення проблеми підвищення експлуатаційної надійності транспортних засобів шляхом оптимізації трибологічної ефективності важконавантажених вузлів деталей, систем і агрегатів.

Для досліджуваних пар тертя визначено такі параметри: режим СЕП - $\Delta R/R_{вих} \approx 0,15 \dots 0,55$, $\Delta t \approx 12 \dots 20$ хв; режим припрацювання - $\Delta R/R_{вих} \approx 0,60 \dots 0,85$, $\Delta t \approx 25 \dots 40$ хв; режим об'ємної деструкції - $\Delta R/R_{вих} \approx 1$, $\Delta t \rightarrow \infty$. Існування діапазону СЕП зумовлено наявністю оптимальних ВС завдяки динамічній рівновазі процесів їх утворення (V_y) та руйнування (V_p) (рис. 4). В режимі СЕП $V_y = V_p$ ($t_y = t_p$), в режимі об'ємної деструкції $V_y < V_p$ ($t_y > t_p$).



а – режим структурно-енергетичної пристосовуваності (СЕП); б – режим об'ємної деструкції; t_y - час утворення ВС; t_p - час руйнування ВС; t - час існування новоутворених ВС.

Рисунок 4 -Циклограми змін параметрів вторинних структур (ВС) при різних режимах тертя та зношування

Як показали проведені дослідження в режимі СЕП параметр ΔR являється залежним від товщини (h) та площі (S) ВС:

$$\Delta R = f(h, S(BC)).$$

Швидкості процесів утворення та руйнування ВС:

$$V_y = V_p; \frac{h_{BC}}{t_y} = \frac{h_{BC}}{t_p} - \text{режим СЕП};$$

$$V_y < V_p; \frac{h_{BC}}{t_y} < \frac{h_{BC}}{t_p} - \text{режим об'ємної деструкції}.$$

Запропоновані критерії дозволяють проводити безперервний контроль за процесами тертя та зношування, кінетики утворення, трансформації та руйнування ВС в сукупності із металографічним аналізом поверхонь тертя дозволяють розкрити фізичну природу трибологічних взаємодій.

Проведені дослідження підтверджують, що керування трибологічною ефективністю важконавантажених спряжень деталей транспортних засобів є складним і багатогранним завданням. Розробка ефективних методів дослідження та контролю тертя й зношування дозволяє значно підвищити експлуатаційну надійність вузлів та агрегатів.

Експериментально встановлено, що в діапазоні структурно-енергетичної пристосовуваності (СЕП) вторинні структури (ВС) демонструють оптимальні фізико-механічні властивості. Це досягається завдяки динамічній рівновазі між процесами їх утворення й руйнування, що забезпечує мінімальні значення інтенсивності зношування (I) та коефіцієнта тертя (μ) за одночасного максимального значення контактного електроопору (КЕО).

Запропонований метод вимірювання контактного електроопору зарекомендував себе як високочутливий і ефективний інструмент для контролю процесів тертя та зношування. Він дозволяє оцінювати кінетику утворення, трансформації та руйнування ВС у реальному часі, що є особливо важливим для визначення критичних точок переходу від нормального зношування до пошкоджуваності.

Визначено, що використання ефективних мастильних матеріалів, зокрема вазелінового масла з додаванням присадки Англамол 99, сприяє формуванню захисних ВС із покращеними експлуатаційними характеристиками. Це дозволяє мінімізувати зношування й підвищити термін служби елементів пар тертя.

Розроблені критерії оцінювання властивостей ВС, такі як стабільність КЕО та кінетика структурних змін, можуть бути використані для безперервного моніторингу стану поверхонь тертя. Це сприяє створенню систем адаптивного управління тертям і зношуванням, здатних підвищити ефективність роботи вузлів транспортних засобів.

Удосконалення методів дослідження, таких як металографічний аналіз та комп'ютерне моделювання, дозволить глибше розкрити фізичну природу трибологічних взаємодій. Це відкриває нові можливості для оптимізації конструкцій та матеріалів пар тертя, а також для розробки високоефективних мастильних матеріалів.

Таким чином, запропоновані підходи та результати досліджень можуть бути основою для створення нових стандартів та рекомендацій у галузі триботехніки, спрямованих на підвищення надійності та довговічності транспортних систем.

Список використаних джерел

1. Aulin, V., Gypka, A., Liashuk, O., Stukhlyak, P., & Hrynkiv, A. (2024). A comprehensive method of researching the tribological efficiency of couplings of parts of nodes, systems and aggregates of cars. *Problems of Tribology*, 29(1/111), 75–83. <https://doi.org/10.31891/2079-1372-2024-111-1-75-83>
2. Gypka A. The tribology of the car: Research methodology and evaluation criteria / O. Lyashuk ,, Y. Pyndus , V. Gupka , M. Sipravska , M. Stashkiv // ICCPT 2019: Current Problems of Transport : Proceedings of the 1st International Scientific Conference , May 28-29, 2019, Ternopil , Ukraine . R. - 231-237. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3387620>

УДК 629.3.017

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ БЕЗПЕКУ РУХУ

Тесля В.О., канд. техн. наук,

Грінкевич О.В., здоб.,

Дякун В.М., здоб.,

Пиріг С.В., здоб.,

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

З розвитком автомобільної індустрії та технологій безпеки, питання забезпечення безпеки на дорогах стає все актуальнішим. Щороку зростає кількість автомобілів, що підвищує ризик дорожньо-транспортних пригод. Основне завдання сучасних систем безпеки – це захист не лише водія та пасажирів, але й інших учасників руху, таких як пішоходи, велосипедисти та інші водії. Удосконалення існуючих систем та поява нових технологій мають великий потенціал для зниження кількості аварій та підвищення загальної безпеки. Сучасні автомобілі оснащуються як активними, так і пасивними системами безпеки. Активні системи спрямовані на запобігання аварійним ситуаціям шляхом своєчасного втручання в керування автомобілем. До таких систем належать: автоматичне екстрене гальмування (АЕВ), це система, яка реагує на можливі зіткнення, застосовуючи гальма, якщо водій не встигає реагувати; система контролю стабільності (ESC), що допомагає підтримувати контроль над автомобілем у складних умовах, таких як різкі маневри або слизька дорога; системи попередження про виїзд зі смуги руху та автоматичного утримання смуги: допомагають уникати випадкових з'їздів з дороги та зіткнень з іншими автомобілями.

Пасивні системи безпеки призначені для мінімізації наслідків аварії працюють незалежно від водія і активуються лише під час зіткнення. До них належать подушки безпеки, вони спрацьовують під час удару, захищаючи водія та пасажирів від травм. ремені безпеки з преднатягувачами, які допомагають утримувати пасажирів на місці під час аварії, зони програмованої деформації, які є частиною кузова автомобіля, що поглинають енергію удару, мінімізуючи пошкодження пасажирів. Однак, з розвитком технологій у сфері безпеки, з'являються нові методи забезпечення як активного, так і пасивного захисту. Серед перспективних розробок можна відзначити активні капоти, які підіймаються при зіткненні з пішоходом, зменшуючи силу удару, та інноваційні системи розумного ременя безпеки, які можуть контролювати стан пасажирів та автоматично регулювати натяг ременя.

Однією з головних тенденцій розвитку систем безпеки є інтеграція штучного інтелекту (ШІ) у системи керування автомобілями. Системи на основі ШІ можуть аналізувати поведінку водія, оцінювати дорожню ситуацію в реальному часі та навіть передбачати потенційно небезпечні ситуації. Наприклад, взаємодія радарів з інфраструктурою дозволить регулювати роботу світлофорів залежно від потоку транспорту, що допоможе зменшити затори та знизити кількість аварій на перехрестях. Системи V2X також можуть попереджати водія про потенційні небезпеки, такі як аварії або пішоходи на дорозі, і яскравим прикладом сучасних технологій є Ілон Маск та його нова технологія Robovan.

Засновник компаній Tesla та SpaceX, продовжує впроваджувати нові рішення у сфері транспорту, зокрема в галузі автономних транспортних засобів. Однією з найновіших розробок Tesla є концепт Robovan – повністю автономний електричний автобус, призначений для міського перевезення пасажирів та вантажів. Robovan є частиною візії Маска щодо майбутнього міського транспорту. Він оснащений інтелектуальними системами автономного керування, які здатні забезпечити безпеку пасажирів і мінімізувати аварії завдяки вдосконаленим алгоритмам обробки даних з численних сенсорів та камер. У цьому автобусі

передбачається використання технологій, аналогічних автопілоту Tesla, які дозволяють аналізувати дорожню ситуацію, розпізнавати перешкоди, інших учасників дорожнього руху та приймати рішення в реальному часі. Окрім підвищеного рівня безпеки, Robovan передбачає підвищену ефективність міських перевезень за рахунок електричної силової установки, що зменшує викиди в атмосферу. Крім того, цей транспорт може бути інтегрований з інфраструктурою "розумного міста", використовуючи технології V2X, що дозволяє обмінюватися інформацією з іншими транспортними засобами, світлофорами, дорожніми знаками та іншими елементами міської інфраструктури. Перспективи впровадження транспорту, як Robovan виглядають, надзвичайно амбітними. Маск передбачає, що такі транспортні засоби можуть значно зменшити затори, знизити рівень шкідливих викидів та підвищити загальну безпеку на дорогах за рахунок автономного керування та інтеграції з інтелектуальними системами міської інфраструктури. Незважаючи на всі переваги нових технологій, існують також певні ризики. Зокрема, автономні системи потребують досконалої інфраструктури та захисту від кібератак. Успішне впровадження таких систем можливе лише за умови дотримання високих стандартів безпеки, адже зброї у програмному забезпеченні можуть призвести до небезпечних ситуацій.

Ще один виклик – це прийняття таких технологій суспільством. Довіра до автономних автомобілів ще не є повсюдною і для повного їх впровадження необхідно провести масштабні дослідження та тестування. Розвиток систем безпеки автомобілів рухається в напрямку інтеграції штучного інтелекту, автоматизації керування та взаємодії з дорожньою інфраструктурою. Ці технології мають потенціал значно знизити кількість аварій та покращити безпеку на дорогах. Впровадження таких інновацій, як Robovan Ілона Маска, може змінити міську транспортну систему, зробивши її безпечнішою, екологічнішою та ефективнішою. Однак для досягнення максимальних результатів потрібні.

Список використаних джерел

1. Мигаль, В.Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів: монографія / В. Д. Мигаль. Х.: Майдан, 2018. 262 с.
2. Інновації на дорогах: Як технології V2X підвищують безпеку та ефективність руху. URL: <https://centr-avto.com.ua/news/innovatsiyi-na-dorogah-yak-tehnologiyi-v2x-pidvyshhuyut-bezpeku-ta-efektyvnist-ruhu/>
3. Тесля, В.О., Сіправська, М.Д. Оптимізація руху автомобіля при врахуванні дорожніх умов та технічного стану автомобіля / Матеріали XVI-ої Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту", 23-25 жовтня 2023. – ВНТУ Вінниця. – 2023. – С. 347-348.

УДК 629.3.017

ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ

Сіправська М.Д., ст. викл.,

Гринів С.А., здоб.,

Плюта В.В., здоб.,

Ковбасюк О.Ю., здоб.,

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

Спрацювання деталей машин є невід'ємною частиною їх експлуатації. Відновлення зношених поверхонь дозволяє продовжити термін служби обладнання, знизити витрати на ремонт та заміну деталей.

Метою даної роботи є аналіз сучасних технологій відновлення зношених поверхонь, визначення їх переваг і недоліків, а також розробка рекомендацій щодо оптимального вибору технологій в залежності від конкретних умов експлуатації деталей.

Технології відновлення знесених поверхонь деталей машин і механізмів є важливою складовою сучасного машинобудування та ремонту техніки, які змінюють ключову роль у забезпеченні ефективності, довговічності та економічності машин і механізмів. Відновлення деталей замість їхньої повної заміни дозволяє значно знизити витрати на обслуговування техніки, зменшити споживання матеріалів та енергії, а також мінімізувати витрати, що особливо актуально в умовах зростання екологічних вимог. Сьогодні використовують численні технології відновлення, такі як наплавлення, напилення, гальванічне покриття, термообробка, застосування полімерних матеріалів, механічна обробка та комбіновані методи. Кожна з них має свої переваги і особливі сфери застосування, але всі вони націлені на досягнення своєї мети – забезпечення максимальної надійності та довговічності відновлених деталей. Успішне використання цих методів дозволяє відновити працездатність навіть найскладніших вузлів і агрегатів, зменшити час простої техніки та витрати на ремонт.

Сучасними технологіями відновлення зношених поверхонь деталей автомобілів є

Термічні способи які включають в себе наплавлення (процес нанесення на зношену поверхню шару металу або сплаву шляхом його плавлення за допомогою дуги, плазми або іншого джерела тепла, що використовується для відновлення розмірів, форми і зміцнення деталей), зварювання (спосіб з'єднання деталей шляхом нагрівання до температури плавлення і злиття металу, який застосовується для відновлення тріщин, пробоїн та інших дефектів) та газотермічне напилення (нанесення на поверхню деталі тонкого шару матеріалу у вигляді розплавлених частинок за допомогою гарячого газу, що забезпечує високу швидкість нанесення і можливість отримання покриттів з різними властивостями).

Механічні способи такі як холодне наплавлення (нанесення на поверхню деталі шару металу або сплаву під високим тиском без нагрівання, яке застосовується для відновлення тонких шарів і деталей складної форми) та нанесення покриттів методом вибухового напилення (нанесення покриття шляхом розпилення матеріалу вибухом яке забезпечує високу адгезію та міцність покриття).

Електрохімічні способи яке включають електролітичне відновлення (відновлення розмірів деталі шляхом електролітичного осадження металу на зношену поверхню, що застосовується для відновлення деталей складної форми) та плазово-електролітичне оксидування (формування на поверхні деталі оксидного шару з високою твердістю та корозійною стійкістю, що застосовується для захисту від зношування та корозії).

Лазерні технології у які входять лазерне наплавлення (нанесення на поверхню деталі шару металу або сплаву за допомогою лазерного променя, що забезпечує високу точність і

якість з'єднання) та лазерне сплавлення (сплавлення поверхневого шару деталі з присадним матеріалом за допомогою лазерного променя, що застосовується для зміцнення поверхні.

Кожна з цих технологій обирається залежно від типу пошкодження, деталі матеріалу та вимог до її експлуатаційних характеристик. Використання сучасних методів відновлення дозволяє значно зменшити витрати на заміну деталей і підвищити надійність техніки.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика технологій відновлення

Технологія	Переваги	Недоліки	Застосування
Наплавлення	Висока продуктивність, можливість відновлення великих об'ємів металу	Висока температура нагріву, деформація деталі	Відновлення зношених поверхонь валів, втулок, шестерень
Газотермічне напилення	Висока швидкість нанесення, можливість отримання покриттів з різними властивостями	Низька адгезія покриття до основи	Захист від корозії, зношування, теплоізоляція
Електролітичне відновлення	Висока точність відновлення, можливість відновлення деталей складної форми	Низька швидкість процесу, обмежений вибір матеріалів для покриття	Відновлення деталей з тонких стінок, ремонт гальванічних покриттів
Лазерне наплавлення	Висока точність, мінімальне деформування деталі	Висока вартість обладнання	Відновлення деталей з високими вимогами до точності розмірів і якості поверхні

Технологія відновлення зношених поверхонь деталей машин і механізмів є компонентом сучасного машинобудування, що дозволяє значно скоротити витрати на виробництво, обслуговування та ремонт обладнання. Завдяки використанню таких методів, як зварювання, наплавлення, гальванічне покриття, термічне зміцнення та полімерні, вдається лише відновити працездатність деталей, але й підвищити їхню довговічність і стійкість матеріалів до зношування. Використання цих технологій є економічно доцільним, оскільки дозволяє зменшити витрати на заміну вузлів та забезпечити ефективну експлуатацію машин.

Вибір технології відновлення зношених поверхонь є складним завданням, яке вимагає комплексного підходу. Сучасні технології відновлення дозволяють відновити геометричні параметри і фізико-механічні властивості деталей, продовжити термін їх служби та знизити витрати на ремонт. Перспективними напрямками розвитку технологій відновлення є лазерні технології, поєднання різних технологій, а також використання нових матеріалів для покриттів.

Таким чином, використання сучасних методів відновлення зношених поверхонь деталей не тільки забезпечує економічний ефект, але й відповідає сучасним тенденціям сталого розвитку та раціонального використання ресурсів. Подальші дослідження в цій сфері сприяють створенню ще більш досконалих і доступних технологій, які знайдуть застосування в усіх галузях.

Список використаних джерел

1. Технологічне забезпечення якості відновлення посадочних отворів корпусних деталей : монографія / І. О. Хітров, В. С. Гавриш, Ю. А. Кононов, П. М. Фастовець. – Рівне : НУВГП, 2013. – 127 с.
2. Ляшук, О.Л., Гупка, А.Б., Тесля, В.О. Експлуатаційні методи підвищення зносостійкості пар тертя автомобіля / Інноваційні технології розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту : Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 14-15 листоп. 2018 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2018. - С. 212-217.

УДК 629.33:004.94 / 656.21:004.94

ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Грицук І.В.¹, проф., д-р техн. наук,

Головань А.І.², доц., канд. техн. наук,

Вольська О.М.¹, проф. д-р наук з держ. управ,

Гончарук І.П.², доц., канд. техн. наук

¹Херсонська державна морська академія, м.Херсон, Україна

²Одеський національний морський університет, м.Одеса, Україна

Сучасні транспортні системи є ключовим елементом економіки та інфраструктури будь-якої країни. Технічне обслуговування колісних транспортних засобів є критично важливим для забезпечення їх надійності та безпеки експлуатації [1]. Однак традиційні підходи до технічного обслуговування не враховують стрімкі зміни експлуатаційних умов та зростання вимог до безпеки й ефективності [2]. Це створює потребу у цифровій трансформації систем технічного обслуговування шляхом впровадження інноваційних рішень для адаптації до динамічних змін у довкіллі, умовах використання та технологічному середовищі.

Метою дослідження є аналіз перспектив цифрової трансформації систем технічного обслуговування колісних транспортних засобів, що включає розроблення науково обґрунтованої методики для підвищення ефективності, безпеки та надійності їх експлуатації.

Об'єктом дослідження є системи технічного обслуговування наземних колісних транспортних засобів (автомобільних і залізничних).

Предметом дослідження є цифрові технології та стратегії, що забезпечують трансформацію систем технічного обслуговування транспортних засобів для підвищення їх адаптивності до змінних експлуатаційних умов.

Основні положення. Перспективи забезпечення цифрової трансформації систем технічного обслуговування колісних транспортних засобів, спрямованої на адаптивізацію параметрів ТО до змінних експлуатаційних умов, зумовлені такими аспектами:

1. Адаптивізація параметрів системи технічного обслуговування (ТО): Цифрова трансформація передбачає використання даних у реальному часі, що збираються із бортових систем транспортних засобів, інфраструктури та довкілля [3, 4]. Це дозволяє автоматично коригувати параметри ТО залежно від експлуатаційних умов, таких як погодні умови, навантаження та тип покриття. Завдяки цьому створюються адаптивні алгоритми, які дозволяють виконувати обслуговування з мінімальними втратами часу та ресурсів.

2. Використання цифрових технологій: Інтеграція сучасних технологій, таких як великі дані (Big Data), інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та машинне навчання, сприяє створенню цифрових моделей експлуатації [5, 6]. Це відкриває можливості для прогнозування технічного стану, оптимізації графіків ТО та зниження витрат на обслуговування.

3. Превентивне та прогнозоване обслуговування: Цифрова трансформація дозволяє перейти від реактивного до превентивного та прогнозованого ТО [7, 8]. Завдяки прогнозуванню зношування компонентів на основі аналітики історичних даних та експлуатаційних параметрів стає можливим уникати аварійних ситуацій.

4. Оптимізація витрат: Цифрові рішення підвищують ефективність управління технічним обслуговуванням, знижуючи витрати на аварійні ремонти та простої [9, 10]. Інтелектуальні системи планування дозволяють максимально ефективно використовувати ресурси та підвищувати продуктивність транспортних засобів.

5. Підвищення безпеки: Прогнозування стану технічного обладнання з використанням цифрових стратегій знижує ризик відмов під час експлуатації, що особливо важливо для громадського транспорту та вантажоперевезень [11].

6. Інтеграція в існуючі системи: Цифрова трансформація передбачає інтеграцію нових рішень у вже існуючі системи управління транспортними парками, що мінімізує витрати на впровадження і забезпечує сумісність із логістичними платформами та системами управління запасами [12].

Практична значущість. Розроблення цифрових підходів до управління системами технічного обслуговування дозволить підвищити ефективність, надійність та безпеку транспортних систем, що матиме значний економічний ефект для операторів і забезпечить стале функціонування транспортної інфраструктури.

Висновки. Цифрова трансформація технічного обслуговування колісних транспортних засобів є важливим кроком до інноваційного розвитку транспортних систем. Впровадження цифрових стратегій забезпечить підвищення адаптивності, ефективності та безпеки технічного обслуговування в умовах сучасного мінливого середовища.

Список використаних джерел

1. Головань А.І. (2024). Дослідження впливу комплексної прескриптивної системи та цифрових стратегій на ефективність системи технічного обслуговування вантажних суден. *Водний транспорт*, 1(39), 112-123. <https://doi.org/10.33298/2226-8553.2024.1.39.11>
2. Головань, А. (2023). Формування оптимальних параметрів системи технічного обслуговування вантажних суден за рахунок цифрових стратегій. *Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки*, (47), 297–305. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.47.2023.300116>
3. Anderl, R. "Industrie 4.0 – Advanced Engineering of Smart Products and Smart Production," IFAC PapersOnLine, vol. 48, no. 3, pp. 581-588, 2015.
4. Lee, J., Lapira, E., Bagheri, B., & Kao, H.-A. "Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment," *Manufacturing Letters*, vol. 1, pp. 38-41, 2013.
5. Kusiak, A. "Smart manufacturing," *International Journal of Production Research*, vol. 56, no. 1-2, pp. 508-517, 2018.
6. Xu, L. D., He, W., & Li, S. "Internet of Things in Industries: A Survey," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2233-2243, 2014.
7. Heng, A., Zhang, S., Tan, A. C., & Mathew, J. "Rotating machinery prognostics: State of the art, challenges and opportunities," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 23, no. 3, pp. 724-739, 2009.
8. Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. "A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 20, no. 7, pp. 1483-1510, 2006.
9. Macchi, M., Roda, I., & Fumagalli, L. "Maintenance Management of Railway Infrastructures Based on Predictive Analytics: A Case Study," *Proceedings of the 2018 IEEE 14th International Conference on Automation Science and Engineering (CASE)*, pp. 1-6, 2018.
10. Grall, A., Bérenguer, C., & Dieulle, L. "A condition-based maintenance policy for stochastically deteriorating systems," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 76, no. 2, pp. 167-180, 2002.
11. Zio, E. "Reliability engineering: Old problems and new challenges," *Reliability Engineering & System Safety*, vol. 94, no. 2, pp. 125-141, 2009.
12. Головань А.І. (2023). Перспективні напрямки та інноваційні підходи управління системою технічного обслуговування вантажних суден. *Розвиток транспорту*, 2(17), 42-55. <https://doi.org/10.33082/td.2023.2-17.04>

УДК: 681.518.5

МОНІТОРИНГ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Погорлецький Д.С., доцент, канд. техн. наук,
Херсонська державна морська академія, м.Херсон, Україна,

Кальченко В.В., проф., д-р техн. наук,
Національний університет "Чернігівська політехніка", м.Чернігів, Україна,

Грицук І.В., проф., д-р техн. наук,
Херсонська державна морська академія, м.Херсон, Україна,

Худяков І.В., доц., к.т.н.,
Херсонська державна морська академія, м.Херсон, України

У роботі розглянуто систему моніторингу теплової підготовки двигуна транспортного засобу (ТЗ) обладаного газобалонною системою живлення в умовах експлуатації. Розглянуто системи теплової підготовки (СТП), які можливо використати на двигунах ТЗ, які працюють на зрідженому газовому паливі, для забезпечення їхньої працездатності в умовах низьких температур навколишнього середовища.

Використовувані методи віддаленого моніторингу, які дозволяють отримати значення технічного стану ТЗ та температурні параметри роботи системи охолодження ТЗ в циклах його роботи. Система моніторингу параметрів технічного стану (СМПТС) дослідного ТЗ має: штатні датчики двигуна і ТЗ, датчики системи подачі газового палива, електронний блок управління (ЕБУ) двигуна та ЕБУ системи подачі газового палива, лінії системи стандарту OBD -II адаптер (сканер) OBD-II [1,2,3]. З допомогою ліній системи стандарту OBD-II та OBD-роз'єма, інформація про параметри технічного стану ТЗ надходить на встановлений адаптер OBD-сканеру. В результаті інформаційної взаємодії зі з'єднаним пристроєм, з допомогою Bluetooth, Wi-Fi, USB, з сервером СМПТС до мереж отримання та передачі інформації рівня інфраструктури транспорту передається отримана від ТЗ інформація. При необхідності додаткового отримання інформації про параметри технічного стану від транспортного двигуна, транспортного засобу, системи подачі зрідженого палива, можливе встановлення додаткових датчиків температури, які приєднуються до контролера сканера - комунікатора (трекера) [4]. У системі моніторингу використовують трекер компанії "Відеокомпроект" - це компактний GPS/GSM термінал, призначений для визначення координат ТЗ та їх передачі по мережі GSM. GPS термінал дозволяє швидко визначати розташування віддалених рухомих об'єктів (вантажних, легкових автомобілів і т.д.), загальний вигляд трекера та датчиків температури зображено на (рис.1).

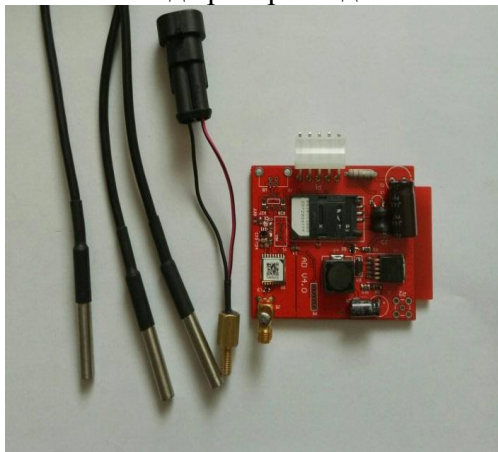


Рисунок 1 – Загальний вигляд елементів трекера

У разі втрати зв'язку трекер зберігає до 32000 записів, і як тільки з'єднання буде відновлено, термінал GSM передасть накопичені дані по GPRS. Таким чином, буде збережено інформацію (координати, дані датчиків і т.д.), трекер може виконувати завдання на віддалених об'єктах, наприклад, моніторинг стану двигуна та ТЗ в цілому. Датчик температури використовується Arduino DS18B20, один із найпоширеніших видів датчиків. Цифровий датчик DS18B20 використовується у водонепроникному корпусі для вимірювання температури води або інших рідин. DS18B20 - це цілий мікроконтролер, який може зберігати значення вимірювань, сигналізувати про вихід температури за встановлені межі (самі межі ми можемо встановлювати та змінювати), змінювати точність вимірювань, спосіб взаємодії з контролером та багато іншого. Мікросхема має три виходи, з яких для даних використовується лише один, два інші – це земля і живлення. До одного дроту даних можна підключити відразу кілька датчиків DS18B20 і в платі Arduino буде задіяно лише один пін. Можна вибрати один із трьох - 8-Pin SO (150 mils), 8-Pin μ SOP, та 3-Pin TO-92. Останній є найбільш поширеним і виготовляється у спеціальному вологезахищеному корпусі, так що його сміливо можна використовувати під водою та будь-якою рідиною, кожен датчик має 3 контакти, датчик показано на (рис. 2). Транзитний сервер СМІПТС, розташований на борту ТЗ для виконання функцій повинен включати складові елементи, що знаходяться між собою в постійній взаємодії [1,4]: центральний програмований процесор (мікроконтролер) дисплей, монітор або пристрій відображення інформації; введення-виведення інформації управління СМІПТС; запам'ятовуючий пристрій як оперативний, так і постійний або зовнішній.



Рисунок 2 – Загальний вигляд датчика температури DS18B20

В якості дослідного ТЗ було обрано автомобіль KIA Magentis 2.0 5мкпп з двигуном G4GC, обладнаного газобалонним обладнанням 4-покоління (газовий редуктор Tomasetto AT-09 Alaska, форсунки Napa, блок управління STAG). Бортовий транзитний сервер СМІПТС може використовуватись смартфон або планшет, після встановлення на них необхідного програмного забезпечення (рис. 3). Функціональні можливості транзитного сервера СМІПТС, в взаємодії з адаптером OBD-II, у процесі проведення досліджень включає: реєстрацію параметрів технічного стану ТЗ; обробку отриманих параметрів технічного стану ТЗ, від датчиків, з'єднаними K, L або CAN лініями зв'язку, при забезпеченні адаптації для отримання різних інформаційних протоколів роботи з різними інтерфейсами програмних комплексів; ідентифікацію ТЗ в умовах експлуатації; отримання, обробку та передачу даних з одночасною взаємодією з функціями ТЗ; забезпечення експлуатації ТЗ з визначенням геозон за основними параметрами експлуатації і положення ТЗ [6]. Рівень інфраструктури транспорту складається з двох складових - мережі одержання і передачі інформації, засобів інфраструктури транспорту для забезпечення моніторингу параметрів технічного стану і положення ТЗ та учасників процесів експлуатації транспорту. До мереж отримання та передачі в дослідженні відноситься GPS, A-GPS, GSM, GPRS, Internet.



Рисунок 3 – Загальний вигляд елементів бортової системи моніторингу параметрів технічного стану (СМПТС) та положення ТЗ, обладнаного системою впорскування газового палива в умовах експлуатації засобами ITS: розташованого в автомобілі KIA Magentis 2.0 5МКПП та бортовий діагностичний сканер - адаптер Scanmaster ELM

До засобів інфраструктури транспорту для забезпечення моніторингу параметрів технічного стану та положення ТЗ і учасників процесів експлуатації транспорту відносимо об'єднані системною взаємодією складові моніторингу, що забезпечують інформацією про: ТЗ з водієм та СМПТС, умови експлуатації ТЗ від елементів транспортної інфраструктури, а також від учасників процесів експлуатації транспорту [7]. Результати, отримані в процесі моніторингу параметрів температури системи охолодження та технічного стану ТЗ за допомогою рівня інфраструктури транспорту передаються на рівень дослідження, та обробленої інформації про стан та положення об'єкта, виконуючи дистанційне дослідження роботи ТЗ, обладнаного системою впорскування газового палива в умовах експлуатації засобами моніторингу. Обмін інформацією здійснюється через мережі отримання та передачі даних, а саме GPS, A-GPS, SBAS, GPRS, Internet чи локальну мережу. До СМПТС вносяться вихідні дані, у тому числі параметри ТЗ і транспортного двигуна [8]. Фрагмент результатів проведених вимірювань у вигляді карти руху ТЗ та графіків зміни параметрів технічного стану ТЗ у часі показано на (рис. 4).

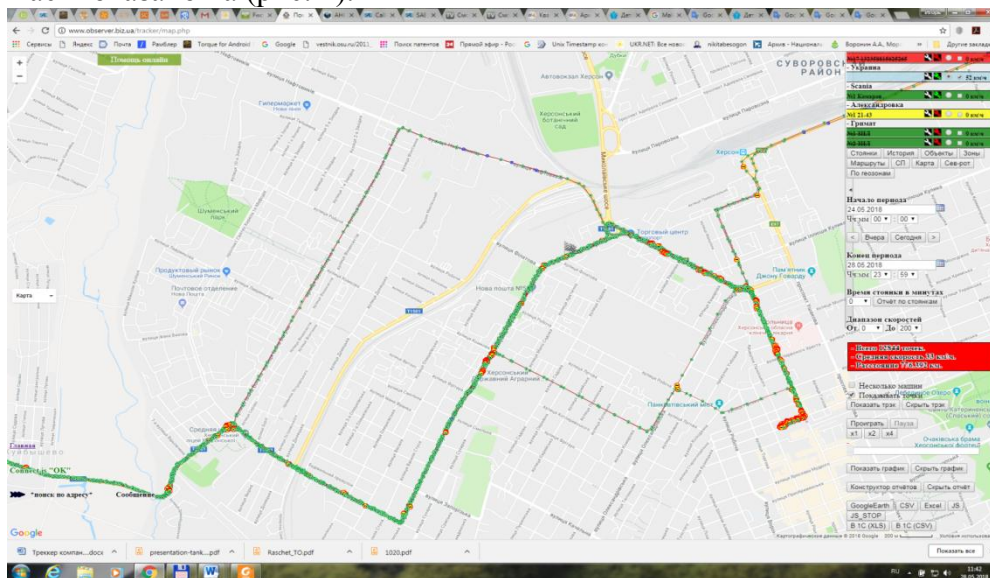


Рисунок 4 – Фрагмент звіту про результати проведених вимірювань теплової підготовки ТЗ, обладнаного системою впорскування газового палива у вигляді карти руху ТЗ

У процесі дослідження фіксувалися параметри технічного стану двигуна ТЗ та його положення, а саме температура охолоджувальної рідини, частота обертання, температура повітря на впуску, температура каталізатора тощо, усього 32 параметри технічного стану. Вимірювання параметрів технічного стану проводилося на ТЗ для забезпечення передпускового та післяпускового прогрівання в умовах експлуатації після зміни системи живлення з розподіленим впорскуванням бензину на газове паливо. Моніторинг параметрів

температури системи охолодження та технічного стану проводилася за допомогою розробленого вимірювального комплексу.

Список використаних джерел

1. Датчик температури Arduino DS18B20. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://arduino-master.ru/datchiki-arduino/arduino-ds18b20/>. – 17.11.2024.
2. Особливості вимірювального комплексу для дослідження роботи газомоторного транспортного засобу із системою теплової підготовки в умовах експлуатації / В.П. Волков, Т.В. Волкова, І.В. Грицук, Є.С. Аппазов, Д.С. Погорлецький, М.В. Володарець, В.Є. Саравас // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. - 2018. - № 13. - С. 121-131.
3. Особливості інформаційної системи моніторингу та прогнозування параметрів технічного стану двигуна та транспортного засобу в умовах ITS / В.П. Волков, І.В. Грицук, Ю.В. Грицук, Ю.В. Волков // Сучасні технології у машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – №2(6). - С.43-49.
4. Інформаційна система моніторингу стану транспортних засобів в умовах ITS: загальний підхід до формування морфологічної матриці / І.В. Грицук, М.В. Володарець, І.В. Худяков, Д.С. Погорлецький // Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України: Серія "Транспортні системи та технології". - Вип. 32. – Т. 2. – К.: ДУІТ, 2018.
5. "Відеокомпроект". Охоронні системи відеоспостереження та супутникової навігації. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://observer.biz.ua/>. – 17.10.2024.
6. Організація баз даних: практичний курс: Навч. посіб. для студ. / О. Ю. Берко, О. М. Верес; Нац. ун-т "Львів. Політехніка". – Л., 2003. – 149 с.
7. Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 300 с.
8. Організація технічної експлуатації автомобілів в умовах формування інтелектуальних транспортних систем / В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов, О.Б. Комов, І.В. Грицук // Вісник НТУ "ХПІ". Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2013. – №64 (970). – С. 36–42.

УДК 629.3: 621.436.12

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДВЗ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ

**Тарасенко В.М., ст. гр. ТС23М-2,
Бевз О.В., доц., канд. техн. наук.**

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

В останні десятиліття ведеться активна робота у напрямку зниження токсичності відпрацьованих газів (ВГ) транспортних засобів з метою зниження забруднення навколишнього середовища. У зв'язку з цим проводяться дослідження, присвячені вивченню механізму впливу транспортних засобів на навколишнє середовище [1].

Дослідження, спрямовані на зниження токсичності та підвищення експлуатаційної економічності транспортних двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ), важливі для вирішення проблеми захисту навколишнього середовища від забруднення. Розробка нових надійних систем нейтралізації шкідливих складових ВГ, а також підвищення повноти згорання палива в двигунах, особливо на режимах, що не встановилися, залишаються найбільш пріоритетними напрямками досліджень.

Відомо, що одним з основних методів знешкодження ВГ ДВЗ транспортних засобів є їхня каталітична нейтралізація, що здійснюється шляхом пропускання ВГ через каталітичний нейтралізатор (КН). В даний час в більшій частині застосовуються окислювально-відновні КН, що забезпечують нейтралізацію одночасно за трьома компонентами - CO, C_nH_m, NO_x [2].

На сучасному етапі розвитку автотранспортної галузі практично відсутні методики розрахунку екологічних показників транспортного засобу, що враховують конструктивні, регульовальні, експлуатаційні та інші параметри. У багатьох наявних дослідженнях розглядається покращення одного екологічного параметра або показника, наприклад, зниження концентрації оксиду вуглецю в ВГ або оксидів азоту. При цьому не враховується те, що їх вміст в ВГ взаємопов'язаний, домагаючись зниження одного компонента, збільшують другий і навпаки [2].

Під час проведення дослідження запропоновано новий узагальнений науково обґрунтований багатофакторний підхід вирішення зазначених проблем стосовно умов використання багатокомпонентних палив у ДВЗ, що забезпечує комплексне зниження негативного впливу транспортних засобів на навколишнє середовище. Сформульовано рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки та ефективності роботи двигунів на основних режимах роботи.

Було розроблено теоретичні основи підготовки, формування та застосування багатокомпонентного палива для ДВЗ стосовно умов експлуатації, що включає розрахунок складу ВГ при використанні в ДВЗ багатокомпонентного палива, науково-технічну концепцію підготовки та застосування багатокомпонентного палива [3]. Експериментально обґрунтовано концептуальні положення методології підвищення екологічної безпеки ДВЗ на стендах та в експлуатації, з розробкою методик дослідження, підбором необхідного обладнання, аналізом експериментального матеріалу з виявленням перспективних напрямів результатів дослідження.

Для встановлення відповідності механізмів утворення і вигорання сажі і утворення окису азоту в розрахунковій моделі, в експериментальних напрямках були проведені спеціальні експерименти. Були досліджені зміна поточної оптичної температури по куту повороту колінчастого вала і випромінююча здатність продуктів згорання [4, 5].

Дані цих експериментальних досліджень безпосередньо пов'язані з утворенням сажі та оксидів азоту. Утворення оксидів азоту, при відсутності сполук азоту в паливі, носить термічний характер і напряму пов'язано з максимальною температурою циклу.

Ми бачимо помітний збіг характеру зміни температури в циліндрі і концентрації NO_x по куту повороту колінчастого валу дизеля Д-65 при використанні альтернативних багатоконпонентних спиртодизельних палив (рисунок 1 і 2).

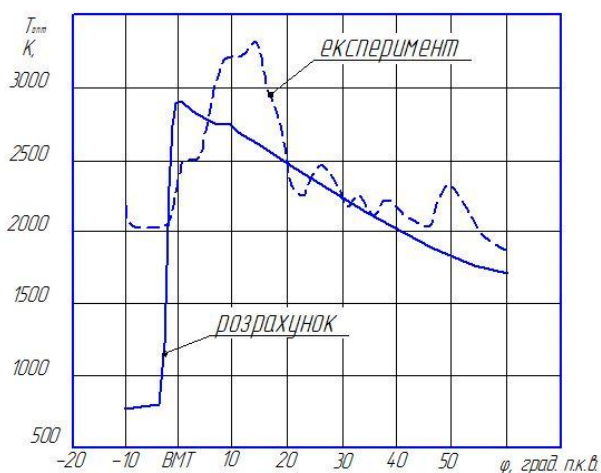


Рисунок 1 – Оптична температура палива Д78А при $P_1=0,74$ МПа; $n=1750\text{хв}^{-1}$; дизель Д-65.

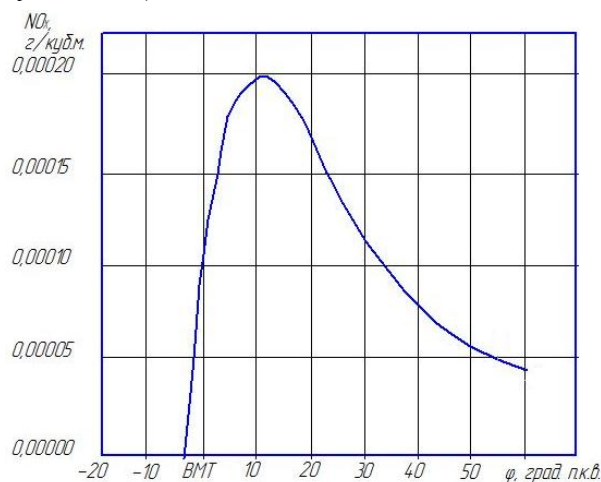


Рисунок 2 – Концентрація оксидів азоту (розрахунок) для палива Д78А при $P_1=0,74$ МПа; $n=1750\text{хв}^{-1}$; дизель Д-65.

На рисунку 1 порівняні результати оптичного зондування циліндра і розрахункових даних по куту повороту колінчастого валу дизеля Д-65 для багатоконпонентних спиртодизельних палив. На даному графіку можна побачити, що експериментальні і розрахункові дані мають гарну збіжність (похибка становить 10-15 %) і повторюваністю. Це дозволяє зробити висновок про правильність обраних розрахункових методик.

В результаті досліджень зроблено висновки:

1. Елементний склад багатоконпонентного палива відрізняється зниженням частки вуглецю і значною кількістю кисню, частка водню зберігається майже незмінною. Підвищена прихована теплота випаровування, разом із зниженим цетановим числом збільшує період затримки займання для цього необхідно змінити регулювання паливної апаратури. При цьому проявляється незначне, на 1-2 % відхилення індикаторного ККД.

2. Вміст сажі в ВГ знижується і становить 0,13-0,20 г/м^3 для номінального режиму. Найбільше зменшення досягається при використанні палива Д78А - 0,2 г/м^3 що в 3,5 рази менше, ніж при роботі на дизпаливі.

3. Багатоконпонентний склад палива забезпечує зниження вмісту сажі в ВГ залежно від кількості спирту, що подається в середньому в 2,5 рази, рівень викидів СН зменшується на 28 % ніж при використанні дизпалива, відзначається незначне на 5-8 %, збільшення викидів NO_x .

Список використаних джерел

1. Моніторинг довкілля: Підручник за ред. В. М. Боголюбова, Т. А.Сафранова: Херсон. 2011. – 530 с.
2. Матейчик В.П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів. Монографія: Національний транспортний університет. К. : 2006. – 216 с.
3. Галушак Д.О. Вплив сумішевого складу палива на екологічні показники дизельного двигуна / Д.О. Галушак // Збірник тез доповідей науковопрактичної конференції "Новітні шляхи створення, технічної експлуатації, ремонту і сервісу автомобілів": 8-11 вересня 2015р. – Одеса: Військова академія, 2015. – С. 46-49.
4. Шльончак А.І. Покращення економічних та екологічних показників транспортних засобів з дизелем шляхом використання сумішевих палив: 105 автореф. дис. канд. техн. наук : 05.22.20 / І. А. Шльончак: Нац. трансп. ун-т. – К., 2013. – 20 с.
5. Галушак О.О. Рекомендації щодо використання регулювання відсоткового складу суміші палив для дизеля / О.О. Галушак, В.Б. Рябошапка В.П. Комаха //Всеукраїнський науково-виробничий журнал "Техніка, енергетика, транспорт АПК", ВНАУ. 2018 - №2 – С.67-72.

УДК 631.3

ВИБІР ПРИСАДНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ

Василенко І., доц., канд.техн.наук,

Ковальов Б., ст. група ТС23М1,

Зяблов О., ст. група АТ23МЗ,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

В умовах війни та енергетичної кризи одним з найпростіших і найефективніших методів нанесення покриттів на деталі для підвищення їх довговічності є газополум'яне напилення (ГПН) [1].

Для одержання зносостійких покриттів важливе значення має правильний вибір присадних матеріалів.

При виборі матеріалу матриці доцільно віддати перевагу порошкам на залізній основі, оскільки їхня вартість є значно нижчою порівняно з порошковими матеріалами, виготовленими на основі нікелю чи кобальту [2].

Після визначення матеріалу для матриці композиційного покриття (КП) наступним ключовим етапом є вибір наповнювача. В умовах абразивного зношування до матеріалів зміцнювальної фази зносостійких КП висуваються такі основні вимоги: твердість частинок наповнювача має перевищувати твердість абразивних частинок; забезпечення високої когезійної міцності зв'язку між наповнювачем і матрицею КП.

Зносостійкі наповнювачі можуть включати різноманітні керамічні матеріали, такі як карбіди, бори́ди, оксиди та нітриди. Кожна з цих груп має свої особливості: вони характеризуються високою твердістю, але при цьому нітриди є рідкісними, а бори́ди вирізняються крихкістю та меншою міцністю у порівнянні з карбідами. Серед цих матеріалів найбільш перспективними за поєднанням властивостей і доступності залишаються карбіди та оксиди (табл. 1 [3]).

Таблиця 1 – Деякі характеристики взаємодії наповнювача з залізною матрицею

Матеріал наповнювача	Характеристики по відношенню до заліза			
	Температура, °C	Кут змочування, град	Робота адгезії $W_a \cdot 10^2$, МДж/м ²	Гранична розчинність, % (мол.)
Карбіди				
Cr ₃ C ₂	1490	0	38,0	11,9
TiC	1550	40	31,4	1,1
WC	1490	0	-	4,1
Оксиди				
Al ₂ O ₃	1550	141	4,05	не взаємодіє
Cr ₂ O ₃	1550	75	-	- " -
TiO ₂	1550	72	23,7	- " -

При виборі матеріалу наповнювача для композиційних покриттів (КП) критично важливо враховувати його сумісність із матрицею. Основним методом оцінки сумісності є експеримент, однак початкові висновки можна зробити на основі довідкових даних про

взаємодію компонентів. У випадку рідкофазних технологій, таких як газополум'яне наплавлення (ГПН), ключовими процесами є розчинення та змочування керамічних наповнювачів рідким металом матриці (табл. 3.1).

Карбіди хрому та вольфраму демонструють високу змочуваність розплавом заліза, що є важливим фактором для процесів наплавлення. Оксиди, такі як Al_2O_3 , TiO_2 та Cr_2O_3 , мають значно нижчу змочуваність, що ускладнює їх використання як наповнювачів у композитних матеріалах.

Як наповнювач композиційного матеріалу покриттів при ГПН доцільно використати карбід хрому (Cr_3C_2) завдяки його доступності, нижчій вартості, високій зносостійкості та стійкості до окислення порівняно з іншими карбідами..

Для зменшення розчинення карбідів у матриці під час наплавлення застосовується метод плакування керамічних частинок нікелем, що дозволяє створити композиційні порошки (Cr_3C_2-Ni). Вміст нікелю в композиційній частинці – 20 мас. % – Для ефективного застосування в ГПН використовували композиційні порошки марки КХНП-20, розмір частинок яких не перевищував 100 мкм. Це відповідає рекомендаціям щодо дисперсності, що забезпечує ефективне розпилення та утворення якісного покриття. порошки марки КХНП-20, розмір частинок яких не перевищував 100 мкм).

Таким чином, для формування композиційного покриття газополум'яним напиленням доцільно застосовувати суміш залізного порошку та композиційного плакованого порошку марки КХНП-20, розмір частинок якого не перевищує 100 мкм.

Список використаних джерел

1. Василенко І., Шепеленко І., Красота М., Колісник С. Дослідження зносостійкості покриттів для деталей сільськогосподарської техніки, нанесених газополум'яним наплавленням. *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції "Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки"*. Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С238-239.
2. Василенко І.Ф. Вибір матеріалів порошкових дротів для нанесення композиційних покриттів. *Збірник наукових праць КНТУ "Техніка в с/г виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація"*. Кіровоград: КНТУ. 2015. Вип. 28. С. 154-159.
3. Черновол М.І., Сало В.М., Мачок Ю.В. та ін. Забезпечення довговічності робочих органів загортаючих систем посівних машин / М.І. Черновол, В.М. Сало, Ю.В. Мачок, П.Г. Лузан, С.В. Мартиненко. Кіровоград: СПД ФО Лисенко В.Ф., 2012. 148 с.

UDC: 656.07:005.334

DEFINITION OF APPROACHES TO IDENTIFYING RISKS IN NON-URGENT CARGO TRANSPORTATION

Kulova D.O., Dr. Philosophy,
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Ensuring the safety of cargo during transportation is a critically important task in transport logistics. This task includes the identification of potential risks that may arise during the performance of logistics operations: from loading and transportation to reloading, unloading and storage. Effective risk management allows you to minimize the consequences associated with damage, spoilage, shortage or loss of cargo, as well as ensure timely delivery and preservation of its quality.

Identification of risks of unsafe transportation depends on many factors, among which the key ones are the main stages of cargo transportation and individual operations: cargo operations (loading and unloading), the transportation process itself, temporary storage of cargo, delivery to the final recipient [1]. Table 1 shows the main processes and operations of cargo transportation, as well as the key risks associated with each of these stages.

Table 1 - Main processes and operations of cargo transportation and characteristic risks affecting their safety.

Process, operation	Risk description
Loading and unloading operations	Mechanical damage due to improper handling of cargo; organizational risks such as errors in labeling or documentation.
Transportation process	Physical impacts (vibrations, shocks, weather conditions); theft, loss of cargo due to routing errors, improper packaging, improper fastening causing damage to the packaging or loss of products, selection of an inappropriate vehicle, as well as accidents during transportation.
Temporary storage	Damage to cargo due to non-compliance with storage conditions; contamination with biological agents; theft, damage to cargo.
Delivery to the final recipient	Mishandling of cargo; delays due to transportation issues; damage to cargo during the last mile of delivery.

It is important to note that the nature and intensity of risks largely depend on the type of cargo and its inherent physicochemical properties and characteristics [2].

Therefore, the identification of risks for cargo from the point of view of their safety should take into account not only general logistical risks, but also the specific features of each type of cargo, as well as the conditions and environment in which transportation is carried out, including:

- physicochemical characteristics of the cargo – fragility, toxicity, explosiveness, sensitivity to temperature fluctuations, moisture or ultraviolet radiation.
- type and quality of packaging – compliance with standards, ability to withstand mechanical loads and protect the cargo from the effects of external factors.
- choice of vehicle – ensuring the necessary transportation conditions, such as temperature regime, ventilation or cargo fastening.
- transportation route – taking into account the complexity of the route, road conditions, possible delays due to customs procedures or weather conditions.

– personnel qualifications – the level of training of specialists responsible for loading, transportation, storage and delivery of goods.

Successful risk identification requires the use of a comprehensive approach that includes:

1. Analysis of cargo characteristics and transportation conditions.
2. Identification of potential risks at each stage of transportation.
3. Assessment of the probability of realization of these risks and their possible consequences.

The above conditions are determined at the risk management stage - environment formation [3]. The risk identification process can be carried out by analyzing statistical data on unsafe transportation, and in the absence of the required amount of input data, experts can be involved using qualitative risk assessment methods, such as the Delphi, Fine and Kinney method or "brainstorming".

To further improve the effectiveness of risk management, it is important to develop practical measures to minimize them. The implementation of a comprehensive approach to risk management allows for the integration of preventive actions at each stage of cargo transportation, taking into account its specific features and transportation conditions. One of such measures is the use of monitoring technologies, which provides constant control over the condition of the cargo and its transportation conditions. The use of modern technologies, such as GPS tracking and IoT sensors, allows you to track the location of the cargo, control temperature, humidity and other parameters that are critical for its safety.

Another important measure is continuous training of personnel, which is aimed at improving the skills of employees responsible for performing logistics operations. Conducting regular training, unquestioning compliance with standards and rules, correct and competent response to force majeure situations allows you to minimize the likelihood of human errors and reduce the level of risks.

Also, an important element of risk management is the use of insurance instruments. Taking out cargo insurance as an integral part of the logistics process allows you to not only minimize the financial consequences in the event of damage or loss of cargo, but also provide additional confidence in the safety of transportation for all participants in the logistics chain.

List of sources used

1. Тарельник Н.В. Класифікація ризиків під час вантажних перевезень автомобільним транспортом. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2021. № 4. С. 92-98.
2. Габрієлова Т. Ю., Гринів Н. Т., Медведєв Є. П., Литвиненко С. Л. Вантажознавство: навч. посіб. / Т. Ю. Габрієлова, Н. Т. Гринів, Є. П. Медведєв, С. Л. Литвиненко. – К.: Кондор, 2020. – 360 с.
3. ДСТУ ІЕС/ISO 31010:2013. Керування ризиком. Методи загального оцінювання ризику. (ІЕС/ISO 31010:2009, IDT), Мінекономрозвитку України. Київ, 2015. 73 с.

УДК: 629.113

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМКІВ ЗНИЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Денисенко Я.О., *ст. гр. АТ 23М,*
Красота М.В., *доц., канд. техн. наук,*
Шепеленко І.В., *проф., докт. техн. наук,*
Осін Р.А., *доц., канд. техн. наук,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

Автомобільні транспортні засоби є основним джерелом забруднення атмосферного повітря. У відпрацьованих газах двигунів автомобільних засобів та машин міститься велика кількість шкідливих речовин, які негативно впливають на довкілля та здоров'я населення, а також призводять до порушення екологічної безпеки [1].

Відпрацьовані гази двигунів переважно містять оксид вуглецю, вуглеводні, оксиди азоту, альдегіди, сажу, бенз(а)пірен і двоокис сірки. [2].

Зниження токсичності двигунів відбувається за такими напрямками:

- вдосконалення конструкції двигунів внутрішнього згорання;
- створення пристроїв, що призводять до зниження кількості шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигунів;
- розробка нового діагностичного та ремонтного обладнання, що використовується на автотранспортних та авторемонтних підприємствах;
- використовування як паливо зрідженого газу, водню;
- підвищення якості дизельного палива

Одним з важливих напрямів удосконалення конструкції двигунів внутрішнього згорання є застосування безпосереднього впорскування палива в камеру згорання двигуна внутрішнього згорання, вдосконалення паливної апаратури дизелів, застосування електронного керування системою упорскування палива та турбонаддуву. Все це забезпечує зниження кількості шкідливих речовин у відпрацьованих газах, дозволяє досягти рівномірного розподілу робочої суміші і забезпечує її оптимальний склад для роботи двигуна на всіх режимах.

Сприяє зменшенню викиду шкідливих речовин у відпрацьованих газах застосування сучасних пристроїв рециркуляції газів, що відпрацьовали, коректорів зі зміни циклової подачі палива в залежності від режиму роботи дизеля і подачі надувного повітря в циліндри двигуна внутрішнього згорання.

Для зменшення викиду шкідливих речовин у дизелях застосовуються окисні нейтралізатори, які розміщуються у випускному тракті двигунів внутрішнього згорання.

Нейтралізатори (каталітичний, термічний, механічний, водяний) призводять до допалювання відпрацьованих газів шляхом хімічної реакції у присутності каталізаторів. Кожен їх виконує свої функції залежно від принципу роботи.

Допалювання шкідливих речовин відбувається за участю каталізаторів у спеціальних камерах-допалювачах.

Застосування каталітичних нейтралізаторів дозволяє зменшити кількість вмісту продуктів неповного згорання за рахунок їх доокислення завдяки присутності у відпрацьованих газах дизеля вільного кисню.

Для зниження вмісту у відпрацьованих газах сажі застосовують різні фізичні методи (поверхневі, барботажні, розпилювальні, насадкові), а також електрофільтри.

Порівняно з бензиновими у дизельних двигунах внутрішнього згорання вміст оксиду вуглецю та вуглеводнів значно нижчий, так само, як і оксидів азоту, але для них характерна підвищена кількість сажі [2].

В даний час всі дослідження йдуть у напрям застосування перспективних двигунів, що працюють на альтернативних видах палива (природний газ, водень та ін), а також електромобілів, які є найбільш екологічно чистим транспортним засобом, кількість яких у світі вже обчислюється кількома десятками тисяч і буде постійно зростати.

Двигуни, що застосовують як паливо природний газ, широко використовуються на різних транспортних засобах. та кількість шкідливих речовин у навколишнє середовище у 3-4 рази менша порівняно з роботою на бензині, це, безперечно, є величезною перевагою особливо для великих міст.

При роботі двигуна на зрідженому газі кількість шкідливих речовин зменшуються значно в порівнянні з бензиновим паливом [1, 2].

Застосування зрідженого газового палива на автомобільних двигунах є одним із перспективних напрямків для зменшення виділення шкідливих речовин в атмосферу та оздоровлення навколишнього середовища.

Є великі перспективи застосування водневого палива у перспективних двигунах, що призведе до значного зменшення виділення шкідливих речовин у довкілля. При згорянні водню відсутні в газах, що відпрацювали, оксид вуглецю, вуглеводні, оксиди свинцю, залишаються тільки оксиди азоту у вихлопі, але значно менше, ніж при роботі на бензині.

При застосуванні водню як добавка до бензину різко скорочується кількість шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигуна, завдяки більш повному згорянню. В результаті значно зменшується витрата палива і знижується токсичність газів, що відпрацювали.

Для підвищення якості дизельного палива до його складу додають активні речовини, антидетонатори, антиоксиданти, присадки для поліпшення властивостей палива при низьких температурах навколишнього повітря.

Таким чином, завдяки покращенню якості дизельного палива викиди шкідливих речовин зменшуються, забезпечуючи високу потужність та економічність [1].

З цього випливають такі основні вимоги щодо екологічної безпеки автомобільної техніки:

- зниження шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигунів автотransпортних засобів;
- заборона виробництва зразків автотransпортних засобів, які не задовольняють певним рівням екологічної безпеки;
- зниження шуму під час експлуатації;
- зниження кількості катастроф та забезпечення життєдіяльності людей [1, 2].

Для дотримання цих вимог, встановлені міжнародні та національні законодавства [3, 4], які необхідно дотримуватись та проводити щодо зниження викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах двигунів автотransпортних засобів.

Список використаних джерел

1. Екологія автомобільного транспорту: Навч. посіб. / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун та ін. -К.: Основа, 2002.-312 с.
2. Анісімов В. Ф., Пришляк В. М., П'ясецький А. А., Бурлака С. А. Експериментальне дослідження відпрацьованих газів дизельних двигунів. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Сер. Технічні науки. 2013. Вип. 12. С. 56–66. URL: <http://www.irbis-pnbuv.gov.ua/>.
3. Транспортна екологія: навчальний посібник / [Запорожець О. І., Бойченко С. В., Матвєєва О. Л., Шаманський С. Й. та інші] . – Київ: 2017. – С. 360
4. З. Говорун А. Г., Скорченко В. Ф., Худолій М. М. Транспорт і навколишнє середовище. – К.: Урожай, 1992. 144 ст.

UDC 656.076:631.37

IMPROVING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT LOGISTICS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Zaitsev A.M., *postgraduate,*

Bebik V.B., *st. gr. TT-22,*

Aulin V.V., *Prof., Doctor of Technical Sciences,*

Lysenko S.V., *Assoc. Prof., Candidate of Technical Sciences,*

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Solving partial tasks of transport logistics allowed us to make some generalizations regarding the feasibility of using the laws of logistics to increase the efficiency of agro-industrial production (AIP) in general in the following areas:

- development of patterns of movement of material flows and services from the producer to the consumer in the process of agricultural production;
- development of close integration of production technologies with logistics processes: ensuring the introduction of material resources into the production cycle at a certain time, place, in a given quantity and quality;
- research of logistics service processes in agriculture;
- use of established deterministic relationships in the technological and logistical system of an agricultural enterprise (SAE) with an assessment of the efficiency of the use of material and technical resources by the material flow conversion coefficient, and the economic efficiency of the adopted technological and logistical system – by the dependence of production profitability on the costs of production, including costs in the logistics system;
- optimization of material flow management (MM) to reduce inventories along the way and reduce the time for goods to pass through the logistics center (LC);
- unification of disparate MMs into a single end-to-end MM; allocation of a single function for managing the end-to-end MM; technical, economic and informational integration of individual MM links into a single system (at the macro level - different enterprises, at the micro level - different services of the enterprise).

The allocation of MM as a management object and the associated abstraction from a number of factors leads to some simplification of processes and a significant reduction in the dimensionality of modeling tasks, which makes it possible to solve the problem of end-to-end monitoring of cargo movement, starting from the primary source of raw materials through all intermediate processes up to delivery to the end consumer.

An assessment of current trends in the development of agricultural business entities indicates that the role of transport services in the functioning of agricultural producers is growing in direct proportion to the growth of production concentration and its scale, as well as the level of territorial dispersion. The recent process of development of agro-industrial integration and the formation of integrated holding-type structures has objectively revived interest in the formation of a rational transport support system, issues and solutions to the problem of minimizing the cost of transporting agricultural goods.

It was determined that the main functions of the transport support system of economic entities include: delivery of resources to ensure the continuity of the production process from the places of their acquisition (production) to the places of storage or consumption; maintenance of production and technological processes; delivery of manufactured products to the places of primary processing, processing and storage; ensuring the safety of consumer qualities of transported goods; ensuring the interaction of individual divisions of the enterprise; minimizing the time and costs of moving goods; transporting employees to the places of performance of their work functions; ensuring the safety of employees during transportation; ensuring the mobility of management employees;

ensuring environmental safety during the movement of goods and others. It was found that the transport support system of economic entities is understood as a set of rolling stock and equipment mounted on it, forms and methods of organizing the formation and use of vehicles, as well as subsystems of legal, regulatory and information support. The core of this system is a fleet of vehicles that ensure the transportation of goods and people and the movement of resources and equipment to the places of their use.

The specifics of the organization of the transport support system for agricultural business entities are determined by the specifics of the use of transport in the agricultural sector, which consists in a wide range of agricultural cargo and their significant heterogeneity in terms of physical characteristics; the impact of the seasonality of the production process and fluctuations in production volumes over the years on the intensity of cargo turnover and the volume of cargo transportation; technological features of the industry, which leads to the repetition of transportation of the same cargo; the need to use highly specialized vehicles to transport a significant part of agricultural products; limited terms of export of manufactured products to places of storage and consumption; difficult road conditions; the need to involve transport in technological processes, etc.

In the context of increasing concentration of capital and production and the development of agro-industrial integration processes, cargo transportation activities can be separated into an independent business process, and the transport support system, due to the separation of individual functions, is transformed by including in its composition units for vehicle repair and maintenance, dispatching service, transport management service based on GIS technologies, logistics service, etc.

Current trends in the change of the transport service system of the agricultural sector are manifested in a steady reduction in the fleet of agricultural producers and an increase in the level of moral and physical obsolescence of vehicles; in the transformation of the structure of vehicles in favor of heavy trucks; in the growth of the cost of freight transportation; in the general decrease in the efficiency of the use of freight vehicles by business entities; in the underdevelopment of the market for the transportation of agricultural goods and the transport logistics system; in the high level of indebtedness of a significant part of enterprises in the agricultural sector, which does not allow for the renewal of the fleet, etc.

The high level of concentration of capital and production in combination with the territorial dispersion of the subjects of agro-industrial integration and their multi-sectoral nature objectively determines the growth of costs associated with the transportation of both manufactured products and resources consumed in the process of AIP, and requires substantiation of a set of measures to rationalize the composition of the vehicle fleet, schemes for using rolling stock of transport enterprises and structural divisions of integrated agro-industrial formations, development of transport and warehouse logistics infrastructure, use of modern information technologies for managing the work of road transport, etc. The main directions of development of the transport service system of integrated agro-industrial formations can be distinguished: development of the material and technical base of economic entities, improvement of the organization of transport support, improvement of the quality of freight transportation planning, improvement of environmental and transport safety.

It is advisable to carry out the rationalization of the processes of formation and use of the fleet of trucks of integrated agro-industrial formations in several stages. At the first stage, the forecast volumes of agricultural production and resource needs by type are determined. At the second stage, a schedule of receipt and export of manufactured products and import and consumption of working capital is developed with the distribution of freight flows between road transport and tractors. At the third stage, optimal transport routes are substantiated and the volumes of freight transportation are determined by cargo and a monthly freight transportation schedule is developed. At the fourth stage, a regulatory framework is formed for planning the operation of the fleet. At the fifth stage, the distribution of freight traffic between different brands of trucks is carried out with the possibility of assessing different options for organizing freight transportation. At the sixth stage, the volume of freight transportation that can be carried out by the transport of structural units of the integrated formation is determined, and the volume of transport services that can be provided by third-party

organizations providing these services is determined. At the seventh stage, the cost of 1 t·km is determined for each brand of car in the context of all structural divisions and the total amount of costs for cargo transportation is calculated, taking into account the services of third-party organizations.

As the main tool for implementing this methodology, an information system is proposed that integrates blocks of initial and regulatory information, modules for implementing optimization tasks, automating planned calculations, analyzing the work of transport divisions and enterprises.

The concept of transport service for the activities of integrated agro-industrial formations provides for a rational combination of automotive equipment of divisions and specialized motor transport enterprises. Since the use of large-tonnage vehicles in carrying out intra-farm transportation and servicing production and technological complexes is not always effective, the minimum required fleet of small-, medium- and large-tonnage vehicles should be in each division of the integrated agro-industrial formation. At the same time, to increase the efficiency of using the divisions' fleet, it is necessary to ensure the maximum possible loading of existing vehicles, taking into account their technical condition and economic feasibility.

List of sources used

1. Аулін В.В., Замота О.М. Економічне обґрунтування ефективності та рентабельності використання транспортних засобів на АТП // Вісник Інженерної академії України. – 2014. – № 1. – С. 160–164.
2. Аулін В.В., Лівіцький О.М., Замота О.М. Методологія вибору та управління ефективністю використання техніки у сільськогосподарському виробництві // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – 2016. – Вип. 29. – С. 2–12.
3. Аулін В.В., Лівіцький О.М., Замота О.М. Вплив надійності сільськогосподарської та транспортної техніки на оптимальний термін її служби // Крамаровські читання: тези доповідей VI міжнар. наук.-практ. конф., 18–19 квітня 2019 р. – Київ: НУБіП України, 2019. – С. 83–86.
4. Аулін В.В., Великодний Д.О. Методи формування системи транспортно-технологічного забезпечення в АПК // Транспорт і логістика: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 17–19 травня 2018 р. – Одеса: ОНПУ, 2018. – С. 15–17.
5. Аулін В.В., Великодний Д.О. Основні фактори планування та оцінка ефективності транспортно-логістичних систем в АПК // Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: матеріали наук.-техн. конф. ХНАДУ, 22–24 березня 2018 р. – Харків: ХНАДУ, 2018. – С. 113–117.
6. Аулін В.В., Великодний Д.О., Дьяченко В.О. Концепція розвитку та формування транспортно-логістичних систем в АПК // Modern Management: Logistics and Education: монографія. – Opole, 2018. – С. 165–169.
7. Аулін В.В., Голуб Д.В., Гриньків А.В. Удосконалення системи транспортного обслуговування підприємств агропромислового виробництва // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: зб. наук. пр. – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – Вип. 47(2). – С. 3–10.
8. Аулін В.В., Голуб Д.В., Замуренко А.С. Оптимізація транспортно-логістичних процесів обслуговування підприємств агропромислового виробництва // Проблеми і перспективи розвитку сільськогосподарської техніки та технологій: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., 10–11 червня 2021 р. – Харків: ХНТУСГ, 2021. – С. 72–74.
9. Аулін В.В., Голуб Д.В., Замуренко А.С. Підвищення ефективності транспортного процесу формуванням інформаційних потоків в системі перевезень вантажів // Системи автоматизованого проєктування та керування: матеріали всеукр. наук.-практ. конф., 10–12 червня 2020 р. – Рівне: НУВГП, 2020. – С. 41–43.
10. Аулін В.В., Великодний Д.О., Голуб Д.В., Дьяченко В.О. Підвищення ефективності управління логістичним ланцюгом постачання в транспортній системі // Крамаровські читання: тези доповідей міжнар. наук.-практ. конф., 18–19 квітня 2019 р. – Київ: НУБіП України, 2019. – С. 195–198.
11. Аулін В.В., Голуб Д.В., Великодний Д.О. Підвищення надійності процесу перевезень в транспортних системах різними способами структурного резервування // Крамаровські читання: тези доповідей міжнар. наук.-практ. конф., 18–19 квітня 2019 р. – Київ: НУБіП України, 2019. – С. 68–71.
12. Аулін В.В., Голуб Д.В., Чернай А.С. та ін. Підвищення ефективності використання транспортних машин у агропромисловому виробництві узгодженням їх експлуатаційних характеристик та умов функціонування // Центральноукраїнський науковий вісник. – 2022. – Вип. 6(37). – С. 45–57.

УДК:633.853.32

АНАЛІЗ ПРИЧИН ЗНОШУВАННЯ ТА РУЙНУВАННЯ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ

Заворотний В.О., *ст. гр. ТС 23М,*
Красота М.В., *доц., канд. техн. наук*
Осін Р.А., *доц., канд. техн. наук*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

Колінчасті вали автомобільних двигунів зазвичай виготовляють з вуглецевих сталей, які, в порівнянні з легованими, менш схильні до виникнення різного роду дефектів і не вимагають складної термічної обробки. Якщо необхідні більш високі механічні властивості, застосовують низьколеговану сталь 40Х з підвищеною в'язкістю. Колінчасті вали, в залежності від ступеня напруженості, виготовляють з сталей 45, 40Х, 30ХМА, 40ХМА.

Поверхневу твердість і зносостійкість шийок валів із сталей 45, 40Х підвищують до 50-55 HRC високочастотним загартуванням. Твердість шийок і втомлену міцність всього вала іноді збільшують азотуванням.

Характерними дефектами колінчастих валів двигунів є знос і задири шийок, деформації, тріщини і поломки [1, 2, 3]. Тріщини і поломки валів виникають як в шийках в області галтелей, так і в щоках. Причиною тріщин і поломок є циклічні напруження, що призводять до виникнення втомлених тріщин. В процесі експлуатації межа витривалості колінчастих валів знижується на 25-30%. Ресурс роботи колінчастого вала залежить від його межі витривалості і зносостійкості робочих поверхонь [2].

Основною причиною відмов колінчастих валів більшості двигунів є знос шийок [3, 4, 5]. Знос має нерівномірний характер як по колу, так і по довжині шийки. В результаті зношування зазори в парі тертя "вкладиш - шийка колінчастого вала" і параметри шорсткості шийок зростають, що призводить до розриву мастильної плівки і задирам робочих поверхонь. Задири шийок в свою чергу призводять до провертання вкладишів, деформації валу і підплавлення антифрикційного шару вкладишів.

Слід зазначити, що швидкість і нерівномірність зношування шийок більша, ніж швидкість і коефіцієнт нерівномірності зношування вкладишів [5].

Передчасне зношування робочих поверхонь колінчастих валів вище граничних значень веде, як правило, не тільки до значних витрат на ремонт або заміни валів, а й до збитків через простій автомобіля в ремонті. Через підвищення швидкості зношування робочих поверхонь колінчасті вали часто експлуатуються шліфованими під останній ремонтний розмір, або вибраковуються через зношування вище граничних значень, при цьому не відпрацювавши до нормативного ресурсу.

В роботі [3] підтверджено відомі положення про можливість розривання мастильної плівки при нестационарних режимах роботи, які спостерігаються в період пуску в роботу підшипникового вузла ковзання, що може привести до явищ задирання і, як наслідок, до катастрофічного руйнування підшипникового вузла колінчастого вала.

Колінчастий вал двигуна внутрішнього згорання працює в умовах дії змінних сил і моментів від тиску газів у циліндрі двигуна, інерційних сил через нерівномірність руху деталей шатунно-поршневої групи й вібрацій від крутильних і згинаючих коливань вала [4].

Під впливом одночасного впливу тиску газів і сил інерції (а також їх моментів) у колінчастому валу виникають циклічно змінні напруження кручення й згину. Напруження кручення можуть досягати дуже великої величини, особливо у випадку співпадиння частоти зміни збуджучої їх сили із частотою власних крутильних коливань вала. Це приводить до утворення в найбільш напружених місцях втомлених тріщин, розвиток яких може викликати поломку вала.

Руйнування колінчастих валів від втоми починається, звичайно, біля вихідного отвору для мащення корінних і шатунних шийок і в галтелях у сполученнях шийок із щоками. Запас втомної міцності для автотракторних валів невеликий і рівний 1,5...3,0 [5]. Тому, втома може виявитися лімітуючим фактором, що визначає службову довговічність вала, його витривалість.

Оцінка надійності колінчастих валів дизелів після ремонту шляхом шліфування під ремонтний розмір показала, що вони мають низький ресурс внаслідок зниження межі витривалості, тому необхідно застосування методів їх зміцнення [5]. Крім того, при використанні технології перешліфування під ремонтний розмір часто знімається загартований або азотований поверхневий шар, що забезпечує необхідну зносостійкість шийки вала.

Таким чином, основною причиною відмов колінчастих валів двигунів є знос і задири шийок. Отже, підвищення довговічності колінчастих валів можливо тільки шляхом збільшення зносо- і задиростійкості шийок технологічними методами. Однак, в літературі недостатньо інформації за видами причин і наслідків відмов колінчастих валів.

Список використаних джерел

1. Форнальчик Є.Ю. Технічна експлуатація та надійність автомобілів / Є.Ю. Форнальчик, М.С. Олісевич, О.Л. Мاستикаш, Р.А. Пельо. – Львів "Афіша", 2004. – 492 с
2. Горященко Д.В. Обґрунтування раціонального технологічного процесу відновлення колінчастих валів автотракторних двигунів. Магістр. робота. – Дніпро: ДДАУ. -2021, 107 с.
3. Аулін В.В., Тихий А.А., Яценко В.Ю., Чумак В.М. Новітні технології відновлення колінчастих валів дизелів транспортної і мобільної сільськогосподарської техніки // Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" з нагоди 117-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 22-23 лют. 2024 р., м. Київ : МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України / Орган. ком. гол. орг. ком. С. М. Ніколаєнко [та ін.]. - К. : Видавничий центр НУБіП України, 2024. - С. 115 – 117.
4. Дьомін, А.Ю. Підвищення ресурсу колінчастих валів транспортних двигунів / Л.А. Тимофєєва, А.Ю. Дьомін // Міжнародний професійний журнал "Локомотивінформ". – 2015. – № 05-06(107-108). – С. 4 – 6. Публікації у виданнях України, які включенні до міжнародних наукометричних баз:
5. Дьомін, А.Ю. Вдосконалення технологій відновлення працездатності колінчастих валів дизелів транспортного призначення / Л.А. Тимофєєва, С.С. Тимофєєв, А.Ю. Дьомін, Є.С. Ягодинський // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2014. – Т. 1, № 1 (67). – С. 60 – 64.

УДК 621.436

ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМОБІЛІВ З ДИЗЕЛЬНИМИ ДВИГУНАМИ

Кондрашов І.В., *маг. гр. АТ23М-1,*

Кулешков Ю.В., *проф. д-р. техн. наук,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна,

Дубовик В.О., *доц., канд. техн. наук,*

Олександрійський політехнічний фаховий коледж, м.Олександрія, Україна

Автомобільний транспорт є одним з основних джерел забруднення атмосфери в містах. Велику роль у забрудненні від транспорту мають автомобілі з дизельними двигунами. Основними шкідливими компонентами відпрацьованих газів є оксиди азоту (NO_x), дисперсні частинки (ДЧ), оксид вуглецю (CO), та вуглеводні (CH), причому найбільш токсичні NO_x і ДЧ. Зростання цін на нафтопродукти зумовлює стабільний попит на автомобілі з дизельними двигунами у Європі, тому що вони мають кращу паливну економічність і при цьому коштують дизельне паливо дешевше ніж інші види. Важливим фактором також є екологічність дизельних двигунів.

Новітні сучасні дизелі завдяки фільтруючим елементам і багатоступінчастим каталізаторам, очищаючим відпрацьовані гази від сажі, з'єднань сірки і азоту, демонструють мінімальні показники викидів шкідливих речовин в атмосферу. Не дивлячись на зростаючу популярність дизельних автомобілів в Україні, їх загальна доля від всієї кількості автомобілів в 2023р. складає близько 38,5%, це на 2,5% більше ніж в минулому році.

Аналіз основних досягнень: Важливий вплив на паливну ефективність автомобіля здійснюють такі фактори:

- економічність двигуна;
- маса автомобіля;
- витрата енергії на подолання сил тертя в трансмісії;
- сила опору кочення коліс автомобіля, сила опору інерції;
- умови руху та стиль водіння;
- технічний стан автомобіля.

Епоха дизелів розпочалася порівняно недавно завдяки розробці компанії Bosch системи Common Rail. Це система подачі палива в дизельних двигунах з безпосереднім вприскуванням. Саме з початком її застосування сучасні дизелі стали ще економічнішими, динамічними і менш шумними. Подальше удосконалення екологічних і техніко-економічних показників автомобільних дизелів може бути здійснене такими шляхами:

- регулювання робочого процесу двигуна в залежності від режимів його роботи;
- застосування альтернативних палив та систем нейтралізації шкідливих речовин відпрацьованих газів.

Комбінований підхід до цієї проблеми дозволяє з урахуванням експлуатаційних характеристик обґрунтувати і реалізувати на практиці, знайти середнє значення рівнів паливної економічності і токсичності відпрацьованих газів та рішення відносно конструкції і регульованих параметрів дизельних двигунів.

Результатами дослідження є обґрунтування заходів з підвищення показників паливної економічності та екологічної безпеки. Малотоксичний процес згоряння в дизелі забезпечується параметрами в циліндрі (температура, тиск, швидкість руху суміші в камері згоряння) і параметрами процесів вприскування палива в напрямку зниження вмісту шкідливих викидів в відпрацьованих газах при максимально можливому покращенні економічних та екологічних показників.

В роботі досліджується вплив таких факторів, як форма камери згоряння, зміна кута впорскування струї розпилювача, зміна кількості струменів розпилювання, зміщення розпилювача відносно осі камери згоряння, вплив ступеню рециркуляції відпрацьованих газів, а також застосування альтернативних палив.

Результати досліджень показали що при зміні кута впорскування питома витрата палива зменшується з ростом кута відносно осі розпилювача. Величина зниження витрат складає до 2,5%. Також зменшення емісії твердих частинок до 30%. Треба врахувати що викиди NOx при збільшенні кута більше 80° суттєво зростають і досягають 20%. Тому для дослідної камери згоряння небажано збільшувати кут вище вказаного значення. При зростанні кількості факелів підвищується паливна економічність, зменшуються викиди твердих частинок та діоксиду вуглецю, але через підвищення температури згоряння суміші збільшуються викиди оксиду азоту.

Аналізуючи одержані параметри, можна зробити висновок, що оптимальна кількість струменів розпилювача коливається від 4 до 5. Подальше їх збільшення не дає позитивного результату, а технологічна складність виготовлення розпилювача форсунки підвищується і подальше зменшення діаметру соплових отворів буде сприяти їх закоксуванню.

Зміщення розпилювача може знизити викиди NOx до 10%, але значне зміщення негативно впливає на інші параметри. Доцільно зміщення близько 10 мм, це дозволить дещо знизити викиди оксиду азоту, майже не зменшуючи економічність та інші екологічні параметри.

Рециркуляція відпрацьованих газів зменшує максимальну температуру згоряння і в той же час підтримує на високому рівні температуру газів і вміст кисню, що забезпечує окислення дисперсних частинок в кінці згоряння. Це сприяє зменшенню утворення оксидів азоту і знижує їх концентрацію в відпрацьованих газах на 40-50%. Для такого зниження концентрації NOx у впускну систему необхідно подавати відпрацьовані гази близько 20% від кількості повітря. Також необхідно враховувати, що при зміні витрати відпрацьованих газів і їх температури збільшуються викиди частинок та погіршується паливна економічність, тому необхідно гнучко регулювати подачу рециркульованих газів в залежності від режиму роботи двигуна.

Можна зазначити, що застосування цих факторів дає можливість значно підвищити екологічність двигуна, не втрачаючи при цьому в економічності, і навіть дозволяє знизити питому витрату палива.

Рециркуляція відпрацьованих газів дозволила значно зменшити викиди оксиду азоту, а регулювання кута впорскування дозволило залишити витрату палива на тому ж рівні.

Результати показали, що максимальна температура згоряння палива контролює процес виникнення NOx, а температура згоряння в кінці процесу контролює окислення дисперсних частинок, для зменшення викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами необхідно застосовувати їх рециркуляцію та охолодження.

Висновки. З розглянутих факторів, можна зазначити, що існує межа зменшення токсичності відпрацьованих газів, при досягненні якої подальше одночасне зменшення викидів NOx і ДЧ шляхом впливання на робочий процес дизеля можливе тільки при підвищенні тиску впорскування палива. Можна також зазначити, що найперспективнішими напрямками удосконалення робочого процесу являє собою удосконалення системи подачі палива та застосування системи рециркуляції відпрацьованих газів, застосування каталітичних поверхонь різних ступенів.

Список використаних джерел

1. Парсаданов И. В. Підвищення якості і конкурентноздатності дизелів на основі комплексного паливно – екологічного критерію. - Харків: Вид. НТУ"ХПИ", 2003.- 244с.
2. Сучасні дизелі: підвищення паливної економічності і тривалої міцності: Під ред. А. Ф. Шеховцова/ Ф. И. Абрамчук, А. П. Марченко, Н. Ф. Разлейцев, Е. И. Третьак, Н. К. Шокотов. -К.: Техніка, 1992 - 272с.
3. Теорія двигунів внутрішнього згоряння. / В. Г. Дьяченко – Харків: ХНАДУ, 2009. – 500 с.

4. Впорскування води в циліндри двигуна внутрішнього згоряння / Патлах В.В. 1993-2007 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.patlah.ru>.
5. Горячкін, А.В. Вплив вмісту вологи в зоні горіння на емісію оксиду азоту и сірки [Текст] / А.В. Горячкін (Національний університет кораблебудівництва, Херсонський філіал, г. Херсон) // Наукові праці. Випуск 18. Техногенна безпека. – С. 27...37. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.chdu.edu.ua/pdf/naukpraci/politics/2004/31-18-3.pdf>.
6. Історія розвитку впорскування води за кордоном [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://sds-max.com.ua/content/19-istoriya-razvitiya-vpryska-vody-zarubezhom>

УДК 621.436

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ КОРПУСУ ШЕШТЕРЕННИХ НАСОСІВ ТИПУ НШ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

Костенко Д.К., *маг. гр. ТС 23М-1,
Кулешков Ю.В.,* *проф. д-р. техн. наук,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна,

Дубовик В.О., *доц., канд. техн. наук,*

Олександрійський політехнічний фаховий коледж, м.Олександрія, Україна

В сучасних конструкціях мобільних сільськогосподарських машин широко застосовуються гідравлічні виконавчі механізми для приводу робочих органів, в системах управління, а також в якості гідравлічних трансмісій.

Одним з найбільш розповсюджених насосів гідроприводів сільськогосподарських машин є шестеренні насоси типу НШ. Корпус шестеренного насоса виконує ряд функцій, зокрема сприймає великі навантаження від гідравлічних сил. А оскільки подача шестеренного насоса носить пульсуючий характер, то і навантаження на корпус теж пульсуючі. Технологія виготовлення корпусу шестеренного насоса передбачає загартування корпусу з послідовним старінням, що забезпечує підвищення міцності і жорсткості корпусу. В період експлуатації насоса відбувається постійне пульсуюче навантаження та періодичне суттєве підвищення температури, що призводить до зниження першопочаткових механічних властивостей металу корпусу, а також виникнення мікро тріщин, що загрожує розвитком тріщин і виходу корпусу з ладу.

З вищенаведеного бачимо, що переваги гідравлічного приводу не завжди можуть бути реалізовані повністю в експлуатації із-за відмов гідроагрегатів, що викликані не досконалістю їх конструкції або гідросистеми з неякісним виготовленням та складанням гідроагрегатів; порушенням правил експлуатації і технічного обслуговування, а також низькою якістю ремонту.

А тому розробка технології відновлення і зміцнення корпусу шестеренного насоса є актуальною задачею.

В даний час відновлення корпусів насосів відомими способами не знайшло широкого використання. При ремонті насосів типу НШ в основному корпуси насосів не відновлюються, а вибраковуються. Тому важливою задачею сучасного етапу розвитку експлуатації та ремонту є суттєве підвищення якості, надійності та довговічності деталей, вузлів і механізмів гідравлічних систем мобільної сільськогосподарської техніки. Ця проблема може бути вирішена тільки на основі комплексного підходу, що включає як створення нових матеріалів так і розробку та освоєння ефективних технологій відновлення і зміцнення деталей гідравлічних приводів сучасних сільськогосподарських машин.

Одним з перспективних методів відновлення корпусу шестеренного насоса є його відновлення і зміцнення гарячим пластичним деформуванням. Ремонт та відновлення деталей пластичним деформуванням ґрунтується на здатності металів змінювати свою форму під тиском. Відмінною рисою запропонованого способу відновлення є те, що деформування відбувається в закритому штампі, що сприяє заліковуванню мікротріщин всередині металу, що забезпечує не тільки відновлення втомної міцності, а навіть її збільшення, що недоступно при використанні інших відомих методів.

На основі результатів наукових теоретичних і експериментальних досліджень напружено-деформованого стану корпусу насоса та на основі досліджень були отримані співвідношення для деформованого і напруженого стану корпусу. Встановлені режими

деформаційно-термічної обробки корпусу шестеренного насоса, що забезпечують внутрішні стискаючі напруження.

Експериментальні дослідження дозволили визначити співвідношення для деформованого і напруженого стану корпусу. Визначити деформації корпусу в результаті деформаційно-термічної обробки. Визначити твердість матеріалу відновленого корпусу та визначити результати випробування корпусу на зношування та інших механічних характеристик матеріалу корпусу.

До переваг способу можна віднести:

- економічна ефективність, так як відсутні витрати матеріалів;
- відсутність шкідливих електромагнітних випромінювань;
- підвищення механічних властивостей матеріалу деталі;
- зменшення в порівнянні з серійним корпусом в 3...5 разів розширення насосу в поясі верхніх втулок і біля дна (відповідно на 55 і 30 мкм);
- збільшення ресурсу роботи насоса в 1.6 рази при порівнянні з гільзованими корпусами і в 4 рази при використанні розчину з епоксидних смол.

До недоліків відносять:

- коштовне штампове і термічне обладнання;
- шкідливі і небезпечні умови праці;
- велика подальша механічна обробка.

На основі теоретичних та експериментальних досліджень було спроектовано технологічний процес відновлення корпусу шестеренного насоса. Розраховані і підібрані режими виконання технологічних операцій по відновленню і зміцненню корпусу шестеренного насоса.

Перед обтисканням корпус насосу рівномірно нагрівається до температури 773 К...753 К (500...480 °С). деталь гріють до температури 480...500°C і витримують 30...60 хв. Температура деталі при обтисканні не повинна бути нижче 440°C, інакше різко знижуються пластичні якості сплаву. У колодязні отвори вставляється з фіксованим зазором δ жорсткий пуансон. Потім корпус піддається поперечному деформуванню в жорсткій матриці з постійною швидкістю V_0 . При деформуванні торцьові поверхні корпусу обмежені жорсткими плитами. У процесі деформування температура знижується до 713 К (480 °С). Після того, як за рахунок пластичної течії матеріалу, внутрішня поверхня корпусу ввійде в повний контакт із пуансоном, зовнішнє навантаження знімається, а пуансон випресовується з отвору. На кінцевій стадії корпус охолоджується до кімнатної температури без механічного впливу.

Після обтискання деталь знову гріють до температури 525...535°C, витримують 15...30 хв. і загартовують у нагрітій до 50...75°C воді. Для зміцнення корпусу його піддають штучному старінню - витримці на протязі 4 годин при температурі 100...120°C (рис. 1.4.).

Запропонований спосіб відновлення деталей гарячим пластичним деформуванням характеризується високою якістю відновлення малою трудомісткістю формувальних робіт, простота і дешевизна обладнання що застосовується.

Висновки.

1. Аналіз науково-технічної літератури та виробничого досвіду показав, що існуючий рівень працездатності корпусу лімітує ресурс всього насоса і це пов'язано з його недостатньою жорсткістю і міцністю. Підвищити жорсткість і міцність корпусу можна шляхом формування в ньому внутрішніх залишкових напружень. Відомі методи підвищення жорсткості і міцності не враховують можливості управління внутрішніми напруженнями, а це є резервом для підвищення довговічності.

2. На основі задачі теплопровідності і квазістатичної рівноваги побудована модель термомеханічного стану корпусу при його зміцненні, яка дозволяє обчислити величину та знак внутрішніх залишкових напружень.

3. На основі результатів аналітичних і експериментальних досліджень встановлено взаємозв'язок між параметрами управляючого впливу та напружено-деформованим станом корпусів з алюмінієвих сплавів.

4. Обробка матеріалу корпусу запропонованим способом дозволяє у 1,2...1,4 рази підвищити твердість, у 1,2...1,5 рази підвищити зносостійкість та границі міцності і текучості матеріалу корпусу у 1,5...1,75 рази у порівнянні з відповідними показниками заводської технології.

5. Тензометричними дослідженнями виявлено зменшення у 1,5...1,7 рази величини деформацій корпусу, при роботі насосу, зміцненого запропонованим способом у порівнянні з новим.

6. Дослідження, проведені в даній роботі, дають змогу розробити технологічні рекомендації для відновлення корпусів шестеренних насосів способом деформаційно-термічної обробки, що дає змогу підвищити їх працездатність і довговічність.

Список використаних джерел

1. Техническое обслуживание и ремонт машин под ред. Лауша П.В.-К.: Вища школа, 1983 г - 351 с.
2. Кулешков Ю.В., Дубовик В.О. Підвищення ефективності технології відновлення корпусів насосів типу НШ – У пластичним деформуванням. Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету /Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація./ - Вип. 7. – Кіровоград: КДТУ, 2000. С. 170 – 174.
3. Левицький, Б. Ф. Гідравліка. Загальний курс / Б. Ф. Левицький, Н. П. Ленін. – Львів : Світ, 1994. – 264 с.
4. Гідравліка і нагнітачі : навч. посібник / О. М. Грабовський, О. М. Щабієв. – Київ : НМКВО, 1992. – 312 с.
5. Кулінченко, В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід : підручник / В. Р. Кулінченко. – Київ : ІНКОС, Центр навчальної літератури, 2006. - 616 с.
6. Дідур, В. А. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод / В. А. Дідур, О. Д. Савченко, С. І. Пастушенко, С. І. Мовчан. – Запоріжжя : Прем'єр, 2005. – 464 с.
7. Савченко, Г. Ю. Гідродинамічні характеристики пристінних суперкавітаційних течій. автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за фахом 01.02.05 – механіка рідин, газу та плазми / Г. Ю. Савченко; Інститут гідромеханіки НАН України. – К., 2008. – 21 с
8. Машинобудівна гідравліка. Задачі та приклади розрахунків / В. І. Мандрус, Н. П. Лещій, В. М. Звягін. – Львів : Світ, 1995. – 264 с
9. Константинов, Ю. М. Технічна механіка рідини і газу / Ю. М. Константинов, О. О. Гіжа. – Київ : Вища школа, 2002. – 358 с.
10. Науменко, І. І. Технічна механіка рідини і газу / І. І. Науменко. – Рівне : Видавництво РДТУ, 2000. – 528 с.
11. Тітов, Ю. П., Яковенко, М. М. Інженерна гідравліка. Навчально-методичний посібник до практичних занять. – Харків : ХНАМГ, 2005 - 91 с. 13. Науменко, І. І. Гідравліка. Підручник / І. І. Науменко. – Рівне : НУВГП, 2005. – 475 с.
12. Буренніков, Ю. А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи [Текст]: навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, І. А. Немировський, Л. Г. Козлов. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 273 с.
13. Гідравліка, гідро та пневмоприводи. Методичні вказівки до лабораторних робіт. Для студентів спеціальностей: 274 / Уклад. : Т. В. Руденко, Н. В. Ковальчук, Ю. В. Кулешков. – Кропивницький : ЦНТУ, 2017.- С. -54. <https://dspace.kntu.kr.ua/handle/123456789/7660>
14. Машинобудівна гідравліка. Методичні вказівки для індивідуальної роботи студентів спеціальностей: 6.050502 – "Інженерна механіка", 6.050503 - "Машинобудування", 6.070106 - "Автомобільний транспорт" / Уклад. : Л. Г. Мещишена, Н. В. Ковальчук. – Кіровоград : КНТУ, 2011. - 64с

УДК:633.853.32

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕГУЛЬОВАНИХ НАСОСІВ

Руденко Т.В., доц., канд. техн. наук,
Кулешков Ю.В., проф., д-р техн. наук,
Лугвіщик В.О., маг. гр. ТС23М-1,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

Наразі гідравлічні системи з регульованими насосами стають дедалі популярнішими завдяки своїм численним перевагам у порівнянні з іншими типами приводів. До основних переваг регульованих приводів можна віднести:

1. Зменшення маси та розмірів гідроприводу, порівняно з нерегульованими системами, механічними та електричними приводами. Це досягається завдяки відсутності важких компонентів, таких як вали, редуктори, муфти, фрикціони, канати та електричне обладнання.

2. Безступінчасте регулювання швидкості, що дає змогу підвищити ефективність роботи двигуна, спрощує автоматизацію та покращує умови праці.

3. Легкість в управлінні, що дозволяє знижувати енергетичні витрати незалежно від потужності приводу.

4. Значна економія енергії порівняно з нерегульованими гідроприводами.

5. Підвищення тривалості служби робочої рідини завдяки зниженому темпу її старіння.

6. Можливість отримання високих передавальних коефіцієнтів між ведучими та веденими елементами при обертальному русі, завдяки підбору відповідних характеристик насоса та гідромотора. Наприклад, використовуючи високопотужний гідромотор, коефіцієнт може досягати 500 і більше.

7. Легке перетворення обертального руху в поступальний без необхідності додаткових пристроїв. Це досягається через використання гідроциліндра, що дозволяє перетворити обертання насоса в зворотно-поступальний рух, з регулюванням сили і швидкості за допомогою діаметра циліндра та робочого тиску.

8. Надійний захист від перевантажень, що забезпечується за допомогою спеціальних запобіжних механізмів для двигуна, металоконструкцій і робочих органів гідросистем.

Основні вимоги до регульованих насосів і гідравлічних систем включають високу здатність до регулювання при збереженні номінального робочого тиску та подачі при максимальному коефіцієнті ефективності. Ці вимоги найкраще задовольняють аксіально-поршневі насоси, які мають значні переваги в порівнянні з іншими типами насосів, зокрема по тиску, можливості регулювання подачі та надійності. Однак, вони мають і кілька недоліків, таких як складність виготовлення, висока вартість, вимоги до чистоти рідини та зниження ефективності при регулюванні подачі.

При порівнянні різних типів гідромашин, таких як пластинчасті та шестеренні, важливо зазначити, що пластинчасті машини мають більшу поверхню ковзання, що потребує більшої герметизації. У складних умовах експлуатації, де повітря може бути забруднене абразивними частками, знос в пластинчастих гідромашинах відбувається швидше, що знижує ефективність їх роботи.

У свою чергу, шестеренні насоси з регульованою подачею позбавлені багатьох вищезгаданих недоліків. Вони відрізняються простотою виготовлення, низькою собівартістю, низькою чутливістю до забруднень, а також забезпечують надійність завдяки використанню лише двох обертових деталей. Це робить їх перспективними для широкого застосування в машинобудуванні та інших галузях.

Список використаних джерел

1. І.В. Ніколенко Тенденції розвитку та технічний рівень аксіально-поршневих гідромашин з регульованим робочим об'ємом. Промислова гідравліка і пневматика 2004 № 1 (3), с. 49-54.
2. Насоси шестеренні об'ємного гідроприводу. Технічні умови. ГСТУ 3-25-180-97. Мінпром політики України. М. Київ. – 1998 – 48 с.
3. Патент 6283735 В1 США, F04C15/02 Variable-delivery external gear pump: патент 6283735 В1 США, F04C15/02 John J. Vrablik. заявлен 13.10.1999; опублікован 04.09.2001г.
4. Патент 4872536 США, F04C2/18 Hydraulic pumps or motors and hydrostatic transmitting systems: патент 4872536 США, F04C2/18 Zheng Yue. заявлен 23.09.1987; опублікован 10.10.1989г.

УДК:633.853.32

ВІДНОВЛЕННЯ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ

Нех О.В., *ст. гр. ТС 23М,*
Красота М.В., *доц., канд. техн. наук*
Кулешков Ю.В., *проф., докт. техн. наук*
Руденко Т.В., *доц., канд. техн. наук*
Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

Чавунні та сталеві колінчасті вали широко застосовуються як на вітчизняній техніці, так і на імпортованих двигунах [1]. В Україні колінчасті вали не випускаються, тому вдосконалення технологій їх ремонту є актуальним для вирішення питань імпортозаміщення. Витрати на усунення несправностей та відновлення ресурсу машин при їхньому капітальному ремонті становлять 60–70 % від витрат на їх виробництво. Напрацювання двигунів після капітального ремонту від напрацювання нових – 45–50 %, що зумовлено нижчим рівнем технології ремонту машин порівняно з технологією їх виготовлення.

До основних деталей двигунів входять колінчасті вали, які значною мірою визначають надійність цих двигунів. Найбільш навантажені елементи, що визначають ресурс валу, – шийки, тому найважливішими геометричними параметрами колінчастого валу, що відновлюються, є діаметри корінних і шатунних шийок, а також співвідношення корінних шийок. Для відновлення шийок валів двигунів використовують велику кількість способів: наплавлення та напилення різними матеріалами, наварювання та ін.

Аналіз існуючих процесів відновлення показує, що наплавлення та напилення є найпродуктивнішими процесами. Вони забезпечують можливість зміни вкладення кількості теплової енергії в матеріал заготовок, використання присадних матеріалів з різним хімічним складом, різних флюсів, введення легуючих добавок та ін. Якість ремонту також багато в чому залежить від оцінки передремонтного стану валів, а саме – від його відсоткового співвідношення між валами. Після оцінки передремонтного стану валів їх направляють безпосередньо на відновлення з нанесенням покриттів чи шліфування під ремонтні розміри.

Метою проведених авторами досліджень були аналіз передремонтного стану колінчастих валів та можливість підвищення зносостійкості шийок відновлених валів з використанням плазмового напилення з додатковим термічним впливом з використанням імпульсного струму.

У процесі експлуатації автотракторних двигунів періодично виникає порушення їх нормального функціонування через відмову трибовузла "шийка колінчастого валу – вкладиш підшипника". Причинами відмов є зношування та деградація поверхонь тертя внаслідок фізичних та хімічних процесів, що відбуваються у трибовузлі, а також порушення правил технічної експлуатації двигуна або відмови фільтрів очищення мастила. Вжиття обґрунтованих заходів щодо запобігання раптовим відмовам підшипників колінчастого валу дозволяє забезпечити надійність та безпеку двигуна в цілому [3].

Складність вирішення цього завдання обумовлена слабкою формалізацією відомостей про відмову підшипників колінчастих валів, закономірності та залежності їх походження та розвитку. В джерелах наукової інформації відомості про пошкодження та аварії мають описовий характер. У зв'язку з цим тільки фахівець, який має великий досвід роботи в даній галузі та широкий кругозір, може обґрунтовано встановити причину конкретної відмови.

Зношування поверхонь тертя трибовузла "шийка колінчастого валу – вкладиш підшипника" надають вирішального впливу на його довговічність, працездатність та виникнення аварійних ситуацій на двигуні.

Для виявлення причин відмов колінчастих валів автотракторних двигунів необхідно проаналізувати умови їх роботи та процеси, що відбуваються у трибосистемі "шийка колінчастого валу – вкладиш підшипника – мастило".

Основними видами зношування шийок колінчастих валів та вкладишів підшипників є [2–4]: абразивне, втомне та окислювальне, рідше – зношування при заїданні (адгезійні) та ін. Різноманітність видів зношування та умов їх виникнення та розвитку визначається параметрами механічних впливів на триботехнічні властивості сполучення. До основних факторів, що визначають швидкість зношування та протікання фізико-хімічних процесів при терті в умовах граничного або змішаного мастила, належать: величина прикладеного навантаження, швидкість взаємного переміщення, мінімальна товщина масляного шару, кількість і дисперсність механічних домішок у моторному маслі, температура і сумісність і властивості матеріалів труться поверхонь [5].

Методи поверхневого зміцнення значно відрізняються один від одного фізико-хімічною природою зміцнюючої дії, галуззю застосування, технічними показниками та ефективністю. В силу тих чи інших причин сфера використання багатьох, без сумніву ефективних процесів зміцнення, істотно обмежується. В подібних випадках поєднання їх з іншим способом зміцнення (які знижують шорсткість, підвищують втомлену міцність, усувають пористість тощо) можливо досягти необхідного стану поверхневого шару і тим самим забезпечити високий рівень експлуатаційних властивостей, розширити технологічні можливості. Комбінованою обробкою можливо вирішити також завдання підвищення міцності зчеплення покриттів з основою, зміцнення основи перед нанесенням покриття, отримання мастильних канавок тощо. Різноманіття зміцнюючих ефектів і способів зміцнення визначає ширину можливостей по їх комбінуванню.

Комбіновані технології зміцнення (відновлення) є ефективними, однак вони трудомісткі, і їх доцільно використовувати лише для відповідальних деталей автомобілів зокрема, колінчастих валів, і у випадках, коли традиційні технології не забезпечують необхідних експлуатаційних властивостей.

Найбільш характерними дефектами колінчастих валів автомобільних двигунів при ремонті є зношення корінних і шатунних шийок, обумовлене високими питомими поверхневими навантаженнями, а також тріщини втомленого характеру внаслідок знакозмінних і циклічних навантажень, що впливають на шийки. Відновлення колінчастого вала є складною проблемою, оскільки до якості і геометричних параметрів його робочих поверхонь висуваються високі вимоги.

Найбільш перспективним напрямком відновлення колінчастих валів автомобільних двигунів, є нанесення на зношені поверхні зміцнюючих покриттів.

Список використаних джерел

1. Форнальчик Є.Ю. Технічна експлуатація та надійність автомобілів / Є.Ю. Форнальчик, М.С. Олісевич, О.Л. Мاستикаш, Р.А. Пельо. – Львів "Афіша", 2004. – 492 с
2. Горященко Д.В. Обґрунтування раціонального технологічного процесу відновлення колінчастих валів автотракторних двигунів. Магіст. робота. – Дніпро: ДДАУ. -2021, 107 с.
3. Аулін В.В., Тихий А.А., Яценко В.Ю., Чумак В.М. Новітні технології відновлення колінчастих валів дизелів транспортної і мобільної сільськогосподарської техніки // Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" з нагоди 117-ї річниці від дня народження доктора технічних наук, професора, віцепрезидента УАСГН Крамарова Володимира Савовича (1906-1987) 22-23 лют. 2024 р., м. Київ : МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України / Орган. ком. гол. орг. ком. С. М. Ніколаєнко [та ін.]. - К. : Видавничий центр НУБіП України, 2024. - С. 115 – 117.
4. Дьомін, А.Ю. Підвищення ресурсу колінчастих валів транспортних двигунів / Л.А. Тимофєєва, А.Ю. Дьомін // Міжнародний професійний журнал "Локомотивінформ". – 2015. – № 05-06(107-108). – С. 4 – 6. Публікації у виданнях України, які включенні до міжнародних наукометричних баз:
5. Дьомін, А.Ю. Вдосконалення технологій відновлення працездатності колінчастих валів дизелів транспортного призначення / Л.А. Тимофєєва, С.С. Тимофєєв, А.Ю. Дьомін, Є.С. Ягодинський // Східноєвропейський журнал передових технологій. – 2014. – Т. 1, № 1 (67). – С. 60 – 64.

УДК 621.436

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОКОМПРЕСОРА ДИЗЕЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН КОНТАКТНИМ НАВАРЮВАННЯМ

Попов О.А., *маг. гр. ТС 23М-2,*

Кулешков Ю.В., *проф. д-р. техн. наук,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна,

Дубовик В.О., *доц., канд. техн. наук,*

Олександрійський політехнічний фаховий коледж, м.Олександрія, Україна

До 70% деталей мобільної сільськогосподарської техніки та автомобілів мають зноси, що не перевищують 0,5 мм. Застосування для їхнього відновлення процесів, заснованих на електродуговому зварюванні (наплавлення під шаром флюсу, у середовищі захисних газів, вібродуговому наплавленні), не зовсім доцільно, оскільки мають збільшення (4...6 мм на діаметр) вимагають більших витрат на наступну механічну обробку. Крім того, спостерігається небажаний термомеханічний вплив, що значно (на 40...70%) погіршують втомлену міцність і, навіть привести до деформації деталі. Окремо можна відмітити розбризкування металу, що наплавляється та надзвичайно важкі і шкідливі умови праці.

Застосування сучасних технологій, зокрема плазмового та лазерного наплавлення, в зв'язку із значною собівартості відновлення, раціонально використовувати тільки для відновлення особливо відповідальних деталей і з'єднань, наприклад, великогабаритних валів, колінчастих валів, тощо.

Проаналізовано способи відновлення циліндричних поверхонь деталей їх переваги і недоліки. Вибрано, для досліджень, способи відновлення циліндричних поверхонь деталей турбокомпресора шляхом контактної наварювання присадкових матеріалів.

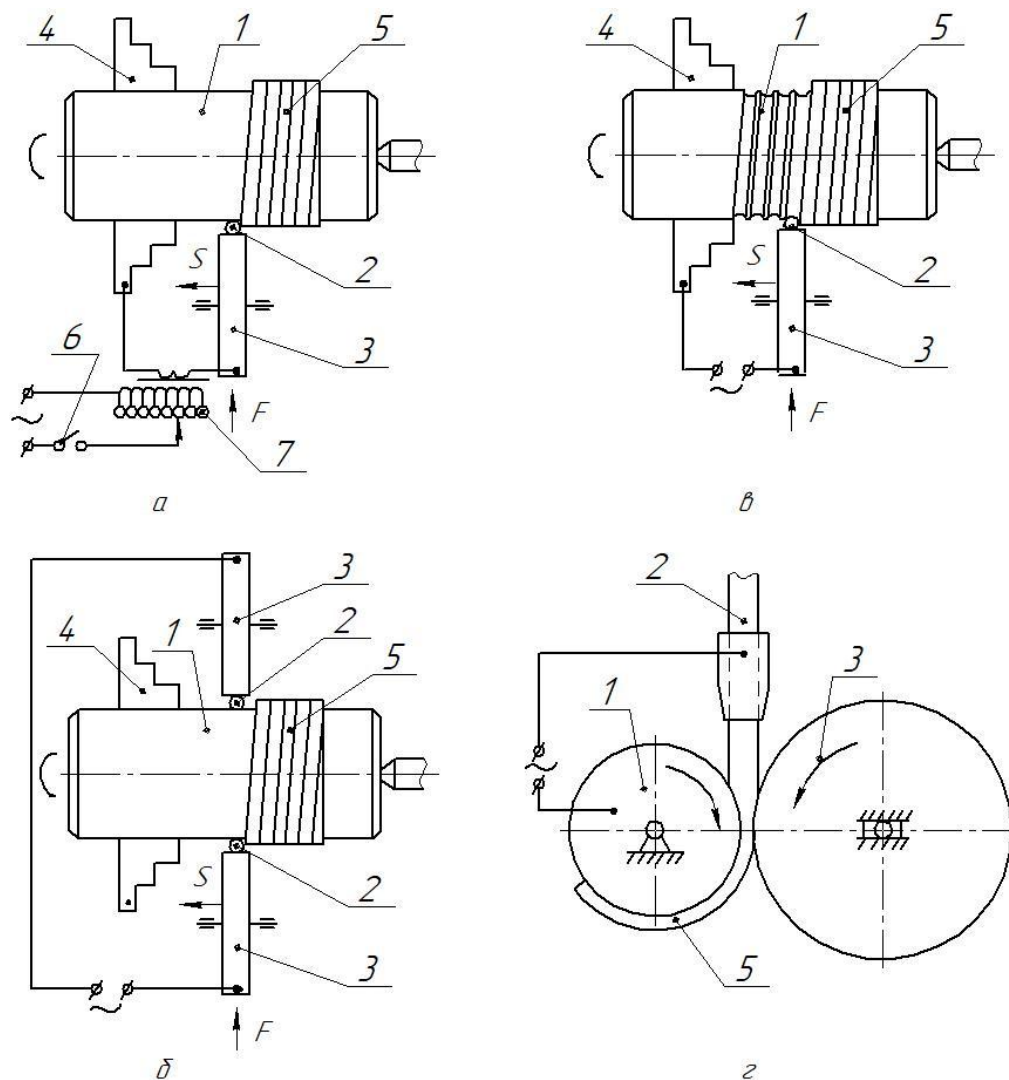
Нами пропонується електроконтактне наварювання, що має високу продуктивність (до 100 см²/хв), характеризується мінімальними втратами присадного матеріалу (до 5 %) і припуском на наступну механічну обробку за рахунок можливості регулювання товщини навареного шару (0,3...1,5мм).

Мінімальний термічний вплив на деталь (до 0,3 мм) дозволяє відновити як зовнішні, так і внутрішні поверхні деталей з різних марок сталей, чавунів, кольорових металів і сплавів.

Електроконтактного наварювання має високу продуктивність (до 100 см²/хв) мінімальними втратами присадочного матеріалу (до 5 %) і припуском на наступну механічну обробку за рахунок можливості регулювання товщини навареного шару (0,3...1,5мм).

Даний спосіб дозволяє наварювати деталі діаметром 10...180 мм, шаром товщиною 0,1...1,5 мм.

Можливі способи електроконтактного наварювання представлені на рис. 1.



а - основна; б - двороликова; в - у висаджену канавку; г - нейтральним роликом.

1 - вал; 2 - присадний дріт; 3 - ролик-електрод; 4-патрон; 5-металопокриття; 6-переривач струму; 7-зварювальний трансформатор.

Рисунок 1 - Схеми електроконтактного наварювання

До валу 1, що наварюється ролик-електродом 3 притискається присадний дріт 2. При пропущенні через контакти деталь-дріт-електрод імпульсів струму великої сили, що чергуються з паузами, і при одночасному тиску ролика-електрода присадний дріт нагрівається, осаджується і приварюється до поверхні вала. Суцільне металопокриття 5 на відновлюваній поверхні утворюється за рахунок обертання деталі і одночасної подачі наварювальної голівки, що забезпечують приварювання присадного дроту по гвинтовій лінії з перекриттям. Живлення установки струмом проводиться від зварювального трансформатора 7, керованого електронним переривачем струму 6. Основна однороликова технологічна схема наварювання найбільш проста і надійна і тому вважається оптимальною для відновлення великої групи виробів.

Відомо, що при наварюванні по основній технологічній схемі відповідно при переміщенні ролика вздовж деталі змінюються розміри зовнішнього контуру електричного кола, тому значення струму на початку і в кінці наварювання шийки виходять різними. Такого недоліку позбавлена схема наварювання з двома роликами-електродами. А тому у наших дослідженнях ми використовували двороликову схему наварювання.

В теоретичних дослідженнях розглядали зони утворення з'єднання в межах контактних площадок. Була отримана умова формування зварного з'єднання в межах контактних площадок. Показано, що основною умовою формування якісного і рівномірного основного металу зварного з'єднання при контактному наварювання є руйнування і видалення із зони

контакту щільних окисних і оксидних плівок на з'єднаних поверхнях. Виявлено, що раціональними з точки зору забезпечення однорідної структури металопокриття є значення кроку наплавлення по гвинтовій лінії, який би забезпечував мінімальне 10...15% -е перекриття суміжних зварних валиків по їх ширині. Це дало можливість визначити раціональні режими наварювання дроту на циліндричні поверхні

Таблиця 1 - Значення струмів наплавлення (кА, чисельник) і зусиль на ролик (кН, знаменник).

Діаметр присадного дроту, мм	Діаметр наплавлюваної деталі, мм			
	20	30	40	50
<i>Присадний дріт ПК-2</i>				
16	$\frac{4,9}{0,86}$	$\frac{5,6}{0,88}$	$\frac{6,3}{0,95}$	$\frac{6,9}{1,10}$
18	$\frac{5,1}{1,06}$	$\frac{5,9}{1,11}$	$\frac{6,5}{1,23}$	$\frac{7,2}{1,30}$
2,2	$\frac{5,3}{1,28}$	$\frac{6,6}{1,40}$	$\frac{7,5}{1,60}$	$\frac{8,2}{1,80}$
<i>Присадний дріт Нп-30ХГСА</i>				
16	$\frac{5,1}{1,12}$	$\frac{5,8}{1,15}$	$\frac{6,5}{1,27}$	$\frac{7,1}{1,41}$
18	$\frac{5,3}{1,36}$	$\frac{6,2}{1,45}$	$\frac{6,8}{1,60}$	$\frac{7,4}{1,70}$
2,2	$\frac{5,5}{1,66}$	$\frac{6,9}{1,82}$	$\frac{7,7}{2,05}$	$\frac{8,5}{2,34}$

Досліджували твердість та зносостійкість покриттів, утворених на різних режимах електроконтактного наварювання присадкових матеріалів. На основі проведених досліджень запропоновано рекомендації для визначення технологічних параметрів електроконтактного наплавлення

Виявлено, що раціональними з точки зору забезпечення однорідної структури металопокриття є значення кроку наплавлення по гвинтовій лінії, який би забезпечував мінімальне 10...15% -е перекриття суміжних зварних валиків по їх ширині.

Встановлено, що середня твердість металопокриття з вуглецевої дроту ПК-2 дорівнює 52...54 HRC, а для легованої дроту 30ХГСА 48...50 HRC. Зносостійкість металопокриття з дроту ПК-2 в 1,4...1,5 рази, а для дроту 30ХГСА - в 1,2...1,25 рази вища зносостійкості зразків із сталі 45, загартованої СВЧ.

Список використаних джерел

1. Технічне обслуговування та ремонт машин під ред. Лауша П.В.-К.: Вища школа, 1983 р – 351 с.
2. Радомисельський І.Д., Риморов В.Є. Ущільнюваність та електроопір металевих порошків та їх сумішей при низьких тисках холодного пресування. -Порошкова металургія, 1976 № 11, с.8.-12.
3. Порошкова металургія. Матеріали, технологія, властивості, сфери застосування: Довідник/І.М. Федорченко, І.М. Францевич, І.Д. Радомисельський та ін. – Київ: Наукова думка, 1985, – 624 с.
4. Радомисельський І.Д., Сердюк Г.Т., Щербань Н.І. Конструкційні порошкові матеріали. – К.: Техніка 1985. –152 с.
5. Власюк Р.З. Грипачевський А.М., Радомисельський І.Д. Зміна хімічного та фазового складу частинки Cr₃C₂ що знаходилася в контакті із залізною матрицею при спіканні// Порошкова металургія, 1984. - № 8. с. 28 – 33.
6. Особливості взаємодії карбідів хрому з матричною фазою на основі заліза / Челелева В.П., Делев ВТ., Людвінська Т.А. та ін. //Порошкова металургія, 1982. - № 7. - 3. 80 – 82.
7. Радомисельський І.Д., Дименко В.А. Механізм і кінетика розчинення Cr₃C₂ що у залозі //Порошкова металургія, 1971. - № 3. С.88 - 92.
8. Основи проектування деталей машин. В.Л. Устиненко, Н.Ф. Кіркач, Р.А. Баласанян. - Харків: Вища школа, 1983. - 184 с.

УДК:633.853.32

АНАЛІЗ ДЕФЕКТІВ ЧАВУННИХ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ

Ракуленко Ю.С., *ст. гр. ТС 23М,*
Красота М.В., *доц., канд. техн. наук*
Кулешков Ю.В., *проф., докт. техн. наук*
Руденко Т.В., *доц., канд. техн. наук*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Вирішення проблеми підвищення довговічності відремонтованих двигунів значною мірою визначається забезпеченням якості відновлення їх блоків циліндрів. Однак, ремонтні підприємства стикаються з великими технічними та технологічними труднощами при відновленні даних деталей, особливо в питанні забезпечення розмірної та геометричної точності, мікро- та макрогеометрії поверхонь отворів корінних опор, а також просторових відхилень їхньої загальної осі щодо технологічних баз корпусної деталі.

Чавун містить близько 3% вуглецю (графіту), що надає йому сірого кольору. Наявність вуглецю в чавуні робить його твердим, але водночас ламким [1, 2].

Чавун використовується для виготовлення блоку циліндрів та головок циліндрів з наступних причин:

- вуглець у чавуні робить його легкообробним навіть без застосування охолоджуючої рідини.
- графіт у чавуні грає роль мастила, оскільки графіт має досить високі змащувальні властивості.
- чавун має достатню твердість, і він, як правило, має магнітні властивості.

Сучасне виробництво блоків циліндрів двигунів передбачає заливку рідкого чавуну заливають у піщану форму, в якій встановлена модель, що випаляється (в основному, що виготовляється з пінопласту).

Жорсткі перегородки, що отримуються в процесі лиття, використовуються для виготовлення опор колінчастого валу і розподільчого валу (у разі його установки в блоці циліндрів). Сучасні чавунні блоки мають тонкостінну конструкцію для полегшення ваги [3, 4].

Блок циліндрів, як відомо, – основа будь-якого двигуна. І деталь ця корпусна, тобто в неї встановлюється або на ній кріпиться безліч інших деталей та вузлів. А це означає, що дуже важливу роль відіграє взаємне розташування різних робочих та допоміжних поверхонь блоку циліндрів. Йдеться насамперед про їхню взаємну паралельність, перпендикулярність і співвісність.

Дефекти блоку циліндрів виникають внаслідок дії механічних та температурних навантажень на його елементи [5].

Дуже часто – при зносі самого блоку дефекти з'являються не тільки на циліндрах, але й на інших робочих поверхнях блоку [1, 3]. Наприклад, після лиття на стадії виготовлення блоку в ньому завжди залишаються внутрішні напруження (що особливо характерно для чавунних блоків). Згодом це призводить до деформацій, уникнути яких допомагає штучне старіння - нагрівання та витримка блоку в печі за певної температури. Тільки після цього блок можна механічно обробляти – фрезерувати площини, розточувати циліндри, постелі колінчастого валу. Але повністю деформацію штучним старінням не можливо усунути: при роботі двигуна блок нагрівається нерівномірно, та ще й навантажується змінними силами (зовсім не ті умови, що були в печі). І, як наслідок, блок циліндрів поступово коробиться вже на автомобілі, тобто, відбувається так зване природне старіння.

Через деформування площин, включаючи привалочну площину під головку, порушується співвісність корінних опор колінчастого валу.

Неспіввісність опор може призвести до помітного зниження ресурсу і навіть нового капітального ремонту вже за кілька десятків тисяч кілометрів [3].

Блоки циліндрів з сильно деформованими і пошкодженими опорами підшипників нерідко викидали, а на невеликих дефектах постелей зазвичай нехтували. На сьогоднішній день існує обладнання, що дозволяє виконувати точну обробку поверхонь.

Неспіввісність корінних опор у блоці виникає з низки причин. Поряд з природною деформацією зустрічаються задири поверхні в результаті перегріву та повертання вкладишів корінних підшипників колінчастого валу, деформація кришок підшипників, а також випадки заміни кришки на іншу через її втрату або неможливість відновлення. Явні дефекти, такі як задирання або розбіжність півкола в блоці та кришці, зазвичай легко виявити навіть при візуальному огляді. Навпаки, приховані дефекти можна визначити лише за допомогою відповідних вимірів.

Починають зазвичай з того, що для даного блоку виготовляється так звана "качалка", довгий шліфований стрижень, зовнішній діаметр якого на 0,01...0,02 мм менше діаметра корінних опор. Далі вимірювання проводять у наступному порядку. Кришки опор встановлюються в блок та затягуються за допомогою динамометричного ключа монтажним моментом.

У разі коли вимірювані за допомогою нутроміра діаметри опор знаходяться в полі допуску, в блок укладається качалка для перевірки корінних опор на співвісність. Якщо качалку підклинює або її неможливо повернути, значить опори в блоці деформовані та вимагають ремонту. Іноді на качалку наносять гвинтову канавку по всій довжині. Тоді її можна використовувати як притирання доводу, якщо неспіввісність або деформація опор невеликі.

Викривленням опор більше страждають рядні багатоциліндрові двигуни з числом циліндрів 5-6. Але і звичайні чотирициліндрові також схильні до цього дефекту. Особливо, це стосується вітчизняних двигунів, тому що на деяких заводах операція штучного старіння блоку відсутня - з усіма наслідками, що випливають для механіків. А тоді, традиційними операціями – розточуванням та хонінгуванням – блок циліндрів, та й весь мотор в цілому, якісно не відремонтувати. Потрібно додатково обробити площини блоку та постелі підшипників колінчастого валу, інакше відремонтований двигун довго не проходить.

Постелі підшипників колінчастого валу в блоці часто вимагають ремонту не тільки через природну деформацію. Зустрічаються пошкодження опор через брак оливи та перегрівання корінних підшипників. У таких випадках часто вкладиші повертаються в постелі і задирають її поверхню. Але, навіть якщо повертання не трапилося, без ремонту постелей вже не обійтися - перегріті корінні кришки блоку, як правило, стискаються по площині роз'єму з блоком так, що отвір постелі стає еліпсним, причому ця еліпсність досягає 0,1 мм і більше.

Список використаних джерел

1. Круглов С.М. Будова, технічне обслуговування і ремонт легкових автомобілів – К. – 1986. – 238с.
2. Ющенко К.А. Інженерія поверхні / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж. – К.: НВП Видавництво "Наукова думка України", 2007. – 557 с.
3. Чабанний В.Я. Практикум з експлуатації вантажних автомобілів. Навчальний посібник Уклад.: Чабанний В.Я., Магопєць С.О., Мажейка О.Й. та ін. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2011. – 456 с.
4. Goetrel G.G., De Macrhi W.S. Powder Metallurgy Inten., 1971, 3, № 2, p. 80. 84. Jones W.D. The metal Industry, 1, 1940, p. 69; and 3, 1980, p. 225.
5. Kotsehy J., Sposob wytwarzania kształtek o przekroju kolowym z proszkow metali lub ich stopow. Pam. PHP, № 92501.

УДК: 621.43.062

ПРИЧИНИ ВИХОДУ З ЛАДУ КАТАЛІТИЧНИХ НЕЙТРАЛІЗАТОРІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Скрипник Д.М., *ст. гр. АТ 23М,*

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

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

Осін Р.А., *доц., канд. техн. наук*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

У сучасних умовах галузі експлуатації автомобільного транспорту на першому плані висуваються завдання, пов'язані з розробкою, підтримкою та збереженням працездатності систем контролю екологічних та експлуатаційних параметрів сучасних двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Основні напрями забезпечення необхідного технічного стану ДВЗ в експлуатації включають удосконалення та створення принципово нових систем та вузлів дезактивації токсичних компонентів вихлопу, розробку засобів та методів діагностування систем зниження токсичності газів, що відпрацювали.

При експлуатації систем ДВЗ виникають відмови, які характеризуються новими діагностичними ознаками, невідомими у практиці діагностування. Внаслідок цього виникають невизначеності при встановленні стану системи нейтралізації відпрацьованих газів та причин виникнення несправностей, які значно впливають на економічність транспортних засобів. Розкрити невизначеність дозволяє дослідження та розробка нових засобів та методів оцінки їх технічного стану. Одним із таких методів є використання оціночних параметрів процесу газообміну для пошуку та усунення несправностей елементів цих систем у ДВЗ, що визначають можливість досягнення підвищеного екологічного класу транспортних засобів в умовах реальної експлуатації [1].

Каталізатор доокислює компоненти у відпрацьованих газах при використанні рекомендованого для конкретного двигуна палива, справних двигунів та масло системи [2, 3]. За порушення цих умов домішки забивають конденсатор, реакції проходять повільніше, фільтр засмічується, що перешкоджає виходу газів. Внаслідок цього знижується тяга, і завести машину стає неможливо. До причин забруднення каталізатора відносяться:

- використання неякісного палива;
- попадання у вихлоп оливи;
- різні механічні несправності двигуна;
- несправні лямбда-зонди;
- механічне руйнування стільникових структур каталітичного нейтралізатора.

Першою несправністю активного елемента каталітичного нейтралізатора є його оплавлення, що проявляється у вигляді спікання стільників і що призводить до утрудненого проходження газів, що відпрацювали. Зазвичай це відбувається після того, як перевищено поріг температури газів 900 градусів.

Етильований бензин, що містить інші домішки, або дешевший бензин недостатньо прогорає в двигуні і утворює речовини, на проходження яких каталітичний нейтралізатор не розрахований [4]. Фільтри каталізатора забиваються сажею, сіркою, парафіном, домішки нагарають на стільниках, перешкоджаючи реакції та забиваючи отвори.

Через знос прокладок, маслоснімних кілець і клапанів масло потрапляє у вихлоп, також стаючи небажаною домішкою. Будь-яка несправність, пов'язана з недостатнім прогорання палива або попаданням оливи, веде до засмічення каталізатора. Несправність каталізатора говорить про проблеми з двигуном, його тривалу експлуатацію в поганому технічному стані [5, 6].

Датчики кисню, або лямбда-зонди, контролюють збагачення киснево-паливної суміші. Їхні несправності ведуть до підвищення температури. Каталізатор чутливий до цього фактора, оскільки працює при температурах, близьких до 800 градусів.

Якщо на гарячий конденсатор потрапляє вода з калюж або снігових кучугур, відбувається руйнування кераміки стільників. Конвертери чутливі також до ударів та механічних коливань. Погані дороги, пересічена місцевість, камені, що випадково вискочили з-під коліс, швидко руйнують структуру фільтрів.

Невідповідний автомобільний каталізатор може спричинити поломку машини. Для деяких ринків, де традиційно використовується лише якісне паливо, випускаються моделі з меншим розміром сот, які забиваються швидше. Каталізатор має відповідати марці авто.

Ознаки несправного каталізатора наступні. Проблеми в роботі автомобільного каталітичного нейтралізатора проявляються у вигляді певних діагностичних ознак. Ознаки, що виявляються під час експлуатації, додаткової перевірки або при розбиранні фільтра, є першими сигналами:

- слабка динаміка у ситуаціях, коли за відчуттями двигун повинен "тягнути" краще;
- старт із кількох спроб у повністю холодному чи, навпаки, прогрітому стані;
- повільний набір обертів, зупинка на значенні 2–4 тис. без подальшого піднімання.

З повністю неробочим каталітичним каталізатором двигун заводиться дуже погано, а у випадку, якщо запуск все ж відбувався – відразу глохне [5, 6].

Таким чином, при реалізації роздільного випуску з установкою датчиків кисню для селективного контролю складу газів, що відпрацьовали, в окремих циліндрах необхідна індивідуальна корекція параметрів системи випуску виходячи з поточного технічного стану ДВЗ. Для селективного контролю за індивідуальною корекцією параметрів систем та забезпечення необхідних екологічних та економічних показників ДВЗ, що дозволяє розпізнавати відмови, використовуються пристрої аналізу складу газу в окремому циліндрі, мотор-тестер та довантажувач тестових режимів.

Список використаних джерел

1. Долганов К. Є. Тепловий розрахунок поршневих двигунів внутрішнього згоряння на ПЕОМ : навчальний посібник / К. Є. Долганов., А. А. Лісовал, Л. П. Мержиєвська. – Київ : УТУ, 1999. – 76 с.
2. Захарчук В. І. Використання альтернативних моторних палив у засобах технологічного транспорту. – Луцьк : Луцький НТУ, 2015. – 233 с.
3. Каніло П. М. Канцерогенність відпрацьованих газів автомобілів / П. М. Каніло, К. В. Костенко, Н. В. Внукова, С. О. Коверсун // Автомобільний транспорт : сб. науч. тр. ХНАДУ. – Харьков, 2013. – Вип. 29. – С. 160 – 167.
4. Матейчик В. П. Моделювання екологічних показників транспортних засобів в інформаційно-аналітичній системі моніторингу транспортних потоків / В. П. Матейчик, К. Лейда, С. Ю. Гутаревич, М. П. Цюман // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ. – 2014. – Вип. 30. – С. 246-254.
5. Денісов В.Н., Рогальов В.А. Проблеми екологізації автомобільного транспорту. – Київ: "Просіт", 2005. — 311 с.
6. Транспортна екологія: навчальний посібник / О. І. Запорожець, С. В. Бойченко, О. Л. Матвєєва, С. Й. Шаманський, Т. І. Дмитруха, С. М. Маджд; за заг. редакцією С. В. Бойченка. – К.: НАУ, 2017. – 507 с.

УДК: 621.43.062

АНАЛІЗ НЕСПРАВНОСТЕЙ МЕХАНІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ

Тимошенко А.С., *ст. гр. ТС 23М,*
Красота М.В., *доц., канд. техн. наук*
Кулешков Ю.В., *проф., докт. техн. наук*
Руденко Т.В., *доц., канд. техн. наук*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

Механічні трансмісії, які встановлюються на сучасні автомобілі та трактори, мають багато спільних елементів конструкції, таких як шестерні, вали, підшипники. Тому, можливо виділити загальні несправності механічної коробки передач, характерні для будь-якої конструкції чи моделі автомобіля.

Умовно їх можна розділити на несправності власне коробки передач і несправності механізму перемикання передач. До загальних несправностей коробки передач відносяться: зношення муфт синхронізаторів, зношення шліцьових з'єднань муфт синхронізаторів, зношення шестерень, знижений рівень масла в коробці, зношення підшипників ведучого, веденого та проміжного валів, ослаблення різьбових з'єднань кріплення коробки передач, зношення сальників.

Основними причинами зазначених несправностей є: порушення правил експлуатації (використання неякісного масла, робота автомобіля з несправним зчепленням), низька якість комплектуючих, граничний термін служби коробки передач, некваліфіковане проведення робіт з технічного обслуговування і ремонту коробки передач.

Деякі несправності коробки передач можна встановити за зовнішніми ознаками: шум коробки передач, ускладнене перемикання передач, мимовільне вимикання передач, підтікання масла.

Шум в коробці передач може проявлятися в різних умовах - в нейтральному положенні, при включенні передач, при роботі коробки. Кожен з цих шумів свідчить про певні несправності механічної коробки передач.

При діагностуванні не завжди можливо поставити точний діагноз по зовнішнім ознакам, тому що одній і тій же зовнішній ознаці може відповідати декілька несправностей коробки передач. Тому, встановлення конкретної несправності проводиться, як правило, при демонтажі і розбиранні коробки. Однак, демонтаж та розбирання коробок передач дуже трудомісткий процес, що потребує спеціального обладнання та кваліфікованих виконавців. Тому, якісне діагностування коробок передач без демонтажу та розбирання з постановкою точного діагнозу є актуальним завданням сервісу автомобілів.

Зубчасті передачі та підшипники коробок передач - найбільш поширені механізми машин і агрегатів, зважаючи на свою надійності і довговічності. В процесі роботи навіть справна коробка виробляє шум і вібрацію, вимірявши які можна вирішувати питання визначення його 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 розшифровці інформації, що міститься в сигналі. По-перше, енергія,

що виділяється в процесі зубчастого зачеплення не дуже велика; по-друге, місця установки вібродатчиків, в силу конструктивних особливостей приводів, значно віддалені від зони зубчастого зачеплення.

В результаті шлях передачі енергії вібрації зубчастого 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.

Найбільшого поширення набули методи спектрального, кепстральних і синхронного аналізу вібрації, а останнім часом - вейвлетного аналізу.

До дефектів багатоважливих коробок передач відносяться як дефекти виготовлення і складання, так і дефекти, що з'являються в процесі експлуатації, що порушують умови функціонування зубчастого 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 зубчастого 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 сколом 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 зубчастого зачеплення відноситься до категорії розподіленого експлуатаційного дефекту [2, 3, 4]. 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 [5].

В результаті аналізу літературних джерел виділено найбільш значущі фактори, що впливають на рівень віброакустичного сигналу коробок передач, це зношення підшипників, зношування поверхонь зубів, порушення мащення в зачепленні, заїдання зубів, викришування, зколювання, тріщини і поломки зубів. Більшість інших факторів є пов'язаними з ними причинно-наслідковими залежностями, це обумовлено особливостями функціонування коробок передач. Зміна віброакустичного сигналу може бути використана в якості діагностичної інформації при діагностуванні трансмісії.

Список використаних джерел

1. Сенюк, О.В. Діагностування технічного стану підшипників кочення на основі аналізу сигналів акустичної емісії [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного рівня бакалавр; спец.: 131 Прикладна механіка / О.В. Сенюк; наук. керівник Є.М. Савченко. – Суми: СумДУ, 2021. – 68 с.
2. Закалов, О.В. Триботехніка і підвищення надійності машин [Текст]: О.В. Закалов. – Тернопіль: ТДТУ, 2000. – 354 с.
3. Komorska I. Diagnostic-oriented Vibroacoustic Model of the Reciprocating Engine / I. Komorska // SolidStat. – 2012. – № 180. – P. 214-221. – Available at: <https://www.scientific.net/>.
4. Patidar S. An overview on vibration analysis techniques for the diagnosis of rolling element bearing faults / S.Patidar, P.K. Soni // International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). – 2013. – № 4 (5). – P. 1804–1809.
5. Harmouche J. Improved fault diagnosis of ball bearings based on the global spectrum of vibration signals / J.Harmouche, C.Delpha, D.Diallo // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2014. – Vol. 30 (1). – P. 376–383.

UDC 631.145

CLUSTER APPROACH IN SUPPLY CHAINS OF THE REGION'S AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX

Aulin V.V., *prof., doctor of technical sciences,*
Holub D.V., *associate professor, candidate of technical sciences,*
Hrynkiw A.V., *associate professor, candidate of technical sciences,*
Lysenko S.V., *associate professor, candidate of technical sciences,*
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

In various industries, including transport, the concept of a cluster has become very widespread [1-3]. First of all, this was associated with state policy and the adopted Development Program of Ukraine until 2030.

The characteristic features of clusters are the following: the general goal of cluster participants; territorial localization of cluster participants; specialization of enterprises - cluster participants; self-organization and self-development; focus on creating competitive products; synergistic effect; systemic approach; cluster orientation on the scale of activity; mostly the presence of a large enterprise - the core; stable ties between cluster participants; innovation orientation.

In the works on clusters, the main characteristic of the nature of a cluster formation is its innovativeness. It is noted that the formation of a cluster involves the development of institutions and institutional relations that provide a full cycle of innovative activity from conducting scientific research and development to creating conditions for their implementation in the field of competitive production, which provides high added value [2, 3, 7, 8].

The issue of the formation of regional clusters must be approached from the perspective of an investment approach to understanding the supply chain, which considers it as a single cohesive system of participants interacting on the principles of partnership [7, 9-11].

Recently, the cluster has been based on the idea of exclusively industrial orientation of cluster firms within a certain field of activity, where the focus is on the final product. Currently, the focus has changed, and the final product is considered as a catalyst. At the same time, the boundaries of the cluster are "blurred", the cluster goes beyond geographical boundaries, the scope of activity and the area of presence are expanding. There is an entry into the world market, into global supply chains, which contributes to increasing the competitiveness of both organizations - participants of the cluster, and the regions of Ukraine as a whole [7, 10, 12, 13]. In the economy of the region, the catalyst for creating a cluster should be an investment project.

The implementation of the food security strategy of Ukraine is possible only by forming a set of clusters of an innovative format. At the same time, a special role is assigned to regions whose dynamic and stable development is determined by knowledge, new technologies and active representation in the global economic space [6, 10].

Three instruments have been created in Ukraine that influence the development of clusters: technological platforms, cluster development centers and investment funds [2, 3].

The innovative component of a territorial cluster is that its participants are characterized by the following features: the presence of an association of cluster participants of the scientific and production chain, a mechanism for coordinating the activities and cooperation of cluster participants, the presence of a synergistic effect, expressed in increasing the economic efficiency and effectiveness of each enterprise due to a high degree of their concentration.

Considering the innovativeness of the cluster as its main distinguishing feature, the innovative cluster is considered as a set of compactly located enterprises, firms, companies that have a common technological and scientific base, infrastructure, logistical supply chains and allow for fairly quickly and, most importantly, effectively producing and distributing new knowledge and

technologies.

138 weaknesses were identified that affect the effectiveness of the cluster based on the analysis of regulatory legal acts of the regional and municipal levels, which were combined into several groups according to the nature of the existing problems: infrastructure, scientific and educational, financial, personnel, foreign, legislation, cooperation of participants and others. This indicates the insufficient development of this issue in management practice, the need for its further study and the proposal of more effective methods and tools for regulating the cluster's activities.

Summarizing the conclusions of the researchers, it can be stated that the key principles of creating an innovation cluster in the following industries:

- the presence of a scientific and production chain uniting the cluster participants;
- the development of institutions and relationships that ensure a full cycle of innovation activity from conducting scientific research and development to their implementation in the field of competitive production;
- increasing the quality level of the final product;
- ensuring high added value of the final product;
- increasing the competitiveness of enterprises - participants of the cluster, region, state.

Analysis of modern sources of information has shown that the greatest interest in the cluster issue is manifested in the agro-industrial complex. The issue of creating regional agro-industrial clusters, developing a model of clusters of this format, as well as methods of managing them has great economic significance both for individual agro-industrial enterprises and for regions and regions [1, 2, 7, 9].

When considering the issue of the formation and development of agro-industrial clusters, we mean a radial-type agro-industrial cluster, in which the core is represented by a large (leading) industrial enterprise, which in the process of its production activities has proven the prospects for further development. Innovative technologies are also mentioned as the basis for the creation and functioning of the cluster, rather than the traditional division of labor.

The effectiveness of the functioning of the agricultural cluster is largely determined by the socio-economic environment, which is characterized by three components: the human factor (working conditions, education, income, living conditions), the technological state (information and consulting support, production infrastructure, level of use of innovative technologies), cluster regulation (regulatory and legal, legislative framework and financial and economic regulation). It is proposed to assess the effectiveness of the cluster application by indicators: total profitability, sales volume, asset volume, working capital ratio.

The formation and functioning of agricultural clusters is seen as the basis for the activation of investment activity, primarily in the regions. On the one hand, the agricultural cluster strengthens the integration of separate business entities that have a single goal, and on the other hand, it contributes to the activation of the investment process within the cluster and ensures a more accelerated pace of industrialization in the agricultural sector. The regional agricultural cluster acts as an informal institution, which is characterized by increased interaction and complementarity of formal institutions, the purpose of which is to increase the economic efficiency of production activities. Investment cooperatives play a large role in the creation of agricultural clusters. The cluster is also considered from the point of view of investment activity. From these positions, the cluster approach is considered a tool for creating a favorable investment and business climate in the system of ensuring the competitiveness of the territory, which indicates that the cluster is a complex, self-organized socially-oriented structure, the development of which is aimed, on the one hand, at increasing and effectively realizing the potential of the region, and on the other hand, at forming a positive perception of the territory's brand through the development and implementation of a mechanism for the socio-economic development of all spheres and subsystems of the region.

The formation of clusters based on public-private partnership is important. In this case, the following instruments of public-private partnership can be distinguished: legal instruments (legislative framework, agreements, target programs), organizational and economic (choosing the optimal organizational and legal form of the cluster), financial (revising standard methods of

financing public-private partnership in favor of "deferred payment" instruments, providing tax benefits) [2, 3].

The cluster approach is a new management technology that allows you to increase the competitiveness of both a separate region or industry and the state as a whole.

The need to apply a logistical approach to building internal interactions within a cluster includes: the use of information logistics; the implementation of internal cluster projects aimed at improving the quality of management; optimization of all flow processes; cooperation and collaboration of cluster participants. The main emphasis is placed on the need to introduce modern information technologies and establish information and logistics connections, moreover, at the state level [1, 4, 5, 7, 11].

The combination of cluster advantages with logistics is promising. The large methodological apparatus of logistics has proven its effectiveness, it allows you to build interaction between elements of the system on the principles of specialization, cooperation, integration and optimization, which allows you to reduce total costs and the costs of each element and obtain an overall synergistic effect, and accordingly, increase profits, improve the quality of the product (service) at the output, increase the competitiveness of each individual element and the entire system as a whole. While a cluster is a complex system consisting of a set of elements (organizations, enterprises, firms, companies) from different fields of activity. From the point of view of logistics, it can be imagined as a complex set of supply chains, managing which from the point of view of the above and system principles, you can obtain a synergistic effect.

The above indicates the relevance of this problem due to the fact that:

- relations between cluster participants on the basis of partnership and cooperation contribute to the mutual exchange of knowledge, which stimulates innovative activity;
- the cluster provides for the optimization of all business processes at enterprises in supply chains - the possibility of reducing costs;
- the cluster is focused on the effect of scale, the basis of which is the specialization of cluster participants;
- the cluster implements a synergistic effect;
- internal investments increase;
- employment growth and improvement of the standard of living of the population;
- external investment attraction increases;
- the development of the industry and the development of new technologies are observed;
- international competitiveness is strengthened;
- an increase in the competitive advantages of organizations, enterprises, firms, companies - cluster participants is observed;
- the main economic indicators of the activities of organizations, enterprises, firms, companies of the cluster and the growth of the main economic indicators of the region's activities are improved.

This is facilitated by the key features of the agro-industrial cluster, which determine its relevance: a combination of flexible production organization with a high level of specialization and competence; coordination of participants' actions; integration of education, science and business; reduction of the level of transactions between partner enterprises (organizations, firms, companies); diffusion of innovations; innovation orientation of the cluster; synergistic effect.

List of sources used

1. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем: монографія під заг.ред. д.т.н.,проф. Ауліна В.В. - Кропивницький: Видав. ФОП Лисенко В.Ф., 2021. 504 с.
2. Bolewski A., G. Ślusarz G., Dergachova V. Cluster Policy of Innovative Development of the National Economy: Integration and Infrastructure Aspects: monograph. Poznań: Wydawnictwo naukowe WSPIA, 2020. 382 pages.
3. Khaustova V. Y., Trushkina N. V. Strategic Management of Agrocluster Structures Development: The Foreign and National Practice. [Business Inform](#), 7(546), 2023. P. 182-197.

4. V. Aulin, O. Lyashuk, O. Pavlenko, D. Velykodnyi, A. Hrynkiv, D. Holub, S. Lysenko, Y. Vovk, V. Dzyura, M. Sokol Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system, Communication. Scientific Letters of the University of Zilina. 2019. Vol.21 (2), P. 5-14.
5. Мусатенко О.В. Підвищення ефективності логістичної системи постачань з використанням автомобільного транспорту: дис... канд. техн. наук: 05.22.01 / Національний транспортний університет, Київ, 2017. 168 с.
6. Pulina, T., Khmara, N. and Skripka, N. The creation of the concept agro-industrial cluster in the Zaporozhye region, Management and Entrepreneurship: Trends of Development, 4(06), 2018. P. 52-61.
7. Аулін В.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В., Головатий А.О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: Навчальний посібник. - Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. - 325 с.
8. Аулін В.В., Голуб Д.В., Великодний Д.О., Дьяченко В.О. Розв'язання проблеми надійності технологічних процесів вантажних перевезень підприємствами агропромислового виробництва. Центральнотрапнський науковий вiсник. Технiчнi науки. Кропивницький: ЦНТУ, 2019. Вип. 1(32). С. 36-45.
9. V. Aulin, A. Hrynkiv, O. Lyashuk, Y. Vovk, S. Lysenko, D. Holub, T. Zamota, A. Pankov, M. Sokol, V. Ratynskiy, O. Lavrentieva Increasing the functioning efficiency of the working warehouse of the "UVK Ukraine" company transport and logistics center, Communications, 2020. Vol. 22(2). P. 3-14.
10. Голуб Д.В., Аулін В.В., Біліченко В.В., Замуренко А.С. Реалізація системного підходу при визначенні ефективності функціонування складних регіональних транспортних систем. Вісник машинобудування та транспорту №15(1), 2022. С. 6-14.
11. Голуб Д.В., Аулін В.В., Великодний Д.О., Дьяченко В.О. Підвищення ефективності управління логістичним ланцюгом постачання в транспортній системі. Зб. тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання" 21-22 лют. 2019 р., м. Київ: НУБіП, Видавничий центр НУБіП України, 2019. С. 195-198.
12. Голуб Д.В., Аулін В.В., Кічура Р.П., Ювченко О.Ю. Цільовий підхід синтезу транспортно-логістичних систем як складних організаційно-технічних процесів. Тези XVII міжнародної науково-практичної конференції 21-23 жовтня 2024 року "Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту", м. Житомир: Житомирська політехніка, 2024. С. 54-56.
13. Аулін В.В., Голуб Д.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Дьяченко В.О., Замуренко А.С. Теоретичний підхід до оцінки ймовірностей безвідмовної роботи транспортних та виробничих систем і ланцюгів постачань на основі їх логічних структурних схем надійності. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. Вип. 1. С. 47-57.

УДК:633.853.32

КОНСТРУКЦІЯ БЛОКУ ЦИЛІНДРІВ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСУ

Руденко Т.В., доц., канд. техн. наук,
Кулешков Ю.В., проф., д-р техн. наук,
Чернявський В.О., маг. гр. ТС23М-2,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

Аксіально-роторні поршневі насоси та гідромотори стали незамінними елементами в багатьох секторах машинобудування завдяки численным перевагам. До основних з них відносяться компактність, легка вага та високий коефіцієнт корисної дії (ККД), що робить їх ідеальними для застосувань, де важливі ефективність і економія простору. Наприклад, у 1996 році в США з 34 компаній, що спеціалізуються на виробництві насосів для гідравлічних систем, 22 (65%) виробляли саме аксіально-поршневі моделі.

Існує кілька типових конструкцій таких насосів і гідромоторів, серед яких можна виділити такі варіанти:

1. З шатунним приводом і силовим карданом;
2. З шатунним приводом і безсиловим карданом;
3. З шатунним приводом без використання кардана;
4. З бесшатунним приводом і кільцевими гідростатичними опорами;
5. З бесшатунним приводом і точковим контактом сферичних торців поршнів із похилою шайбою.

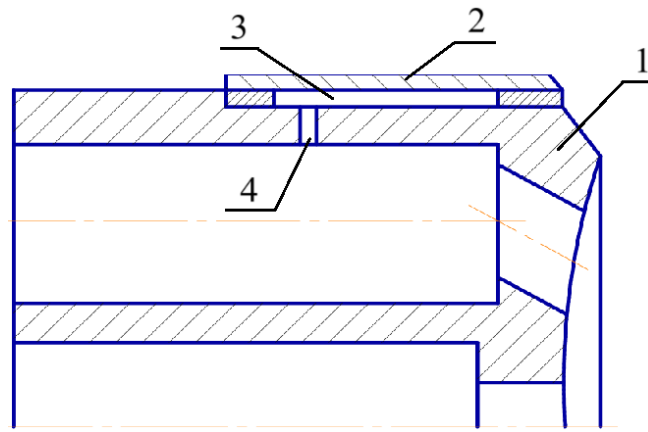
Усі ці конструкції мають спільну характеристику – використання торцевого розподілу робочої рідини, що сприяє підвищенню їх ефективності. Питома потужність таких насосів, що мають регулювання подачі, варіюється в межах від 2,7 до 9,8 кг/кВт. Для нерегульованих насосів або гідромоторів цей показник значно менший і складає 0,95–4,2 кг/кВт, що робить їх менш ефективними.

Однією з основних проблем, що виникають при експлуатації аксіально-поршневих насосів, є зношування циліндро-поршневих пар, що призводить до утворення зайвих зазорів і зниження ефективності насоса. Блок циліндрів працює під змінними навантаженнями, що може призвести до появи тріщин через втомленість матеріалу та зміну його геометрії.

Одним із способів збільшити міцність та жорсткість блоку циліндрів є зменшення напружень у критичних точках за допомогою розподілу тиску на зовнішню поверхню блоку. При впровадженні бандажа на зовнішню поверхню блоку циліндрів, він стискається під тиском, що наближається до робочого тиску насоса. Однак такий підхід не отримав широкого застосування через низьку втомну міцність матеріалу бандажа. Додатково, напруження на зовнішній поверхні блоку не залежить від тиску в самому циліндрі.

Пропонується нова конструкція блоку циліндрів, яка дозволяє рівномірно розподіляти стискаючі напруження. Для цього на зовнішню поверхню блоку циліндрів встановлюється бандаж, а в кожному циліндрі передбачено порожнини, сполучені з циліндром каналами. Вхідний отвір цих каналів розташовується в зоні зовнішньої мертвої точки, де поршень перебуває на максимальному відстані від дна циліндра. Це забезпечує рівність зусиль, які діють як на сам циліндр, так і на зовнішню поверхню блоку. Завдяки такому гідравлічному розвантаженню, напруження у критичних точках блоку знижуються, що дозволяє значно зменшити навантаження на бандаж і підвищити ресурс насоса, а також його коефіцієнт подачі та номінальний тиск.

Такий підхід дозволяє значно підвищити ефективність і термін служби аксіально-поршневих насосів, що є критично важливим для багатьох сучасних промислових застосувань.



1 – блок циліндрів, 2 – бандаж, 3 – бандажна камера, 4 – канал.

Рисунок 1 – Поздовжній переріз блоку циліндрів з гідравлічним розвантаженням, при з'єднанні бандажної порожнини з циліндром блоку

Список використаних джерел

1. Аврунін Г.А., Білий О.І., Кабаненко І.В., Експериментальне дослідження втрат потужності в сучасних аксіально-поршневих гідромашинах мобільної техніки //Механіка та машинобудування. Науково-технічний журнал. – Харків: НТУ "ХПІ". 2006р. №1. – С. 80-87.
2. Аврунін Г.А., Грицай І.В., Мороз І.І, Експериментальні параметри сучасного гідроприводу, що досягнуті концерном "Rexroth Bosh Group" // Промислова гідравліка і пневматика. – 2006. № 4(14). –С. 3-8.
3. Григоров О.В, Гідравлічний привод підйомно-транспортних, будівельних та дорожніх машин: Навч. посібник. – Харків.: НТУ "ХПІ", 2005. -264с.
4. ДСТУ 3455.1-96 Гідроприводи об'ємні і пневмоприводи. Частина 1. Загальні поняття. Терміни і визначення

УДК: 621.43.062

ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМКІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ГРМ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ

Шило О.О., *ст. гр. АТ 23М,*
Красота М.В., *доц., канд. техн. наук*
Шепеленко І.В., *проф., докт. техн. наук*
Осін Р.А., *доц., канд. техн. наук*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м.Кропивницький, Україна

Однією з найважливіших складових частин транспортного та енергетичного машинобудування є двигунобудування. На теперішній час існує тенденція до зменшення металоємності та підвищення ефективності та потужності сучасних двигунів внутрішнього згоряння при одночасному збільшенні їх надійності та довговічності. При цьому існує необхідність в розширенні комплексу науково-дослідних робіт щодо вузлів і деталей, що входять до складу двигуна, їх працездатності та достовірності діагностування.

В умовах експлуатації транспортних двигунів внутрішнього згоряння їм властива значна мінливість режимів за потужністю і частотою обертання [1, 2]. Від сил тиску газів та інерційних сил мас відбувається вплив на деталі двигуна у кожному циклі, що у результаті знижує розрахунковий запас циклічної міцності елементів конструкції до небезпечних меж [3, 4].

Робота двигунів внутрішнього згоряння є досить надійною на сучасному етапі розвитку двигунобудування. Це залежить значною мірою від безвідмовної роботи всіх вхідних елементів конструкції. Імовірність їх пошкодження має бути низькою при множинності однотипних елементів у складі конструкції.

Згідно наукових досліджень [5], газорозподільні механізми (ГРМ) є відповідальними складовими двигунів внутрішнього згоряння, які працюють безпосередньо в зоні протікання робочого процесу всередині циліндра. Недостатня надійність деталей ГРМ може призвести в процесі експлуатації до пошкодження гільзи циліндра та інших відповідальних деталей, що приводить до виходу з ладу всього двигуна і, як наслідок, великих матеріальних витрат на відновлення.

В результаті впливу високого нерівномірного нагрівання до температур активного корозійного середовища, механічного зношування, ударних навантажень і вібрацій, що виникають від різних збуджуючих факторів, що приводить до того, що деталі газорозподільного механізму працюють у найважчих умовах.

Зміна технічного стану елементів ГРМ призводить до погіршення потужносних, економічних та екологічних показників двигуна, зниження експлуатаційної надійності та збільшення витрат на ТО та ремонт. Високий коефіцієнт варіації зносу профілю кулачків розподільчого валу ($\kappa=0,3...0,7$ і більше) ускладнює прогнозування та профілактичну роботу щодо попередження відмов та несправностей ГРМ у рамках існуючої планово-попереджувальної системи ТО та ремонту.

Підвищення ефективності використання ДВЗ можливе вдосконаленням технологій ТО та ремонту за рахунок впровадження більш досконалих методів та засобів діагностування ГРМ, що реалізують методологію адаптивного управління технічним станом ДВЗ у процесі експлуатації.

Враховуючи вищевикладене, доцільно приділяти значну увагу щодо забезпечення працездатності ГРМ шляхом періодичного контролю їх технічного стану.

У зв'язку з цим актуальність зазначеного напрямку полягає у розробці нових або удосконаленні існуючих методів діагностування газорозподільних механізмів.

Всі несправності газорозподільного механізму можливо класифікувати на несправності механізму ГРМ та його приводу (рис. 1).

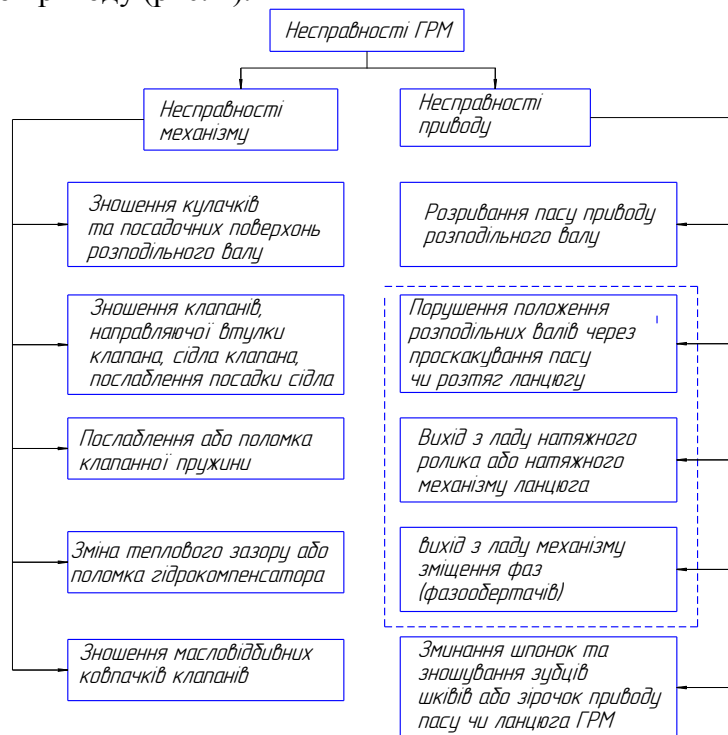


Рисунок 1 – Класифікація несправностей ГРМ

До них відносяться зношування кулачків та посадочних поверхонь розподільного валу, зношування деталей клапанного механізму. Знос цих деталей викликає до нещільну посадку клапанів, що у свою чергу приводить до утворення нагару на деталях в камері згорання.

При експлуатації двигунів у приводі ГРМ їх двигунів можуть відбуватися зміни, що викликають відхилення положення розподільних валів від норми. Це призводить до фазового зсуву моментів відкриття та закриття клапанів відносно положення колінчастого валу, зміни кількості та якісного складу робочої суміші, до збільшення обсягу відпрацьованих газів, зниження роботи сил тиску газів. В результаті падає потужність двигуна, крутний момент, збільшується витрата палива і токсичність відпрацьованих газів.

Як виявилось найскладніше діагностується саме зміщення розподільних валів від норми. Тому, існує необхідність в більш детальних дослідженнях в напрямку розробки методу діагностування несправностей положення розподільних валів механізму ГРМ базуючись на параметри газодинамічних процесів у впускному трубопроводі.

Список використаних джерел

1. Жерновий А.С. Аналіз та вибір засобу діагностування двигунів внутрішнього згорання / А.С. Жерновий, К.С. Колобов // Автошляховик України. Окремий випуск – К. : ДП "ДержавтотрансНДПроект", 2004. – С. 147 – 149.
2. Жерновий А.С. Розробка та дослідження методу діагностування двигунів внутрішнього згорання / А.С. Жерновий, К.С. Колобов // Автошляховик України. Окремий випуск – К. : ДП "ДержавтотрансНДПроект", 2005. – С. 56 – 59.
3. Чабанний В.Я. Практикум з експлуатації вантажних автомобілів. Навчальний посібник Уклад.: Чабанний В.Я., Магопєць С.О., Мажейка О.Й. та ін. – Кіровоград: Центрально-Українське видавництво, 2011. – 456 с.
4. Канарчук В.Є., Лудченко О.А., Чигиринець А.Д. Основи технічного обслуговування і ремонту автомобілів: Підручник. - К.: Вища шк., 1994. - (у 3-х кн.): Кн. 1: Теоретичні основи: Технологія. - 342 с; Кн. 2: Організація, планування і управління. - 383 с; Кн. 3: Ремонт автотранспортних засобів. - 599 с.
5. Komorska I. Diagnostic-oriented Vibroacoustic Model of the Reciprocating Engine / I. Komorska // SolidStat. – 2012. – № 180. – P. 214-221. – Available at: <https://www.scientific.net/>.

УДК 658.7:631.1

ЛОГІСТИЧНА СИСТЕМА ПОСТАЧАННЯ ПРОДУКЦІЇ З ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ В ТОРГІВЕЛЬНУ МЕРЕЖУ М. КРОПИВНИЦЬКИЙ

Чаплигін С.Г., *ст. гр. ТТ-22мб,*

Бакуменко М.А., *ст. гр. ТТ-22,*

Аулін В.В., *проф., д-р. техн. наук,*

Гриньків А.В., *ст. дослідник, канд. техн. наук,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Метою роботи є організація постачання продукції сільськогосподарського виробництва з фермерських господарств у торгову мережу м. Кропивницький рухомим складом підприємства ТОВ "ЛАНДТЕХ".

Для реалізації мети в роботі розв'язувалися наступні завдання:

- проаналізувати стан, структуру логістичного управління і систему постачання продукції з фермерських господарств наявним парком рухомого складу в торговельну мережу м. Кропивницький;

- з'ясувати номенклатуру продуктів харчування, обсяг та розробити блок-схему їх постачання від фермерських господарств у торговельну мережу м. Кропивницький;

- розробити заходи підвищення ефективності технології постачання продукції з фермерських господарств Кропивницького району Кіровоградської області у торговельну мережу м. Кропивницький рухомим складом ТОВ "ЛАНДТЕХ".

Для перевезення продукції сільськогосподарського виробництва з фермерських господарств у торговельну мережу м. Кропивницького ТОВ "ЛАНДТЕХ" пропонується відповідний парк транспортних засобів, зазначено марку автомобіля, рік випуску, вантажопідйомність та пробіг вантажних автомобілів.

Обстеження їх технічного стану дало можливість оцінити середні значення техніко-експлуатаційних показників. Результати представлені на діаграмах. Розглянуті такі показники функціонування парку машин як: коефіцієнт використання пробігу, вантажопідйомності, коефіцієнт технічного готовності та випуску автомобілів.

Визначено обсяги перевезень сільськогосподарської продукції в Кропивницькому районі Кіровоградської області за 2022-2024, а також помісячно за 2023 рік.

Розроблено блок-схему циклу постачання підприємством "ЛАНДТЕХ". Продукція сільськогосподарського виробництва постачалася від фермерських господарств Кропивницького району Кіровоградської області в торговельну мережу м. Кропивницький.

За результатами перевезень сільськогосподарської продукції проведена оцінка показників доходів та витрат у 2022-2024 роках.

Одним із шляхів підвищення ефективності логістичного процесу постачання сільськогосподарської продукції є оптимізація та оновлення парку транспортних засобів. Існують різні умови договорів на придбання транспортних засобів підприємством "ЛАНДТЕХ": кредитний договір, оренда з правом викупу, лізинг, відмінності між ними.

Другим шляхом підвищення ефективності процесу постачання сільськогосподарської продукції є розробка та оптимізація маршрутів з використанням елементів їх різних типів. Для цього було використано метод та алгоритм Кларка-Райта. Визначено 3 типи маршрутів та проведена оцінка об'єму постачань, коефіцієнту використання пробігу, часу обігу на маршруті та його довжина.

Наведені приклади реальних розрахованих маршрутів постачання сільськогосподарської продукції в Кропивницькому районі з використанням елементів зазначених типів.

За результатами досліджень зроблені висновки:

1. Розглянуто основні завдання, а також заходи щодо їх вирішення для вдосконалення логістичної системи підприємства ТОВ "ЛАНДТЕХ" по доставці продуктів сільськогосподарського виробництва від фермерських господарств Кропивницького району Кіровоградської області у торговельну мережу м. Кропивницький.

2. Проведено техніко-економічне обґрунтування, яке дозволило оцінити поточний стан логістичної системи та визначити перспективи для її подальшого вдосконалення.

3. Для вдосконалення логістичної системи пропонується оновити застарілий рухомий склад для вантажних перевезень, щоб зменшити експлуатаційні витрати. Після виконаних обчислень для здійснення перевезень продуктів харчування від фермерських господарств у торговельну мережу м. Кропивницький пропонується вибрати автомобілі JAC N35.

Зробивши розрахунки, знайшли вигідне місце для зберігання вантажного рухомого складу.

4. Сформовано 3 типових маршрути, з урахуванням запропонованих ефективних заходів. Для побудови маршрутів було здійснено розрахунок найкоротших відстаней і застосовано метод Кларка-Райта з використанням елементів типових маршрутів.

5. Зроблено порівняльний аналіз ефективності від запропонованих заходів. На тривалій перспективі вони дозволять знизити експлуатаційні витрати на перевезення продовольчих товарів, що сприятливо позначиться на економічному факторі і дозволить збільшити прибуток підприємству ТОВ "ЛАНДТЕХ".

6. Для вдосконалення маршрутів було також прийнято рішення раціональної зміни місця зберігання вантажного рухомого складу підприємства "ЛАНДТЕХ", та також розглянуто варіанти альтернативних оптових баз продукції фермерських господарств. Але ці питання потребують подальших ретельних досліджень.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній: за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В. Кропивницький : Видавець Лисенко В. Ф., 2022. 325 с.
2. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Головатий А. О., Голуб Д. В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем: монографія; за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В. Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2021. 503 с.
3. Аулін В. В., Голуб Д. В., Гупка А. Б. Логістичний підхід в дослідженні процесів вантажних перевезень у фермерських господарствах агропромислового комплексу України. *Вісник Інженерної академії України*. 2016. № 4. С. 61–66.
4. Аулін В. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В. Удосконалення системи транспортного обслуговування підприємств агропромислового виробництва. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2017. Вип. 47, ч. II. С. 3-10.
5. Аулін В. В., Лисенко С. В., Мельничук С. В., Сорока Б. А. Інформаційне забезпечення системи технічного сервісу автомобілів в агропромисловому виробництві. Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті", м. Вінниця, 2023. С. 45-48.

УДК 658.286:658.07:332.1

ІНСТРУМЕНТИ ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЦЕНТРІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА В РАЙОНАХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Санжаков С.А., *ст. гр. ТТ-22,*
Надточій А.І., *ст. гр. ТТ-22мб,*
Лисенко С.В., *доц., канд. техн. наук,*
Лівіцький О.М., *канд. техн. наук,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Мета дослідження – з'ясувати концепцію та розробити методики створення і функціонування логістичних розподільчих центрів агропромислового виробництва районів Кіровоградської області.

Основні завдання:

- проаналізувати засоби формування і функціонування логістичних розподільчих центрів в районах Кіровоградської області;
- з'ясувати основні аспекти концепції логістичного розподільчого центру агропромислового виробництва;
- розглянути сукупність основних факторів формування і функціонування логістичних розподільчих центрів агропромислового виробництва в районах Кіровоградської області;
- оцінити ефективність функціонування логістичних розподільчих центрів агропромислового виробництва районів Кіровоградської області як логістичну систему.

Важливим в регіональному масштабі розвивати розподільчі логістичні центри. Наведена класифікація таких центрів.

Схематично відображені потоки в системі "виробник-торгові мережі". Визначено схеми потоків до впровадження і після впровадження логістичних центрів.

Запропонована організаційно-функціональна структура регіонального логістичного розподільчого центру. Розроблено блок-схему процесів регіонального логістичного розподільчого центру в агропромисловому виробництві. В схемі відображені основні та допоміжні процеси транспортування.

Основні логістичні центри агропромислового виробництва розташовані в районах Кіровоградської області: Кропивницькому, Олександрійському, Новоукраїнському і Голованіському. Представлені обсяги виробництва сільськогосподарської продукції в цих районах протягом 2020-2022 років.

Аналіз обсягів виробництва дав можливість розробити зонування логістичного розподільчого центру районів Кіровоградської області. При цьому були виділені групи значущих факторів розміщення регіонального логістичного розподільчого центру.

В роботі розглянуто також показники ефективності регіонального логістичного розподільчого центру та зазначено метод їх оцінки.

За результатами досліджень зроблені висновки:

1. Агропромислове виробництво Кіровоградської області є провідною системоутворюючою сферою економіки області, що формує агропродовольчий ринок, продовольчу та економічну безпеку регіону, трудовий та поселенський потенціал сільських територій.
2. Однією із слабких сторін та головних перешкод на шляху розвитку агропромислового виробництва Кіровоградської області є недостатній розвиток служби логістики, відсутність стабільних каналів реалізації готової продукції.
3. У ході досліджень було розроблено концепцію мережі логістичних центрів агропромислового виробництва Кіровоградської області. Це мережа консолідаційних центрів

сільськогосподарської продукції, виробленої фермерськими господарствами, що складається з складських споруд класу А на територіях м. Кропивницький, м. Олександрія, м. Знам'янка.

4. Кожен консолідаційний центр передбачає будівництво розподільчого центру класу А з автоматизованою системою складського обліку та спеціальною системою зберігання сільськогосподарської продукції планується на території площею 15 гектарів, 12800 м² на складські приміщення, решта – на офісні. На території планується благоустрій, до якого входять: стоянка для вантажного транспорту, організація місця для відкритого складу, будівництво КПП.

5. Термін окупності інвестицій одного логістичного центру становитиме 5 років. Рентабельність дорівнює 70%. При загальних інвестиціях рівних 235 782 тис. грн.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. 393 с.
2. Аулін В. В., Великодний Д. О., Голуб Д. В., Дьяченко В. О. Методи формування системи транспортно-технологічного забезпечення в агропромисловому виробництві. Транспорт і логістика: проблеми та рішення : матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції, 27–28 вересня 2018 р. Одеса, 2018. С. 15–17.
3. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Головатий А. О., Голуб Д. В. Технологія створення логістичних кластерів та логістичних центрів для підприємств АПК. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті : матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції, 12–14 квітня 2023 р. Вінниця, 2023. С. 118–121.

UDC 629

FORMATION OF MICROCLIMATE IN THE INTERIORS OF WHEELED VEHICLES BY HEATERS OF DIFFERENT DESIGNS

Magopets M.S., *postgraduate student,*
Aulin V.V., *prof., Dr. of Technical Sciences,*
Diachenko D.O., *postgraduate student,*
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

In modern conditions of operation of wheeled vehicles (WVs), the problem of ensuring an appropriate microclimate in the vehicle interior is relevant. Comfortable conditions of stay in the vehicle directly affect not only the physiological and psychological state of the driver and passengers, but also the level of road safety. This issue requires special attention in the cold season, when low air temperatures can cause hypothermia, fatigue, reduced reaction speed and deterioration of the driver's concentration. Based on sanitary and hygienic standards, it has been established that the optimal temperature indicators of the air in the cabin should be from +16 to +26 °C. Achieving such conditions is possible only with the effective operation of the heating, ventilation and air conditioning (OVC) systems [1]. If there are malfunctions in these systems, the operation of the car becomes not only uncomfortable, but also potentially dangerous.

In most commercial vehicles with internal combustion engines (ICE), passenger compartment heating is implemented by using thermal energy removed from the engine cooling system [2]. The liquid heated during engine operation circulates through the heater radiator, transferring heat to air flows that are directed into the passenger compartment by a fan. However, a significant disadvantage of such a system is its dependence on the degree of engine warm-up. At low external temperatures, reaching operating temperatures can take up to 20 minutes, which is unacceptable from the point of view of comfort and environmental friendliness.

To solve this problem, autonomous pre-heaters are increasingly being introduced in many countries. They can operate independently of the engine start and provide preliminary heating of the passenger compartment and the cooling system. The most common types of such devices include: fuel liquid heaters (e.g. Webasto, Eberspächer), using diesel fuel or gasoline; fuel air heaters, which directly heat the air in the passenger compartment; electric liquid and air heaters, operating from a 220 V network or from a battery.

Studies of the effectiveness of various types of heaters show that most of them are able to provide a comfortable temperature regime in the passenger compartment for 10...15 minutes. Compared with remote engine start, autonomous heaters of wheeled vehicles demonstrate higher efficiency, as they contribute to reducing wear of the power unit, saving fuel and reducing emissions of harmful substances, which is especially important for outdated cars without an exhaust gas purification system [3].

In the context of wheeled vehicles, the problem of interior heating is even more acute. The absence of an internal combustion engine as a heat source leads to the fact that heating systems consume a significant part of the battery charge. The use of autonomous electric or even fuel heaters allows you to reduce energy consumption and increase the range of electric vehicles by 25...50% at low temperatures. In the Scandinavian countries and Germany, this practice is in demand among drivers [4].

From an economic point of view, the installation of autonomous heaters is a reasonable investment. The initial investment pays off due to fuel savings, reduced wear of engine elements, reduced repair costs, and reduced time to prepare the car for a trip. However, the payback period depends on the type of preheater and ranges from 3 to 7 years for non-commercial transport with low average annual mileage.

In addition, the availability of high-quality heating is also important in professional industries - in particular, in agricultural machinery, special equipment, commercial transport, where the driver's long stay in the cabin requires proper working conditions. And the payback period for such types of equipment is several times shorter due to greater use. Compliance with microclimatic standards in such conditions also contributes to increased labor productivity and reduced risk of occupational diseases.

However, the introduction of mechatronic devices and technologies in Ukraine is hampered by a number of factors: the lack of a sufficient number of certified service centers, low consumer awareness, as well as the instability of fuel and electricity prices. In this regard, prospects are opening up for the development of the auto service sector, in particular by organizing training for specialists, creating specialized centers for the installation and maintenance of autonomous heating systems.

In the future, it is advisable to conduct further research on: improving the design of autonomous heaters with increased efficiency; integration with digital control systems of wheeled vehicles; reducing environmental impact; adaptation to operating conditions in the Ukrainian climate.

Thus, ensuring a comfortable microclimate in the cabin of wheeled vehicles is not only a factor of comfort, but also an important element of their safety and efficiency of use. The use of autonomous heating systems, especially in winter conditions, is a promising direction of development both at the level of individual users and on the scale of the country's transport infrastructure.

List of sources used

1. How do air conditioning systems work in a car? Universal Technical Institute : веб-сайт. URL: <https://www.uti.edu/blog/automotive/air-conditioning> .
2. Решетило А. О., Решетило О. М., Гуменюк П. О., Маркіна Л. М. Системи забезпечення мікроклімату салону легкового автомобіля. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. 2017. №26. С. 227-232.
3. Сітовський О.П., Деркач В.Л. Визначення впливу передпускового підігріву на характеристику роботи двигуна з підвищеними обертами холостого ходу. *Наукові нотатки*. 2014. №44. С. 282-285.
4. Elektroauto im Winter: So wirkt sich Kälte auf Verbrauch und Reichweite aus. ADAC : веб-сайт. URL: <https://www.adac.de/rund-ums-fahrzeug/elektromobilitaet/info/elektroauto-reichweite-winter/>.

УДК 628.4.047:629.114.2

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СМІТТЄВОЗІВ УДОСКОНАЛЕННЯМ КУЗОВНОЇ СИСТЕМИ УЩІЛЬНЕННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Гаркуша Б.В., *ст. зр. АТТ-23М-1,*
Степанов В.В., *ст. зр. АТ-23мб,*
Голуб Д.В., *доц., канд. техн. наук,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Метою даної роботи є підвищення продуктивності роботи сміттевозів, за рахунок розробки і обґрунтування їх кузовної системи ущільнення поступально-обертальної дії для твердих побутових відходів.

Для досягнення мети сформульовані основні завдання роботи, які полягають у наступному:

- розробити математичну модель процесу взаємодії штовхаючої плити сміттевозу з ущільнювальним середовищем при поступально-обертальному ущільненні;
- визначити модулі деформації твердих побутових відходів різних типів при поступальному і поступально-обертальному ущільненні;
- визначити залежності міри ущільнення і осьового зусилля, що створюється гідроциліндром при поступальному і поступально-обертальному ущільненні;
- розробити методику розрахунку основних параметрів поступально-обертальної системи ущільнення в конструкції сміттевозів;
- визначити економічну ефективність застосування поступально-обертальної системи ущільнення відходів в конструкції сміттевозів.

Об'єкт дослідження – кузовна система ущільнення сміттевозів поступально-обертальної дії.

Предмет дослідження – робочі процеси кузовної системи ущільнення сміттевозів поступально-обертальної дії.

В роботі наведено основні поняття напрямків збирання і транспортування твердих побутових відходів. Проведено аналіз електронних систем контролю збирання і транспортування твердих побутових відходів.

Дано аналіз системи ущільнення відходів в конструкціях сміттевозів. Проаналізовано фізичний процес ущільнення відходів при поступально-обертальному русі плити. Розроблено математичну модель процесу взаємодії штовхаючої плити сміттевоза з ущільнювальним середовищем.

Визначено параметри ущільнення твердих побутових відходів. Визначено ступінь ущільнення відходів різних структур. Проведено оцінку адекватності математичного моделювання процесу ущільнення твердих побутових відходів. Наведено алгоритм розрахунку основних параметрів поступально-обертальної системи ущільнення в конструкції сміттевозів та техніко-економічну ефективність її впровадження.

За результатами досліджень зроблені висновки:

1. Запропоновано новий тип системи ущільнення твердих комунальних відходів, який поєднує поступальний і обертальний рухи плити, що дозволяє підвищити міру їх ущільнення і продуктивність сміттевозів за рахунок додавання в процес ущільнення додаткової дотичної сили, яка забезпечує зрушення, дроблення, а також перемішування часток і рівномірний розподіл твердих комунальних відходів в кузові сміттевозів.

2. Розроблена математична модель процесу взаємодії штовхаючої плити сміттевозу з ущільнювальним середовищем при поступальному і поступально-обертальному ущільненні, яке враховує сили опору, властивості матеріалу і їх зміни в часі і в процесі ущільнення.

3. Отримано залежності міри ущільнення і напруги, що виникає в середовищі відходів при поступальному і поступально-обертальному ущільненні, а також модулі деформації. Визначено зменшення значень модулів деформації при порівнянні поступальної і поступально-обертальної систем ущільнення відходів: пластикових на 22,23 %, металевих на 20,03 %, паперових на 22,39%, скляних на 96,86 %.

4. Встановлено підвищення міри ущільнення при поступально-обертальній дії в порівнянні з поступальним ущільненням відходів. При ущільненні пластикових відходів міра ущільнення зростає на 51,2 %, металевих на 27,2 %, паперових на 33,3 %, скляних на 269,2%.

5. Розроблена методика розрахунку основних параметрів поступально-обертальної системи ущільнення в конструкції сміттєвозів, яка дозволяє підібрати характеристики гідродвигунів і типорозміри сміттєвозів.

6. Визначено техніко-економічну ефективність поступально-обертальної системи ущільнення, яка дає зниження питомих річних витрат на транспортування твердих комунальних відходів: для пластикових на 29,1 %; для металевих на 4,7 %; для паперових на 26,4 % і для скляних відходів на 70,9 %.

УДК 656.025.4:519.876.5

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СЦЕНАРІЮ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ У ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ

Сілін О.В., *ст. гр. ТТ-23М,*

Аулін В.В., *проф., д-р. техн. наук,*

Гриньків А.В., *ст. дослідник, канд. техн. наук,*

Лівіцький О.М., *канд. техн. наук,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

В дослідженнях використано програмний продукт *PTV Vissim*. Для визначення необхідних параметрів транспортного потоку було створено умовну модель дороги в середовищі *Vissim*. Ця модель передбачала можливість перенаправлення автомобілів із головної дороги на об'їзні дороги через дороги, що примикають, а потім їх перенаправляти на початкову дорогу, на якій виникли перешкоди.

Умовна модель вулично-дорожньої мережі на під'їзді до м. Київ складається з однієї основної багатосмугової дороги, п'яти доріг, що примикають, і одна об'їзна дорога, яка паралельна з головною дорогою, що має пропускну спроможність, еквівалентну головній дорозі (серед доріг, що розглядаються, прилеглих до головної дороги). Транспортний засіб (ТЗ) на головній дорозі рухаються 4-ма смугами. Кожна сусідня дорога має дві смуги руху, спрямованими вправо відносно основного напрямку руху по дорозі. Перерозподіл транспортного потоку від основних доріг на об'їзну дорогу здійснюється на перехрестях через систему динамічних інформаційних табло та дорожніх знаків, що найкраще сприяє процесу перерозподілу та інформування учасників дорожнього руху.

При цьому дослідження проводили на основній (головній) дорозі, що мала довжину 4500 метрів, кожна сусідня дорога – 500 метрів, а об'їзна дорога – 4500 метрів. Тобто автомобілі, що прямують на об'їзд, здійснювали перепробіг 1000 метрів щодо початкового маршруту.

Базова модель дороги була спроектована з метою імітації поведінки ТЗ у разі виникнення перешкоди у русі транспортного потоку на основній дорозі під різними сценаріями управління дорожнім рухом (УДР). Ці перешкоди могли бути спричинені різними факторами, такими як дорожньо-транспортної пригоди (ДТП), несанкціоноване паркування, дорожньо-ремонтні роботи, звуження проїжджої частини дороги та інші. При цьому дві смуги руху на основній дорозі були перекриті, що призводило до труднощів у русі.

Проблема перекриття смуг моделювалися в моделі та одночасно відображалися у відповідних заходах щодо УДР:

- перенаправлення транспортного потоку на сусідню та об'їзну дорогу;
- встановлення зони обмеження швидкості до помсти ДТП;
- організація безпечної зони зміни смуги руху транспортних засобів.

Розглянемо результати спостереження на умовній ділянці з визначення залежності між кількістю транспортних засобів, що проїжджають через перехрестя, та тривалістю роздільної здатності фази світлофорів. Метою даного спостереження було вивчення впливу тривалості роздільної фази світлофорів і вхідного потоку на характеристики транспортного потоку - загальний потік.

Дослідження проведено з використанням програмного забезпечення *Vissim PTV*. Основний потік варіюється в діапазоні від 1000 до 3000 автомобілів з кроком 250. Для кожного основного потоку, що вводиться в мережу, проводиться 19 експериментів з різною тривалістю роздільної здатності світлофорів від 5 до 95 секунд. Початковий експеримент має тривалість роздільної фази світлофорів 5 с, при вхідному транспортному потоці 1000 од./год. Інші дослідження полягали у покроковому подовженні 5 секунд роздільної здатності фази

світлофорів.

На основі моделі дорожньо-транспортної мережі (ДТМ), що спроектована на *Vissim*, визначаються параметри транспортного потоку (ТП). Результати моделювання представлені в наступних таблицях 1 та 1.

Таблиця 1 – Залежність значення тривалості роздільної здатності фази від інтенсивності ТП та пропускної спроможності об'їзних доріг з двома смугами

	Тривалість дозвільної фази світлофора, с.																		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Інтенсивність ТП, авт./цикл	1	5	9	13	18	22	27	30	33	37	41	45	50	54	59	62	67	70	74
	2	6	10	14	19	23	28	31	34	38	42	46	51	55	60	63	68	71	75
	3	7	11	15	20	24	29	32	35	39	43	47	52	56	61	64	69	72	
	4	8	12	16	21	25			36	40	44	48	53	57		65		73	
				17		26						49		58		66			

Таблиця 2 – Залежність значення тривалості роздільної здатності фази від інтенсивності ТП і пропускної здатності сусідніх доріг з однієї лінії

	Тривалість дозвільної фази світлофора, с.																		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Інтенсивність ТП, авт./цикл	1	3	4	6	8	11	13	15	16	18	21	23	26	28	30	31	33	35	37
	2		5	7	9	12	14		17	19	22	24	27	29		32	34	36	38
					10					20		25							39

З даних таблиць видно, що при збільшенні тривалості роздільної фази світлофорів і відповідному розподілі транспортного потоку настає момент, коли обсяг реального потоку через перехрестя не збільшується далі, при подальшому збільшенні вхідного потоку транспорту. Це вказує на досягнення критичної точки в транспортній мережі, де максимальна кількість автомобілів, здатна пройти через перехрестя, вже досягнута за заданої тривалості роздільної здатності фази світлофорів. Точка насичення відображає максимальний рівень потоку, який доцільно спрямовувати до цієї мережі за певного режиму роботи світлофорів.

За даними експерименту для кожного вхідного потоку було виявлено оптимальна тривалість роздільної здатності фази світлофора, при яких спостерігаються найкращі значення потоку, що проходить.

Таблиці 1 і 2 показують, як змінюється кількість ТЗ, що проходять через перехрестя при фіксованому значення вхідного основного потоку зі збільшенням довжини роздільної здатності фази світлофора. Кількість проходження ТС через перехрестя збільшується пропорційно зростанню довжини роздільної здатності фази світлофора. Для кожного потоку, виходячи з даних таблиць, можна виділити оптимальну тривалість фази, проте оптимальний режим роботи світлофорів відрізняється в залежності від кількості автомобілів, що проходять перехрестя.

Проведено експериментальне дослідження (спостереження) на умовній ділянці з визначення залежності між кількістю ТЗ, що проїжджають через місце з ДТП, швидкістю транспортного потоку та інтенсивністю вхідного потоку

На основі розробленої базової моделі дорожньої мережі було проведено дослідження залежності між інтенсивністю в'їзду на мережу ТЗ та їх кількістю, що виїжджають з ділянки дороги, що розглядається.

Дослідження було проведено протягом 1 години. У наведеній таблиці 3 показані результати моделювання ситуації на транспортній мережі, при якій 2 з 4 смуг на головній дорозі закриті. Інтенсивність вхідного потоку склала 1500 авт/год з інтервалом в 250 авт/год.

Таблиця 3 – Залежність значення пропускної спроможності від інтенсивності ТП

№	Інтенсивність вхідного потоку (авт./год)	Кількість ТЗ, що виїждять (авт./год)	Остаточний потік (авт./год)	Середня швидкість (км/год)	Середній час в дорозі (с)
1	1500	1408	1	51,88	208,18
2	1750	1682	1	51,67	209,15
3	2000	1898	1	51,50	209,75
4	2250	2155	1	51,32	210,62
5	2500	2397	1	51,09	211,53
6	2750	2608	1	50,79	212,79
7	3000	2816	1	50,39	214,59
8	3250	3050	1	49,33	219,33
9	3500	3276	1	47,03	230,22
10	3750	3466	1	42,28	255,93
11	4000	3477	1	30,17	346,73
12	4250	3432	1	21,94	448,14
13	4500	3459	247	19,29	507,51
14	4750	3435	520	17,73	558,41
15	5000	3494	693	17,48	568,10
16	5250	3465	949	16,70	598,41
17	5500	3472	1206	16,48	609,26
18	5750	3469	1472	16,23	623,39
19	6000	3460	1753	15,95	632,88
20	6250	3450	2007	15,76	639,87
21	6500	3467	2250	15,74	640,30
22	6750	3466	2512	15,63	646,32
23	7000	3430	2763	15,33	661,53
24	7250	3457	3025	15,40	657,98
25	7500	3446	3263	15,24	666,07
26	7750	3451	3493	15,23	667,10
27	8000	3474	3732	15,33	661,92

Таблиця 3 відображає зміну швидкості проходження мережі доріг зі збільшенням основного вхідного потоку. Швидкість руху автомобілів у транспортному потоці знижується пропорційно до зростання обсягу транспортного потоку. За умови закриття двох смуг руху на головній дорозі середня максимальна кількість ТЗ, здатних проїхати цю ділянку за 1 годину, становить 3450 автомобілів. При збільшенні кількості ТЗ, що йдуть за цим маршрутом, ця величина залишається незмінною, проте змінюється середня швидкість руху ТЗ. Середня швидкість руху знижується з 42,28 км/год при 3750 автомобілях за годину до 15,23 км/год при 8000 автомобілях за годину. Швидкість знижується обернено пропорційно збільшенню щільності ТЗ. Проте після досягнення щільності в 6000 автомобілів на годину, швидкість більше не знижується і залишається на середньому рівні 15,5 км/год. Різку зміну в залишковому потоці можна спостерігати з інтенсивністю 4500 авт./год, що говорить про неефективність і недоцільність цього потоку і вище.

Таким чином результати досліджень вказують на те, що мережа не може пропускати такий обсяг автомобілів без створення заторів, тому потік необхідно розподіляти ще до його входу в цю мережу.

УДК 656.073.7: 338.3

МЕТОДИ ІННОВАЦІЙНОЇ ЛОГІСТИКИ У ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ: ОМНІКАЛЬНА МОДЕЛЬ

Кузьменко Д.Е., *ст. гр. ТТ-23М,*
Лисенко С.В., *доц., канд. техн. наук,*
Лівіцький О.М., *канд. техн. наук,*
Головатий А.О., *ас.,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Інноваційна логістика – це невід’ємна частина сучасної логістики, яка дозволяє вивчати потребу та можливість додавання до логістики інноваційних рішень, а також впровадження у процеси управління для оптимізації роботи.

На сьогоднішній день світ живе за часів, коли повсюдно відбувається цифрова революція, яка перейшла до Індустрії 4.0. Весь цей процес є об’єднання різних технологій і створення максимально непомітними межі між фізичними та цифровими сферами.

Інновації, які так активно заповнили все навколо, у тому числі й цифрові технології, дуже змінили напрямки та розвиток бізнесу, виготовлення товарів та послуг, які використовуються постійно. Розвиток усіх сфер значно позначилося на ланцюзі постачання товару споживачеві.

Безперервний розвиток, зрештою, призведе до того, що значна частина логістичних процесів стане на половину автоматичної та ІТ-рішення для логістики стануть буденністю у всіх підприємствах, фірмах, компаніях та їх роботі.

Нижче представлені напрями логістичних потоків (еволюція каналів збуту) (табл.1).

Політика омнікальної моделі налаштована на те, що споживач не повинен відчувати різниці між онлайн-магазином та офлайн-магазином. У момент здійснення покупки, людині, що перебуває в звичайному магазині, надаються такі ж товари та послуги, як і тому, хто здійснює покупку з пристроєм. До цього ж відносяться ціна на товари, акції, знижки, умови оплати товару, які більше віддає перевагу клієнту тощо.

Таблиця 1 – Моделі каналів (логістичних потоків) збуту товарів (вантажів)

Вид моделі	Опис моделі
Моноканальна модель	Ця модель має два варіанти: - роздрібний магазин; - онлайн магазин, який не має пунктів видачі товару. Свої покупки клієнт може отримати тільки шляхом доставки до дверей або до поштових відділень.
Мультиканальна модель	У цій моделі є кілька каналів збуту, роздрібний магазин, онлайн-магазин, каталоги. Споживач може отримати свій товар шляхом звернення до одного з представлених каналів
Кроссканальна модель	Споживач стикається з кількома варіантами каналів. Людина, яка замовила товар на сайті, отримує його в зручному для нього магазині торгової мережі.
Омнікальна модель	Моделі виглядає як поєднання каналів збуту. Все спрямоване бажання споживача. Він може вибрати будь-який варіант придбання товару

Головна особливість омнікальної моделі полягає у тому, що власники, назвали свою модель постачання і продажів товарів омнікальною і процеси зобов'язані їй відповідати. У їхній власності мають бути не лише звичайний магазин або пункт видачі та інтернет-магазини з версією для мобільних телефонів, що знаходяться під єдиним брендом. Вся робота, у всіх точках постачання і продажів повинна бути прив'язана до єдиної технологічної

платформи та управління має відбуватися завдяки їй. Крім цього, має бути одна система, що дозволяє вести облік товаром.

Використання омніканальної моделі при цьому призведе до безпосередніх змін у політиці підприємств, фірм, організацій, компаній, що приведе до введення нових технологічних програм. До основних елементів системи омніканального збуту відносяться: роздрібні магазини; інтернет-магазини; каталоги; кол-центри; мобільні програми; термінали самообслуговування; соціальні мережі та інші.

Існування омніканальної моделі було б неможливим без логістики. Логістика здійснює величезний внесок у всі процеси роботи організацій, підприємств, фірм, компаній. При впровадженні моделі збільшуються навантаження управління запасами, а маршрутизація товарів при цьому дуже ускладнюється. Це стосується і доставки вантажу в торгові точки, і доставки клієнтам. Мимо цього кількість маленьких замовлень збільшується, і навіть змінюються функції магазинів, які об'єднують у собі місце для продажу товару і склад, для зберігання товарів.

Час, коли в логістиці було найважливішим показником, доставка з точки А в точку Б вже минула. На сьогоднішній день конкуренція має величезне значення для будь-якої організації, щоб бути лідером необхідно приділяти більше уваги клієнтам та задовольняти їхні вимоги та очікування. Для логістичної компанії життєвою необхідністю є забезпечення своєчасної доставки товару, прозорості ланцюжка постачань, прозорості життєвого циклу продукції та якості послуг.

Інновації щільно входять у всі сфери життя так само, як і не оминули стороною управління ланцюгами постачання. Регулярно розвиваються нові технології: 3D-принтери, дрони, штучний інтелект, доповнена реальність. Всьому цьому тут же знаходять застосування у закупівлі, транспортуванні, управлінні запасами. Цифровізація дозволяє зробити продукт доступнішим для споживача, тим самим збільшуючи його цінність, а часом і вартість. Управління цими пристроями можна здійснювати через інтернет, що, у свою чергу, збільшить продуктивність. А також дозволить контролювати процес, не відходячи від цифрового пристрою.

Інтернет-Речей – це мережа фізичних об'єктів, вбудованих в електроніку, а також програмне забезпечення датчики, що мають мережне підключення, що дозволяє цим об'єктам збирати дані та обмінюватися ними, часто використовуючи для цього Інтернет. Також Інтернет речей можна охарактеризувати як платформу, де існує пристрій у ньому укладено ряд датчиків і виконавчих механізмів, у свою чергу вони повідомляють про свій стан, а також стан навколишнього середовища, можуть самі контролювати процес і вживати заходів залежно від обраних параметрів користувачем через інтернет. Така платформа забезпечує зв'язок між усіма розумними пристроями. Розумний будинок, який зав'язаний на одній платформі і передає всю можливу інформацію спочатку в мережу для обробки даних, а потім на телефон до господаря будинку. З такою платформою можна змінювати та контролювати температуру, вологість, виставляти світло та різні параметри.

Сфера застосування Інтернету речей можна сказати безмежна, до платформи вже підключено 8,4 млрд. пристроїв, це вже більше, ніж населення планети. Інтернет речей входить у сферу логістики, для звичайних користувачів плюсами є те, що можна відстежувати посилки, ступінь обробки замовлення в реальному часі. Поява функції розрахунку вартості, не встаючи з робочого місця, полегшує взаємодію підприємств, фірм, організацій, компаній, які хочуть співпрацювати між собою. Дані бізнес-процеси сприятливо впливають на автоматизацію, а також дозволяє зменшити втручання ручної праці, яка є витратною та не завжди якісною, збільшення якості завжди сприятливо позначається на задоволеності клієнтів.

Прозорість Інтернету-Речей дозволяє організувати вільний доступ до даних та маршрутизації товару на всіх етапах проходження. Простим прикладом може бути віртуальний торговий майданчик. Коли споживач замовляє товар в інтернет-магазині і він може відстежувати пересування товару в реальному часі. Такий підхід дозволяє клієнту не

тільки бути спокійнішим, але й розуміти, коли він отримає свій товар. Інтернет-Речей зручний як для споживача, так і продавця.

Технологія 3D-друку будується на пошаровому створенні моделі за допомогою спеціального 3D-принтера, який виробляє тривимірні моделі. Цей прилад дозволяє втілювати у реальність фізичні об'єкти за комп'ютерним ескізом. Застосування цих моделей існує в різних сферах, основним завданням їх є швидке виготовлення зразків об'єктів. При виготовленні подібних зразків йде порівняно невелика кількість матеріалу, що дає позитивний відгук економіки організацій, підприємств, фірм, компаній. 3D-принтер застосовується в різних сферах: ювелірних виробках, одягу, авіації, космосу, будівництві, виробництві зброї, меблів, продуктів харчування, переробці сміття, музичних інструментів і т.д.

3D-принтер вже існує у багатьох будинках. Люди використовують його для повсякденних завдань. Багато хто купує його для розваг, виготовляє мініатюри, іграшки для дітей і просто зводить це заняття в розряд хобі.

Впровадження інновацій істотно може позначитися на різних сферах і є ризик повного зникнення деяких сфер. Так, наприклад, виникли сумніви щодо розвитку логістики. На думку деяких людей, логістика може піти з багатьох сфер через 3D-принтер. Підприємства, фірми, компанії, які купують такий принтер, можуть легко відмовитися від ряду запчастин на користь 3D-моделей, створених у них. З економічної точки зору це дуже вигідне вкладення, оскільки витрати будуть разові, а потім тільки на матеріали для виготовлення деталей, коли як раніше так само підприємство замовляла деталі з іншого міста або країни, вдаючись до послуг логістики. На даному етапі логістика теж буде використовуватися, але не так активно і лише при замовленні матеріалу, що негативно позначиться на транспортних підприємствах.

Уберизація - це заміна посередників (людей чи організацій). Принцип роботи її побудований на наданні людям таксі шляхом замовлення його в мобільному додатку, де можна відстежити весь шлях водія та як далеко він знаходиться від місця призначення. Головною метою уберизації є поєднання різних спільних ресурсів для більш ефективної роботи. Сенс цього задуму полягає в тому, що клієнт та організація легко знаходять одне одного. Запускаючи програму, клієнт запроваджує необхідні параметри, а програма видає йому організацію. Таким чином, завдяки уберизації не потрібно звертатися до посередників та витратити більше фінансових та тимчасових ресурсів.

Убер-платформа вже існує повсюдно. Люди замовляють таксі, купують квитки у кіно, театр чи на потяги та літаки, знімають житло та купують їжу. Ця інновація дуже щільно увійшла до життя людей. Логістика теж поступово підходить до подібних нововведень, вже на даному етапі простежується зменшення кількості логістичних компаній. Зменшення підрядників зводиться до того, що компанії на пряму через послуги знаходять перевізників за рахунок чого спрощуються договірні відносини, знижуються витрати на вирішення певних завдань, за такої доступної схеми можна максимально масштабувати бізнес-процеси.

Розглядаючи уберизацію логістичних систем, вже існує одна платформа, яка дозволяє пов'язати людей та компанію. Такою програмою є "АТІ". У цій програмі компанії з перевезення проводять пошук водіїв та вантажного транспорту для перевезення, враховуючи необхідні параметри звідки й куди здійснюється перевезення, вартість перевезення та цінність вантажу, починається автоматичний пошук водіїв. Одна база даних дозволяє охопити всю країну.

Таким чином, інноваційні технології розвиваються з неймовірною швидкістю, у цьому середовищі складно облаштуватись тим підприємствам, фірмам, компаніям, які стежать за цими нововведеннями в їх діяльності, в т.ч. і логістика управління перевезенням.

Список використаних джерел

1. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем : монографія; за заг. ред. В.В. Ауліна. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2021. 503 с.

2. Аулін В.В., Гриньків А.В., Головатий А.О. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія; за заг. ред. В.В. Ауліна. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2020. 428 с.
3. Аулін В.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В., Головатий А.О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній : навч. посібник; за ред. В.В. Ауліна. – Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2022. 325 с.
4. Аулін В.В., Голуб Д.В. Методологічний підхід до визначення рівня якості функціонування транспортних систем. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2018. № 1(7). С. 4–9.
5. Аулін В.В., Голуб Д.В. Методи оцінки й аналізу надійності складних транспортних систем. *Тези доповідей XIV Міжнародної конференції "TechEnergy 2018"*, 19–22 травня 2018 р., м. Київ. С. 47–51.
6. Аулін В.В., Голуб Д.В., Біліченко В.В., Замуренко А.С. Формування показників ефективності транспорту // *Вісник машинобудування та транспорту*. 2020. № 1(11). С. 5–10.
7. Якимішин Л.Я. Інновації у логістиці: вплив технологій на ефективність та конкурентоспроможність підприємства. *Колективна монографія*. 2024. С. 88–98.
8. Нечеженко П.В. Аналіз інтермодальної логістики в Україні: інноваційний вимір. Одеса : ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2025. – 20 с.
9. Савчук І.В., Мороз В.М. Транспортні технології та логістика мультимодальних перевезень : монографія. Київ : Центр учбової літератури, 2025. 250 с.

УДК 658.7:330.341.1:332.1

РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ КЛАСТЕРІВ У РЕГІОНАЛЬНИХ ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАНЬ ПРОДУКЦІЇ

Паутов С.Г., *ст. гр. ТТ-23М,*Аулін В.В., *проф., д-р. техн. наук,**Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна,*Цьонь О.П., *доц., канд. техн. наук,*Вовк Ю.Я., *доц., канд. техн. наук,**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, України*

Аналіз результатів досліджень дозволяє виділити когнітивний тренд міркувань, пов'язаний із трансформацією кластерних структур у ланцюгах постачання продукції. Це зв'язано з еволюцією різновидів кластерних проявів, з різними поясненнями трансформаційних процесів у кластерах. Можна сказати, що виявлена тенденція інтеграції кластерів із ланцюгами постачання актуалізує дослідження щодо розширення методологічних аспектів кластерних утворень.

На наш погляд кластер, як категорійне поняття, знаходиться у просторі управлінських, методологічних форматів. Він найчастіше застосовується при проектуванні та формуванні концептуальних підходів до управління територіальними чи галузевими економічними системами. Можна сказати, що створення кластерів сприяє активізації та вдосконаленню інноваційного середовища регіону. Але одночасно інновація управління регіонами виявляється у сфері логістики, а саме: сучасний інтегративний інструмент ефективного управління потоками (наприклад, рухом товару) - це концептуальний підхід з точки зору управління ланцюгами постачання.

При розгляді підходів до управління регіональними ланцюгами постачань продукції, таких як мультиплікативного та інвестиційного (проектного), виявили, що найбільше підходить до формування кластерів у нашому регіоні саме другий підхід.

В зв'язку з цим можна сформулювати "дзеркальну" гіпотезу про взаємодію ланцюгів постачання та кластерів:

- ланцюги постачання продукції можуть функціонувати в кластерах;
- кластери можуть функціонувати в ланцюгах постачання.

Ця гіпотеза може бути методологічно представлена у вигляді процесу метаморфоз структури кластера (рис. 1, табл. 1).

Таблиця 1 – Опис типів структури кластера

Тип структури кластера	Назва кластера	Каталізатори, еволюційні перетворення
1-й тип	Пухкий кластер (наприклад, фермерське господарство)	Промислова спрямованість, об'єднання за галузевим принципом
2-й тип	Галузевий кластер	Необхідність підвищення показників результативності та прибутковості підприємств та кластера - диференціація за видами продукту
3-й тип	Монокластер (багато)	Відсутність гнучких зв'язків між учасниками, потреба в кооперації – кооперація
4-й тип	Кооперативний (консолідаційний) кластер	Орієнтація на масштаб та необхідність пристосування до масштабного ланцюга постачань – координація дій, тотальна оптимізація, інтеграція
5-й тип	Логістичний проектно-орієнтований кластер	Входження до регіонального ланцюга постачань - інтеграція
6-й тип	Кластер, інтегрований у ланцюг постачань	Розширення – міжнародний кластер

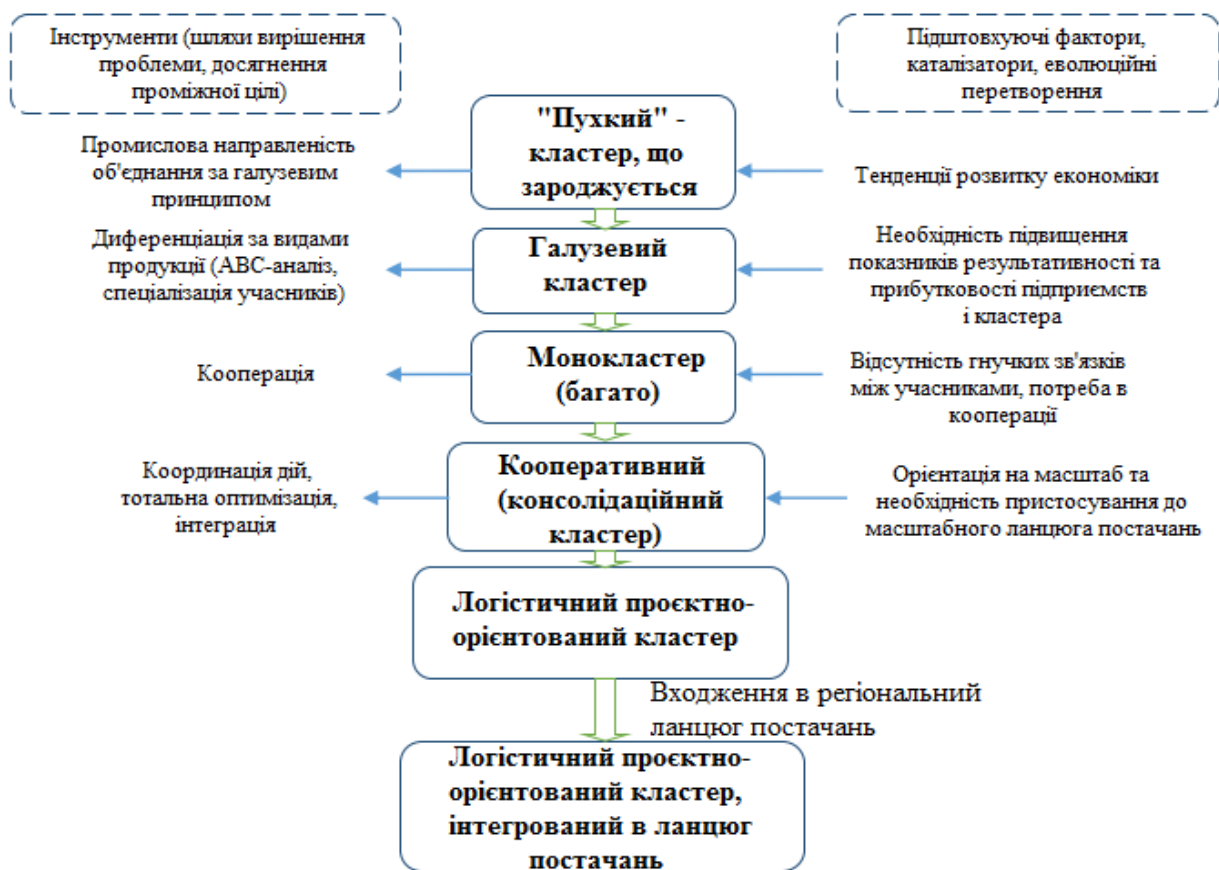


Рисунок 1 – Концепція трансформації кластерів у ланцюгах постачання

Запропоноване вже зустрічається практично в агропромисловому комплексі нашого регіону. У фермерів, дрібних сільгоспвиробників, які займаються виробництвом молока, існує проблема обмеженості входу в ланцюги постачання великих торгових мереж, у зв'язку з тим, що обсяги фермерів не цікаві мережам. Ця проблема стимулювала фермерів до кооперації - вони почали кооперуватися для акумулювання своїх потоків, щоб сукупний потік задовольняв вимогам входу до ланцюга постачання мережевиків. Це дозволило їм вбудуватися в регіональні ланцюги постачання продукції.

Фермери діяли так:

- у сфері молочного виробництва почали працювати на принципах співробітництва та кооперації (по суті виник "пухкий" кластер);

- шляхом подальшої кооперації, об'єднання зусилля, взаємного використання ресурсів, інтеграції та оптимізації процесів підприємства сформували по суті проєктно-орієнтований кластер, і синергія їх молочних потоків досягла мінімального критерію мережевого рітейлу за потужністю, ціною, якістю, логістичною організацією, що дозволило їм почати роботу з мережами;

- після вбудовування в регіональні ланцюги постачання продукції у торгових мережах підприємства кваліфікувалися як логістичні кластери регіонального ланцюга постачання та практично стали кластерною логістичною проєктно-орієнтованою підсистемою регіонального ланцюга постачання у молочній галузі.

Таким чином, можна коротко узагальнити результат проведених міркувань: логістичний проєктно-орієнтований кластер - це одна з форм розширення інтегрованих комунікацій у ланцюгах постачання.

УДК 656.073.7

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В ТРАНСПОРТНІЙ ЛОГІСТИЦІ

Аулін В.В., проф., д-р. техн. наук,

Гриньків А.В., ст. дослідник, канд. техн. наук,

Надточій А.І., ст. гр. ТТ-22мб,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна,

Цьонь О.П., доц., канд. техн. наук,

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

Задача визначення оптимальних маршрутів для автомобільних перевезень, поряд із задачами завантаження транспорту та розміщення транспортних агентів, належить до ключових у транспортній логістиці. Загалом задачі оптимізації маршрутів автомобільного транспорту можна класифікувати на основі їхніх параметрів, обмежень та умов.

Для систематизації задач оптимізації маршрутів використано ієрархічну класифікацію їхніх характеристик, доповнену низкою інших важливих ознак, що набули широкого застосування на практиці. До таких ознак належать: багатокритеріальність, випадкові параметри, обмеження на відстань, умови щодо пунктів виробництва та споживання, вимога збалансованості, періодичність планування перевезень, крос-докінг, топологічні особливості графу, а також необхідність вивезення вантажів до пунктів споживання.

В результаті було виділено основні характеристики задач оптимізації маршрутів автомобільного транспорту:

1. Кількість пунктів виробництва:

– пункт виробництва один (характерно для ситуації, коли є склад із якого здійснюються поставки різним споживачам чи його обслуговування);

– пунктів виробництва кілька (ситуація найчастіше виникає, якщо вантажі перевозяться від кількох виробників споживачам).

2. Кількість пунктів споживання:

– пункт споживання один (зокрема, це так, якщо продукція з різних місць має доставлятися на склад чи пункт сертифікації);

– пунктів споживання кілька.

3. Кількість критеріїв оптимальності маршрутів:

– однокритеріальні (при оцінці оптимальності маршрутів враховується лише один критерій - або відстань, або час, або інша характеристика);

– багатокритеріальні (використовується кілька, як правило, конфліктуючих критеріїв).

4. Параметри доріг, по яким здійснюється перевезення вантажів:

– дорога характеризується одним параметром;

– дорога характеризується кількома параметрами (відстань, пропускна спроможність, габарити, мито чи інша фіксована плата, обмеження за швидкістю та ін.): всі характеристики, що враховуються адитивно залежать від шляху; серед характеристик є неадитивні (наприклад, пропускна спроможність).

5. Кількість вантажу для перевезень:

– вантаж відсутній (у задачі не мається на увазі переміщення будь-яких матеріальних предметів, речовин тощо, наприклад, у разі виконання сервісних робіт);

– кількість вантажу характеризується речовим числом (безперервне завдання): одним; декількома;

– кількість вантажу характеризується цілим числом (дискретне завдання): одним; кількома.

6. Види вантажу для перевезень:

– однотипний вантаж;
– багатомоноклатурний вантаж: всі вантажі дозволені; є вантажі, заборонені до перевезення тим чи іншим транспортним засобом; для кожного ТЗ є обмеження з різних видів вантажів, що перевозяться; існують заборони на спільне перевезення вантажів деяких видів одним транспортним засобом.

7. Кількість транспортних підприємств, які беруть участь в процесі перевезень вантажів:

– одне (парк транспорту зосереджено одному місці);
– кілька (парк транспорту територіально розподілено);
– збігаються із пунктами виробництва.

8. Кількість ТЗ:

– єдине ТЗ;
– фіксована кількість доступних ТЗ;
– не обмежена кількість доступних ТЗ.

9. Однорідність парку ТЗ:

– всі ТЗ однакові;
– різні типи ТЗ мають різні характеристики: відрізняються за однією характеристикою (наприклад, місткістю); відрізняються за безліччю характеристик (вантажопідйомність, вартість використання, швидкість та ін.).

10. Обмеження на місткість ТЗ:

– без обмежень (кількістю вантажу можна знехтувати);
– передбачені обмеження лише за одним параметром;
– передбачені обмеження щодо кількох параметрів.

11. Вимоги до перевезення:

– при перевезенні вантажу з кожного пункту виробництва до кожного пункту споживання може використовуватися одне ТЗ незалежно від вантажу, що перевозиться;
– під час перевезення вантажу з кожного пункту виробництва одне ТЗ може розвозити вантажі до різних пунктів споживання;
– у кожен пункт споживання вантажі із різних пунктів виробництва доставляє одне ТЗ;
– ТЗ можуть збирати вантаж у різних пунктах виробництва та перевозити до різних пунктів споживання.

12. Додаткові умови доставки вантажів:

– кожен вид вантажу має бути доставлений із деякого пункту виробництва до певного пункту споживання;
– не допускається порожній пробіг (крім початкового та кінцевого відрізків маршруту);
– кожне ТЗ може здійснити лише одну поїзду;
– деякі пункти споживання є також пунктами виробництва: вивезення з пунктів споживання здійснюється паралельно доставці; вивіз із пунктів споживання здійснюється після доставки

13. Обмеження часу на перевезення вантажів:

– максимальна тривалість маршрутів перевезень обмежена;
– час безперервного перебування ТЗ у дорозі обмежений;

– тимчасові вікна: доставка до пунктів споживання здійснюється у зазначений інтервал часу; вивіз із пунктів виробництва здійснюється у зазначений інтервал часу;

– крос-докінг.

14. Обмеження на відстані маршрутів вантажних перевезень:

– загальна довжина всіх маршрутів обмежена;

– максимальна пройдена ТЗ відстань обмежена.

15. Обмеження щодо пунктів виробництва та споживання:

– деякі ТЗ не можуть відвідувати певні пункти;

– пункти розподілені між ТЗ.

16. Обмеження збалансування довжини, тривалості, маршрутів та пунктів їх обслуговування:

– збалансування тривалості маршрутів;

– збалансування довжин маршрутів;

– збалансування числа пунктів, що обслуговуються;

– збалансування кількості вантажу, що доставляється.

17. Послідовність вантажних перевезень:

– задана відповідність пунктів виробництва пунктам споживання;

– поділ фаз доставки та вивезення;

– обмеження на послідовність навантаження-вивантаження вантажу – стічний принцип (LIFO);

– задані інші вимоги до послідовності перевезень.

18. Періодичність:

– планування маршрутів для одноразового виконання;

– планування складає тривалий період;

– планування регулярних маршрутів;

19. Чинники, що визначають вартість вантажних перевезень:

– залежність вартості перевезення тільки від самого шляху;

– залежність вартості перевезення від шляху та завантаження ТЗ: пропорційність залежність; складна функціональна залежність.

20. Умова повернення ТЗ при завершенні маршрутів:

– ТЗ повинні повертатися на вихідну базу;

– ТЗ повинні завершувати маршрут на будь-якій базі;

– ТЗ можуть завершувати маршрут у будь-якому місці.

21. Топологія перевезень:

– симетричне завдання (характеристики перевезень не залежать від вибору напрямку): метрична (відстань описується евклідовою метрикою); не метрична (відстань не описується евклідовою метрикою);

– асиметричне завдання (характеристики шляху залежить від вибору напрямку);

– складна топологія.

22. Стохастичність даних транспортування:

– детерміновані дані;

– випадкові дані (компоненти завдання мають випадкову поведінку): випадкові параметри доріг; випадкові запити; випадкові умови (обмеження); довільні характеристики ТЗ.

23. Визначеність завдань процесів доставки вантажів:

– статична завдання, тобто. замовлення у процесі доставки не змінюються;

– динамічне завдання, тобто. замовлення можуть додаватися або скасовуватися.

Дана класифікація пов'язана, головним чином, з автомобільним транспортом, але переважна більшість представлених характеристик справедлива також інших видів. Наведене сімейство властивостей дозволяє сформуванню безліч завдань транспортної логістики, у тому числі задач маршрутизації.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В., Головатий А. О., Голуб Д. В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем : монографія. за загальною редакцією професора Ауліна В. В. Кропивницький : Видавець Лисенко В. Ф., 2021. 503 с.
2. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній : навчальний посібник. Кропивницький : Видавець Лисенко В. Ф., 2022. 325 с.
3. Димова Г. О., Ларченко О. В. Вирішення проблеми логістики за допомогою складання оптимального плану (за квазіматематичною моделлю та задачею комівояжера). Таврійський науковий вісник. Серія : Економіка. 2024. № 22. С. 39-45.
4. Білокур М. В., Ваврук Є. Я. Програмні засоби побудови оптимальних маршрутів в логістичних системах. Сучасні напрями теоретичних і прикладних досліджень. 2020. № 3. С. 48–53.
5. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В. Методичні підходи до формування оптимальних маршрутів доставки у логістичних системах. Вісник транспортної логістики. 2021. Вип. 17. С. 26–34.
6. Аулін В. В., Лисенко С. В. Оптимізація маршрутів перевезень на основі класифікації транспортних задач. Збірник наукових праць ЦНТУ. Серія : Транспортні системи. 2023. № 12. С. 54-61.

UDC 656.1:658.7:658.788

CURRENT TRENDS IN SPARE PARTS LOGISTICS SERVICE AT MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES

Tyshchenko S.Yu., graduate student,

Sanzhakov S.A., st. gr. TT-22,

Aulin V.V., prof., doctor of technical sciences,

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Based on the analysis of the problem of increasing the reliability and efficiency of the use of vehicles, it was found that the logistics service of spare parts at a motor transport enterprise is critically important for ensuring the uninterrupted operation of the fleet. Modern challenges and opportunities require new approaches to inventory management and optimization of logistics processes.

Based on the complex of conducted research, the main trends of modern logistics service were formulated:

1. Implementation of digital technologies: Active implementation of digital technologies, such as automated warehouse management systems and integrated information platforms, allows enterprises to effectively monitor, analyze and improve logistics processes.

2. Optimization of inventory management: The use of predictive models and data analysis allows you to accurately predict the need for spare parts, which reduces the risk of losses from unprofiled inventories and increases the efficiency of the logistics service.

3. Innovative approaches to spare parts logistics: The use of innovative technologies, such as artificial intelligence and blockchain, helps to increase the reliability of the logistics service and ensures tracking of each stage of the spare parts supply.

4. Use of the Internet of Things (IoT): The application of Internet of Things technologies in the logistics service allows you to monitor the status of stocks in real time and respond to possible failures or delays.

5. Interaction with suppliers and risk management strategies: Sustainable management of stocks and logistics processes requires effective interaction with suppliers. Risk management strategies take into account unexpected situations and ensure the stability of the logistics service.

6. Green logistics and improving customer service: The implementation of green logistics principles promotes environmental responsibility, and improving customer service makes the logistics service more efficient and competitive.

The main trends in the logistics service of spare parts in the motor transport enterprise are determined by the rapid development of technologies and the need to adapt to new challenges. The integration of digital innovations and sustainable development are key success factors for motor transport enterprises in providing effective logistics service.

List of sources used

1. Аулін В. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В., Головатий А. О., Голуб Д. В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем: монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
2. Литвишко Л. О. Управління формуванням та розподілом запасних частин для транспортних засобів: дис. канд. ек. наук: 08.00.04 / Литвишко Лілія Олександрівна – Київ, 2013. – 181 с.
3. Rushton, A., Croucher, P., & Baker, P. (2017). The handbook of logistics and distribution management. Kogan Page Publishers.

UDC 658.5:519.7

MODELING OF A STOCHASTIC STATE MATRIX OF A PRODUCTION LINE TO OPTIMIZE ITS OPERATIONAL RELIABILITY USING THE REINFORCEMENT LEARNING METHOD

Kovalov S.G., *Candidate of Pedagogical Sciences, Doctoral Student,*
Aulin V.V., *Professor, Doctor of Technical Sciences,*
Hrynkiv A.V., *Senior Researcher, Candidate of Technical Sciences,*
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Artificial intelligence is becoming an integral part of modern technological achievements, and its application in production processes opens up many prospects. The use of methods for modeling the state of production lines to optimize their operational reliability using reinforcement learning is an innovative approach that allows you to significantly increase the efficiency of operation and safety of production processes. Thanks to artificial intelligence algorithms, it is possible not only to predict possible malfunctions, but also to quickly find optimal solutions to prevent them, thereby minimizing downtime and repair costs. This increases the competitiveness of enterprises and contributes to their sustainable development in a rapidly changing market.

In the context of production lines, reinforcement learning can be used to optimize and improve the efficiency of operation and operational reliability. Determining the state of the environment, namely the state of the production line, is a key element of this process. Accurate assessment of the state of the line allows the agent to make informed decisions about the necessary actions to ensure its stable and efficient operation.

Determining the state of the production line is effectively implemented when it is represented by Markov chains. This approach allows you to model the sequence of states of a production line, taking into account the probabilistic nature of the transitions between them. Using Markov chains, you can describe in detail the probabilities of the occurrence of various states, in particular, normal operation, partial malfunctions or complete failures. This allows you to identify potential problems in time and predict possible breakdowns based on historical data. Thus, the use of Markov chains to represent production lines significantly improves the accuracy of their state assessment and increases the effectiveness of the application of reinforcement learning methods to optimize the reliability of their operation.

The purpose of building a model for determining the state of a production line was to create a universal tool that is not limited to the specifics of a single line, but allows modeling the state of any production line in the context of its operational reliability.

The model for forming a stochastic matrix of the state of a production line, consisting of a certain number of elements, each of which can be in certain operational reliability states, includes several key stages:

1. Determining the states of elements. First of all, it is necessary to determine the possible states of each element of the production line. These states may include, for example, normal operation, partial failure, and complete failure.

2. Data collection. To assess the probabilities of transitions between states, it is necessary to collect historical data on the operation of the production line. This may include data on the frequency of malfunctions, the duration of stay in each state, as well as other relevant indicators.

3. Estimation of transition probabilities. Based on the collected data, the probabilities of transitions between states for each element are calculated. This can be done by counting the frequency of transitions from one state to another over a certain period of time.

4. Formation of the transition matrix. Using the estimated probabilities, a stochastic transition matrix is created, where each element (i, j) of the matrix corresponds to the probability of transition from state i to state j . It is important that the sum of the transition probabilities from one state is equal to 1.

5. Analysis and validation. Analysis of the obtained matrix to check its adequacy and validation based on additional data or expert assessments. This allows you to make sure that the matrix correctly reflects the dynamics of the states of the production line.

6. Using the matrix for optimization. The finished stochastic matrix can be used in reinforcement learning algorithms to optimize the parameters of the reliability of the production line. Using this matrix, you can model maintenance and repair processes, predict the probability of failures, and develop effective strategies for maintaining reliability.

This method allows for a comprehensive approach to the problem of optimizing production processes, using modern data analysis and artificial intelligence tools. The assessment of transition probabilities (point 3) can be performed for each new state, based not only on historical data, but also on current measurements.

This approach is based on the fact that any production line is built on elements of two types: the first are described by a stochastic probability density distribution law, in particular lognormal (1), and model the wear of production line nodes; the second involve the use and dynamic measurement of parameters that correlate with operational reliability. This allows the model to be adapted to different types of equipment and operating conditions, ensuring the relevance and accuracy of estimates.

$$R(t) = 1 - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \operatorname{erf} \left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma \sqrt{2}} \right) \right) \quad (1)$$

where: t – node operation time;

μ – mean logarithm of the variable;

σ – standard deviation of the logarithm of the variable;

$\operatorname{erf}(x)$ – is the error function that calculates the probability that a normally distributed random variable will fall within a certain range.

The form of the error function erf :

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt. \quad (2)$$

To correlate the measured parameters with the reliability of the production line nodes, the following methods are used: linear correlation, least squares method, cross-correlation, spectral analysis, machine learning, Theoretical and methodological foundations of logistics of transport and production systems: monograph canonical correlation analysis, etc.

As an example, the measurement of parameters of production lines that are correlated with their reliability can be carried out using the acoustic spectral analysis method. The application of this method involves the installation of acoustic sensors on the nodes of the production line that measure sound vibrations that occur during normal operation. The resulting sound signal is approximated using polynomial regression, and then decomposed into a characteristic acoustic spectrum using Fourier series (3). Changes in the measured characteristic spectrum caused by a malfunction indicate the correlation of such parameters with the reliability of the node. These data can be used to form a stochastic matrix of the state of the production line and implement a reinforcement learning method to increase the reliability of its operation.

List of sources used

1. Гайдаш В. Д. Ріпак. Агротехніка вирощування. Івано-Франківськ: Сіверсія ЛТД, 1998. – С. 87–107.
2. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. під загальною редакцією професора Ауліна В. В. Кропивницький : ТОВ "КОД", 2021. 503 с.
3. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Логістика постачання транспортних і виробничих підприємств, фірм, компаній : навчальний посібник. під загальною редакцією Ауліна В. В. Кропивницький : Видавець Лисенко В. Ф., 2022. 325 с.
4. Аулін В. В., Величкодний Д. О., Дьяченко В. О. Оптимізація і управління ресурсами в транспортно-логістичній системі АПК. Наукові нотатки. 2018. № 62. С. 8–11.
5. Аулін В. В., Голуб Д. В., Біліченко В. В. Методологічний підхід до визначення рівня якості функціонування транспортних систем. Вісник машинобудування та транспорту. 2018. № 1 (7). С. 49–54.
6. Аулін В. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В., Голуб Д. В., Головатий А. О. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем : монографія. Кропивницький : ТОВ "КОД", 2017. 428 с.

УДК 621.01:62-192:62-1:004.942

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ, ВУЗЛІВ, СИСТЕМ І МЕХАНІЗМІВ МАШИН

Манько Є.В., асп,

Чумак В.М., асп.,

Аулін В.В., проф., д-р. техн. наук,

Лисенко С.В., доц., канд. техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Дослідження характеристик і властивостей деталей і робочих органів мобільних машин дало можливість розробити методику розрахунку прогнозованого зміцнення металевих матеріалів деталей після різних видів технологічних процесів. Методика включає в себе наступні етапи:

1. Вибір найбільш значимих механізмів, задіяних при зміцнюючій технології на основі дослідження структури матеріалів і деталей.
2. Складання алгоритму розрахунку, що включає вибір співвідношень, що зв'язують приріст зміцнення з відповідним параметром структури.
3. Пошук вихідних даних, що включають довідкові значення необхідних коефіцієнтів, параметрів та експериментально отриманих характеристик структури.
4. Упорядкування комп'ютерної програми, куди вводять бази даних або інтервали значень характеристик: при твердорозчинному зміцненні – це концентрація легуючого елемента, при дисперсійному зміцненні – це діаметр частинок, об'ємна частка і відстань між частинками.
5. Перевірка адекватності розрахунку шляхом зіставлення розрахункових даних із експериментальними.
6. Оцінка вкладу кожного зміцнюючого механізму до загального рівня зміцнення.

Основним критерієм при виборі переважних зміцнюючих технологій і механізмів є значення приросту напруження за рахунок даної технології або механізму зміцнення, що перевищує напруження Пайерса-Набарро σ_0 . Для Fe_α $\sigma_0 = 30$ МПа. Визначено, що дислокаційне зміцнення феритної матриці слід враховувати при щільності дислокацій понад 10^9 см⁻², а в аустенітній – при $\rho_d > 10^8$. За таких значень щільності дислокацій розрахунковий приріст межі плинності, за рахунок дислокаційного зміцнення, становить 20...50 МПа. Врахування субструктурного зміцнення необхідно при розмірах субзерен або осередків не більше 2...3 мкм, а зернограничного – при розмірі зерен не більше 50...70 мкм.

Твердорозчинне зміцнення елементами впровадження (вуглецем або азотом) враховується при концентрації цих елементів не менше 0,01%. Зміцнення елементами заміщення враховується у разі, якщо цей елемент не утворює нітридних чи карбідних фаз, тобто, знаходиться переважно у твердому розчині. Слід мати на увазі, що різні елементи заміщення зміцнюють твердий розчин різною мірою відповідно до коефіцієнтів зміцнення. Для отримання значного приросту напруження концентрація елементів буде різною. Наприклад, для хрому та нікелю їх концентрація у ферриті повинна бути не менше 1,2...2,0%, для молібдену не менше 5%, а для ванадію не менше 12...15%. Дисперсійне зміцнення враховується за параметрами структури: об'ємна частка дисперсних частинок, їх розмір та відстань між ними. Причому мінімальна об'ємна частка і максимальні розмірні характеристики, що забезпечують значимість дисперсійного зміцнення, залежать від типу

зміцнюючої фази. Для отримання сумарного ефекту змінення значення приросту напруження від найбільш вагомих механізмів σ_i адитивно додаються: $\sigma_T = \sum_{i=1}^n \sigma_i$.

Виявлено найбільш значущі механізми зміцнення. Виявлено, які рішення слід прийняти, щоб реалізувати можливість управління структурним станом матеріалу деталі та підвищення даних компонентів зміцнення з урахуванням впливу цих механізмів на інші показники конструктивної міцності; вибір технологічних параметрів, що дозволяють регулювати цей структурний параметр

Як зазначалося вище, у процесі лазерного легування на поверхні заліза у зонах термічного впливу, зазвичай утворюється дрібнозерниста структура легованого фериту з високою щільністю дислокацій. При лазерному легуванні поверхні армко заліза з одним нітридоутворюючих елементів (V, Cr, Mo, Al), як правило, в зоні лазерного легування формується структура твердого розчину легувального елементу (ЛЕ) в $\alpha - Fe$ з рівномірним його розподілом з концентрацією від 5 до 17%, яка залежить від параметрів лазерного випромінювання і товщини зміцненого шару. Для структури зон лазерного легування характерна висока щільність дислокацій ($\rho = 10^{10} \dots 10^{11} \text{ см}^{-2}$) та надзвичайно дрібне зерно (2-7 мкм). Виявлено формування осередкової субструктури при лазерному впливі з середнім розміром осередка 0,5 мкм.

На основі експериментальних і розрахункових даних основних параметрів структури, таких як відносна зміна параметру ґратки, щільності дислокацій, розмірів зерна і субзерна, можливо розрахувати значення приросту межі плинності за рахунок твердорозчинного, дислокаційного, зернограничного, субзернограничного, а також зміцнення, що виникає від мікронапружень у кристалічній ґратці. Спільна дія зазначених механізмів призводить до підвищення мікротвердості до 6,1...9,8 ГПа. Якщо враховувати всі можливі зміцнюючі механізми, то сумарна межа плинності заліза після лазерного легування дорівнює:

$$\sigma_T = \sigma_0 + \Delta\sigma_d + \Delta\sigma_z + \Delta\sigma_c + \Delta\sigma_{m.p.ЛЕ} + \Delta\sigma_n \quad (1)$$

де σ_0 - напруження Пайєрлса-Набарро;

$\Delta\sigma_d$ - приріст межі текучості за рахунок дислокаційного зміцнення;

$\Delta\sigma_c$ - приріст межі текучості за рахунок зернограничного зміцнення;

$\Delta\sigma_{m.p.ЛЕ}$ - приріст межі текучості при твердорозчинному зміцненні легуючими елементами (елементами заміщення)

$\Delta\sigma_n$ - приріст межі текучості за рахунок мікронапружень

Використовуючи співвідношення з дислокаційної теорії зміцнення приріст напруження за рахунок кожного зазначеного механізму може бути розрахований для конкретних систем Fe-ЛЕ (легуючий елемент).

В якості вихідних даних для розрахунку прогнозованого зміцнення використовуються як довідкові константи, так і експериментальні дані, отримані для конкретних технологічних умов легування різними легуючими елементами.

Основними вихідними величинами є:

- тип та концентрація легуючого елемента, $C_{ле}$ (визначається експериментально або задається);

- щільність дислокацій, ρ_d (визначається експериментально або задається);

- розмір зерна, d_z (визначається експериментально);

- розміри осередків, l_o (визначається експериментально або задається);

- відносна зміна параметра ґратки, $\Delta a/a$ (визначається зі зміщенням дифракційних піків Fe_α);

- пружні константи: модуль зсуву матричного металу, G , модуль пружності, E (табл. 2.6);

- вектор Бюргерса матричного металу, b , для заліза, $b = 2,5107 \text{ нм}$;

- коефіцієнт дислокаційного зміцнення, α ;
- коефіцієнт зернограничного зміцнення $K_3 = 0,6 \text{ МПа м}^{1/2}$;
- коефіцієнт субструкторного зміцнення $K_c = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ МПа м}$;
- коефіцієнт твердорозчинного зміцнення $K_{\text{ЛЕ}}$;
- напруження Пайерлса-Набарро матриці σ_0 .

Параметри структури залізної матриці, що піддавалася лазерному легуванню різними легуючими елементами наведені в табл.1.

Таблиця 1 – Параметри структури залізної матриці, що піддавалася лазерному легуванню різними легуючими елементами

Тип Л.Е.	$d_3, \text{ мкм}$	$l_0, \text{ м}$	$\Delta a / a$	$\rho, \text{ см}^{-2}$
V	2,0	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$1,75 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{10}$
Cr	2,0	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$0,35 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{10}$
Al	5,0	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$2,095 \cdot 10^{-3}$	10^{10}
Mo	1,5	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$4,89 \cdot 10^{-3}$	10^{11}

Для розрахунку прогнозованої межі плинності заліза використовувалася розроблена комп'ютерна програма, яка містить необхідні бази даних. Проведені розрахункові значення приросту межі плинності при лазерному легуванні армко-заліза з допомогою різних механізмів зміцнення представлені у табл. 2.

Таблиця 2 – Розрахункові значення межі плинності при лазерному легуванні армко-заліза за рахунок різних механізмів зміцнення

Тип Л.Е.	$\sigma_0, \text{ МПа}$	$\Delta\sigma_d, \text{ МПа}$	$\Delta\sigma_3, \text{ МПа}$	$\Delta\sigma_c, \text{ МПа}$	$\Delta\sigma_{\text{м.р.ЛЕ}}, \text{ МПа}$	$\Delta\sigma_n, \text{ МПа}$	$\Sigma\sigma_i, \text{ МПа}$
V	30	252	450	300	51	350	1433
Cr	30	252	450	300	450	70	1552
Al	30	113	281	300	300	419	1443
Mo	30	357	516	300	88	978	2269

Аналіз результатів показує, що розрахункові значення приросту межі плинності загалом добре корелюють з експериментальними значеннями твердості.

Проведені розрахунки дозволяють оцінити значимість різних складових зміцнення в загальному підвищенні твердості заліза, легованого при лазерному нагріванні

Розраховані у відсотковому співвідношенні внески різних механізмів у сумарне лазерне легування різними елементами за рахунок твердорозчинного зміцнення, дислокаційного, зернограничного, субструкторного і за рахунок зміцнення, викликаного мікронапруженнями.

Виявлено, що серед досліджуваних легуючих елементів найбільш значне твердорозчинне зміцнення Al (21%) і Cr (29%) Це можливо пояснити високою концентрацією Cr в зоні лазерного зміцнення і легування V і Mo досить малою концентрацією (4%) зон, легованих ванадієм. Переважаючим є зернограничне зміцнення (32%) при легуванні алюмінієм. У цих зонах внесок дислокаційного зміцнення невеликий (8%), тоді як для зон, легованих іншими елементами, він становить 16-18%. Субструктурне зміцнення в зонах легованих Al, V, і Cr є більш істотним (20-21%), ніж в зонах легованих Mo (13%). В цілому Mo дає найбільше зміцнення легованих зон. Разом з тим при легуванні молибденом часто виникають технологічні складнощі, пов'язані з вузьким діапазоном режимів лазерного випромінювання, при яких розподіл молибдену в зоні лазерного легування буде рівномірним без утворення нерозплавлених частинок. Підвищення рівня зміцнення зон, легованих хромом, легкодосяжно шляхом збільшення його концентрації. Зміцнення при лазерному легуванні ванадієм перспективно завдяки його позитивному впливу на подрібнення зерна заліза.

Розрахунок показує, що вклад зміцнення при лазерному легуванні більш менш рівномірний, що дає можливість регулювати рівень зміцнення за рахунок будь-якого з діючих механізмів

При утворенні азотованих шарів у сплавах, що містять нітридоутворюючі елементи формується структура, що складається з насиченого азотом твердого розчину та дисперсних частинок нітридів легуючих елементів. Враховуючи це, розрахунок вели з урахуванням лише найбільш значущих механізмів зміцнення, виключивши з розгляду компоненти дислокаційного, зернограничного і субграничного зміцнення, оскільки для класичного азотування структури, не є характерними висока щільність дислокацій, дрібне зерно і наявність осередкової фрагментації.

Враховавши всі можливі зміцнюючі механізми, сумарна межа плинності азотованих сплавів дорівнює:

$$\sigma_m = \sigma_0 + \Delta\sigma_{m.p..LE} + \Delta\sigma_{m.p..N} + \Delta\sigma_{д.з}^{MeN}, \quad (2)$$

де σ_0 - напруження Пайерлса-Набарро, в якості якого приймається межа плинності відпаленого матричного металу;

$\Delta\sigma_{m.p..LE}$ - приріст межі плинності при твердорозчинному зміцненні легуючими елементами (елементами заміщення);

$\Delta\sigma_{m.p..N}$ - приріст межі плинності при твердорозчинному зміцненні азотом (елементом впровадження);

$\Delta\sigma_{д.з}^{MeN}$ - приріст межі плинності з допомогою дисперсного зміцнення когерентними чи некогерентними нітридами (фазами впровадження).

Використовуючи співвідношення дислокації механізму, приріст напруження за рахунок кожного із указанного механізму може бути розрахований для конкретних систем "Me-LE". Приріст межі плинності $\Delta\sigma_m$ визначається як $\Delta\sigma_m = m\Delta\sigma$, з урахуванням орієнтаційного множника m (для о.ц.к.-гратки $m = 2,75$, для г.ц.к.-гратки $m = 3,1$).

В якості вихідних даних для розрахунку прогнозованого зміцнення використовували як довідкові константи, так і експериментальні дані для конкретних технологічних умов азотування.

При цьому основними вихідними величинами є:

- тип матричного металу та легуючого елемента та його вихідна концентрація у сплаві;
- рівноважна концентрація азоту в матричному металі C_N^0 ;
- межа текучості σ_0 чистого металу;
- вектор Бюргерса матричного металу, b ;
- пружні константи: модуль зсуву матричного металу G_M , модуль пружності нітриду E_{MeN} , об'ємний модуль нітриду K_{MeN} ;
- середній діаметр частинок нітридів d_{MeN} ;
- коефіцієнти твердорозчинного зміцнення азотом та легуючим елементом: K_N і K_{LE} ;
- коефіцієнти перерозподілу легуючого елемента між твердим розчином та нітридними фазами ξ ;
- молекулярні маси легуючого елемента і нітриду M_{LE} і M_{MeN} ;
- щільності матричного металу і нітриду ρ_M і ρ_{MeN} ;
- коефіцієнти Пуассона матричного металу і нітриду ν_M і ν_{MeN} ;
- параметри ґраток матричного металу і нітриду a_M і a_{MeN} ;
- коефіцієнти впливу легуючих елементів на розчинність азоту в матричному металі.

Для розрахунку використовується розроблена комп'ютерна програма, що містить необхідну базу даних. На основі кореляційної залежності між межею текучості і твердістю

сплавів можуть бути розраховані значення приросту твердості азотованих сплавів за рахунок кожного із зміцнювальних механізмів:

$$\Delta H = \varphi \cdot \Delta \sigma_T, \quad (3)$$

де φ - коефіцієнт пропорційності, що залежить від типу легуючого елемента.

Значення коефіцієнтів для азотованих сплавів заліза з різними легуючими елементами наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Коефіцієнти $\varphi = \Delta H / \Delta \sigma$ для різних легуючих елементів

ЛЕ	W	Mo	Cr	V	Ti	Al
φ	0,3	0,4	1,2	0,8	2,0	1,8

У припущенні про адитивність впливу на твердість механізму зміцнення сумарна твердість азотованих сплавів складає:

$$H = H_0 + \sum_{i=1}^n \Delta H_i \quad (4)$$

де H_0 - твердість чистого матричного металу у відпаленому стані;

ΔH_i - приріст твердості за рахунок i -го зміцнюючого механізму.

За розробленим алгоритмом з використанням комп'ютерної програми проведено розрахунок прогнозованих сплавів на основі заліза (Fe-Cr, Fe-Mo, Fe-Al, Fe-V, Fe-Ti) і сталі 38Х2МЮА після азотування.

З метою перевірки адекватності розробленої схеми розрахунку проведено зіставлення розрахункових значень твердості з літературними даними за експериментально виміряною твердістю азотованих подвійних сплавів Fe-ЛЕ і сталі 38Х2МЮА при виділенні в азотованому шарі нітридів легуючих елементів різного ступеня когерентності

При розрахунку приймалося, що в азотованих сплавах Fe-ЛЕ утворюються структури зон внутрішнього азотування, легований азотом ферит з нітридами відповідного легуючого елемента. Це узгоджується з результатами досліджень, якими було показано, що при азотуванні подвійних сплавів відбуваються процеси, аналогічні розпаду пересичених твердих розчинів у сплавах, що старіють.

На підставі дослідження мікроелектронограм отримано, що при азотуванні сплавів Fe-Cr, Fe-Mo та Fe-Al при температурі 540°C виділяються нітриди з спотвореною кубічною гранецентрованою структурою B1 (типу NaCl). У системі Fe-Cr така структура відповідає стабільному нітриду CrN з параметром 0,412 в системі Fe-Mo - нітриду Mo₂N, а в системі Fe-Al - метастабільного нітриду (оскільки нітрид AlN має гексагональну гратку). Розрахунок для сплаву Fe-Al, вели в уявленні утворення AlN. В системах Fe-V і Fe-Ti при азотуванні також утворюються нітриди з граткою B1: відповідно VN (a = 0,428 нм) і TiN (a = 0,424 нм). При температурі азотування 550 °C нітридні виділення частково когерентні з матрицею, а при 620°C когерентність порушується.

Максимальній твердості відповідає структура, що утворюється при більш низьких температурах, коли зародки нітридів повністю когерентні з навколишньою матрицею. Порушення когерентності і збільшення розмірів нітридів призводять до зменшення твердості. Товщина пластини частково когерентних нітридів хрому і молібдену -2...4 нм, нітридів у сплаві Fe-Al - 3...5 нм, а нітридів ванадію і титану 1,4...2 нм, розміри некогерентних частинок складають 5...10 нм. Середні значення розмірів нітридних частинок з літературних джерел приймалися для розрахунку зміцнення по Оровану.

Результати розрахунку твердості сплавів Fe – 4%Cr і Fe-4% Al з урахуванням моделі Мотта-Набарро цілком добре співставляються, з експериментальною твердістю сплавів, азотованих в умовах утворення когерентних нітридних виділень. Розрахунок для сплавів Fe – 2,55%V і Fe – 1,35% Ti дає значення твердості, близькі до експериментальних, у тому випадку, якщо при розрахунку використовувалися літературні дані з експериментально виміряної розчинності азоту у відповідних подвійних сплавах.

Розрахунок на основі моделі Орована дає дуже близькі до експериментальних значення твердості при зміцненні некогерентними нітридами хрому і завищені при зміцненні нітридами ванадію і титану. Останнє може бути пов'язане з похибкою в експериментальній оцінці розмірів частинок з розмиття рефлексів на дифракційній картині, або з впливом форми реальних частинок, яка є дископодібною, а не сферичною, як прийнято при розрахунку.

При розрахунках для сплаву Fe – 4%Mo на основі механізмів дисперсійного зміцнення за Орованом і по Мотту-Набарро отримуються зменшені значення твердості в порівнянні з експериментальними. Це може бути пов'язане з тим, що в сплавах Fe – Mo можливе утворення інтерметалідів, які викликають додаткове зміцнення.

Після азотування при 540 °C сплава Fe – Mo отриманого шляхом лазерного легування поверхні армко-заліза молибденом, у зоні лазерної обробки рентгеноструктурним аналізом виявлено інтерметалідні фази Fe₇ – Mo₆, що приводило до зростання твердості зони лазерного легування поряд зі зміцненням твердого розчину.

За розроблену методикою можуть бути спрогнозовані значення твердості при азотуванні не тільки подвійних споавів, але й більш складних композицій.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Кузик О. В., Лисенко С. В., Гупка А. Б., Гриньків А. В., Жилова І. В. Методика розрахунку основних характеристик підшипників ковзання систем і агрегатів автомобілів та аналізу їх трибологічної ефективності. Центральнотуристський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 9(40), ч. 1. С. 151-164.
2. Аулін В. В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах : монографія. Кіровоград : КОД, 2014. 370 с.
3. Дьяченко О. В., Кардаполова М. А., Маркевич Н. Ю. Структуроутворення сплавів на залізній основі після лазерного легування. Наука і техніка. 2016. № 1. С. 46–51.
4. Харченко Н. В., Сергєєв С. Ю., Литвиненко А. Н. Формування структури і властивостей при лазерному легуванні залізновуглецевих сплавів бором і кремнієм. Вісник НТУ "ХПІ". 2015. № 29. С. 89-94.
5. Волощук В. М., Ковальчук В. П. Вплив лазерного легування на структуру і властивості сталей з різним вмістом легуючих елементів. Труды Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". 2018. Вип. 150. С. 72–78.
6. Кравченко В. С., Гнатюк І. П. Вплив режимів лазерного легування на механічні властивості залізних сплавів. Металургія і машинобудування. 2020. № 7. С. 58-63.
7. Мельник А. І., Степаненко В. О. Оптимізація параметрів лазерного легування для підвищення зносостійкості залізних сплавів. Сучасні технології в машинобудуванні. 2019. Вип. 12. С. 45-52.

УДК 004.75:62-523:629.11

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ТА ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА ІНТЕГРОВАНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Надич Т.М., асп.,

Плаксій А.О., ст. гр. ТТ-22,

Аулін В.В., проф., д-р. техн. наук,

Гриньків А.В., ст. дослідник, канд. техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Удосконалення системи технічного обслуговування вантажних автомобілів (ТО ВА) передбачає включення в поле діяльності спеціалістів з ТО інформаційних та консультаційних послуг. Метод опису інформаційного та консультаційного матеріалу може бути словесним, математичним, графічним та іншим видом, заснованим на певній інформаційній моделі (ІМ). Для побудови ІМ необхідний системний аналіз, задання якого є виділення суттєвих частин та властивостей об'єкта, а також зв'язків між ними. Вибір істотних властивостей ІМ встановлюється змістом ТО. Мета формування повної ІМ – забезпечити НДЗ і ІЗ всіх завдань, що належать до організації та проведення ТО та технічної діагностики (ТД).

Стосовно системи інтегрованої електронної документації і індивідуалізованого прогнозування (СІЕДіП) ТО ВА, яка характеризується значним нормативно-технічним наповненням (НТН) насиченістю, подібні моделі представляють певний науковий та практичний інтерес. В роботі представлений варіант ІМ системи, в якій процеси ТО і ТД вантажних автомобілів розглядаються в комплексі.

Один з основних блоків СІЕДіП ТО ВА формуватиметься на основі посту технічного обслуговування (ПТО), і він враховуватиметься в ІМ як найважливіший компонент. У цьому блоці повинна міститися інформаційна база (ІБ) за постами і ділянками (ПД₁, ПД₂, ПД₃,..., ПД_N) обслуговування, а також розстановки обслуговуваних автомобілів. Тому ІМ, спочатку, представляється як вектор моделей:

$$ІМ_I = (ІМА_i, МПД_i), \quad (1)$$

де ІМА_i - інформаційна модель ТО та ТД i-го автомобіля;

МПД_i - множина постів та ділянок ТО та ТД.

Нормативно-технічна база МПД включає множину НТН компонентів моделі.

Одним з таких компонентів є специфікація обладнання, передбачена до встановлення на К-му варіанті постів і ділянок (СО_K), план розстановки обладнання (ПРО), схема обслуговування автомобілів (СОА). Виходячи з цього ІМ доповнимо наступним чином:

$$ІМ_I = (МПД, СО_N, ПРО, СОА), \quad (2)$$

$$\text{де} \quad МПД = (ПД_1, ПД_2, ПД_3, \dots, ПД_N). \quad (3)$$

Об'єднання специфікацій обладнання (ОСО) дозволить сформувати перелік обладнання (О), яке використовуватиметься в ІМ. Його можна записати як перелік специфікації обладнання (ПСО). Відповідно ІМ i-го обладнання можна представити у вигляді вектору:

$$O_i = (ПО_i, ХО_i, ОО_i), \quad (4)$$

де ПО_i – призначення i-го обладнання;

ХО_i – характеристика i-го обладнання;

ОО_i – опис конструкції і правил використання обладнання.

Наступними НТН компонентами моделі, що визначає необхідні компоненти обслуговування, розглядаються конструктивні особливості автомобілів, що обслуговуються. Опис конструктивних особливостей та характеристик автомобілів зазвичай наводяться у нормативно-технічній документації (НТД).

Об'єднання множин описів по маркам автомобілів, що враховуються, можливо

представити як наступний компонент інформаційної моделі автомобіля (ІМА). На основі компонента ІМА у системі нормативно-документального супроводу ТО автомобілів слід формувати у СІЕДіП ТО ВА наступний інформаційний блок.

При проведенні операцій ТО і ТД використовуються технологічні картки (ТК) у вигляді альбомів, в яких наводяться правила виконання операцій обслуговування із зазначенням необхідного обладнання, пристроїв, інструментів, приладів, витратних матеріалів з нормативами їхньої потреби. Узагальнюючи відомості з усіх ТК для всіх марок автомобілів за видами ТО і ТД можна сформувати перелік необхідного обладнання (ПО_і), пристосувань (ПП_і), набір інструменту (НІ), комплект приладів (КП), а також нормативи витрат витратних матеріалів (НВМ). Отриманий таким чином з моделі нормативно-технічний матеріал (НТМ) враховуватиметься при розробці СІЕДіП ТО ВА.

На основі їх систематизації та узагальнення стосовно математичної моделі автомобіля (ММА) формуються комплекти необхідних альбомів ТК обслуговування (АТК). По кожній марки автомобіля існує свій альбом. Також розглядають необхідне обладнання (РО) (на відміну від ПСО), реєстри необхідних пристроїв (РП), реєстри необхідних інструментів (РІ), реєстри необхідних приладів (РП), переліки витратних матеріалів (ПВМ) та нормативи їх витрат (НВРМ). Крім зазначених, потрібні також дані щодо нормативів витрат часу на виконання операцій обслуговування автомобілів, реєстр нормативів витрат і виконання (РНВВ) та реєстр кваліфікаційного складу виконавців робіт (РКСВР). Звідси випливає висновок про те, що зазначені альбоми та реєстри повинні також фігурувати в ІМ, а їх опис необхідно включити в інформаційне виконання (ІВ).

Відповідно до розглянутих компонентів формуються ІМА, стосовно ТО та ТД. Вона може бути представлена у вигляді:

$$ІМА_i = (A_i, OA_i, ATK_i). \quad (5)$$

де A_i - найменування i -ої марки автомобіля;

OA_i - опис конструктивних особливостей та характеристик i -ї марки автомобіля;

ATK_i - альбом ТК виконання операцій ТО та ТД i -ої марки автомобіля.

Операції ТО та ТД автомобілів розглядаються як єдина сукупність операцій обслуговування (OO_i), передбачених стосовно певної марки автомобіля (i) та виду ТО (K). Їх можна записати як OO_i^N . Тоді ІМ альбому ТК - ATK_i^N з урахуванням зазначених вище компонентів представиться у вигляді вектора:

$$ATK_i^N = (A_i, OO_i^N, PO_i^N, PP_i^N, NI_i^N, KI_i^N, NBM_i^N, NVRM_i^N, RNVV_i^N, RKSVP_i^N), \quad (6)$$

Для кожної операції ТО і ТД (S) кожного виду ТО і ТД (N) конкретної марки автомобіля (A_i) формується окрема ТК - ATK_{is}^N . Таким чином, уточнена її ІМ представляється у вигляді:

$$ATK_{is}^N = (A_i, OO_{is}^N, UVO_{is}^N, TT_{is}^N, PO_{is}^N, PP_{is}^N, NI_{is}^N, KI_{is}^N, NBM_{is}^N, NVRM_{is}^N, RNVV_{is}^N, RKSVP_{is}^N), \quad (7)$$

де UVO_{is}^N - умови виконання робіт з обслуговування автомобіля по картці, включаючи періодичність їхнього виконання;

T_{is}^N - технічні вимоги та вказівки до виконання робіт з ТО та ТД.

Для зручності роботи ТК доцільно групувати за видами обслуговування (N): ЕТО, ТО після перших 1000км (сервіс А), ТО після перших 4000км (сервіс В), ТО-1 (ТО після перших 8000км. Сервіс-1), ТО- 2 (ТО після перших 12000км. Сервіс-2), СО (сервіс С), при зберіганні (ТО-1_x, ТО-2_x). З врахуванням переліченого можливий наступний варіант ATK_{is}^N :

$$ATK_{is}^N = (A_i, ЕТО, Сервіс А, Сервіс В, Сервіс-1, Сервіс-2, Сервіс С). \quad (8)$$

Крім операцій ТО та ТД у ході обслуговування часто виконуються певні розрахункові операції. До них належить розрахунок залишкового ресурсу вузлів, що обслуговуються, і агрегатів автомобіля за параметрами його технічного стану, встановленим в результаті ТД.

Звідси випливає необхідність введення в ІМ також такого параметра, як множина розрахункових завдань (МРЗ).

На основі обліку описаних компонентів, на додаток до початкового варіанта ІМ (1), наступний варіант ІМ запишеться наступним чином:

$$IM_{CIE\bar{D}i\P TO BA i} = (IMA_i, MPD, MPZ). \quad (9)$$

Зазначимо, що процеси підготовки документів і типи їх інформаційних зв'язків практично не залежать від змісту документів. Кожен документ містить одну або кілька посилань на підготовку або виконання процесів, що регламентуються. Крім того, документи інформаційно пов'язані з вузлами та агрегатами автомобілів, обслуговування яких плануються або проводяться.

Викладене свідчить, що підготовка документа проводиться в наступній послідовності:

- формування змістовної частини, як правило, на основі зразка або попередньої версії цього ж документа;
- уточнення списку обладнання, що фігурує у документі;
- уточнення списку спеціалістів, згаданих у ньому.

Слід взяти до уваги і створення зв'язків, реалізованих за допомогою допоміжних таблиць між посиланнями. Ці зв'язки дозволяють вибравши об'єкт, отримати відповіді на такі запитання:

1. Які умови (засоби індивідуального захисту, вимоги до кваліфікації працівників, режими, попередні та завершальні заходи) необхідні для виконання робіт?
2. Які роботи (підготовчі, розбиральні тощо) необхідно виконати, щоб отримати доступ до об'єкта?
3. Коли і скільки разів проводилося обслуговування (ремонт) об'єкта?

Нормативно-технічне наповнення описаних моделей та їх компонентів передбачається почати з найпростішого варіанту, поступово формуючи і накопичуючи, відповідний НТЗ фонду системи НДЗ. Зважаючи на різноманіття НТН компонентів, її розробку доцільно реалізовувати на комп'ютері у вигляді спеціалізованих ІС.

Виходячи з процесів, що проходять при ТО та ТД автомобілів, та необхідного НТМ, що використовується при організації та проведенні даних процесів, уточнено та вибудовано загальну структуру ІБ, склад (перелік) основних інформаційних блоків НТ фонду СІЕДіП ТО ВА та необхідні взаємозв'язки між ними.

Таким чином, визначено, що структура ІС включає наступне:

1. Головний блок СІЕДіП ТО ВА з переліком основних інформаційних блоків.
2. Електронний посібник з використання СІЕДіП ТО ВА.
3. Умовні позначення, скорочення, терміни та визначення, що використані в СІЕДіП ТО ВА.

Список використаних джерел

1. Надич Т. М., Аулін В. В., Гриньків А. В., Слонь В. В. Методи і заходи удосконалення системи технічного сервісу вантажних автомобілів на основі кіберфізичного підходу і розробки науково-технічної документації його операцій. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 11(42), ч. 2. С. 313-327.
2. Аулін В. В., Панарін Д. Є. Комплексний підхід в оптимізації та плануванні процесів експлуатації і ремонту автомобілів з використанням телеметричних систем дистанційної електронної діагностики. *Вісник ЖДТУ. Серія: Технічні науки*. 2014. № 2(69). С. 29-32.
3. Аулін В. В., Панарін Д. Є. Удосконалення процесу технічного обслуговування автомобілів з використанням методів дистанційної електронної діагностики. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2014. № 4. С. 88-91.
4. Сидоренко Т. А. Методичний підхід до оцінювання ефективності технічного обслуговування автопарку. *Автомобільний транспорт*. 2019. № 43. С. 40-45.
5. Сахно В. П., Сахно О. П., Лисий О. В. Аналіз умов забезпечення працездатності автотранспортних засобів на основі удосконалення системи технічного обслуговування. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. 2015. № 158. С. 144-149.
6. Грицюк І. В., Волков В. П., Волкова Т. В., Кужель В. П., Ришова В. Ю. Інформаційна система оперативного забезпечення нормування показників експлуатації транспортного засобу. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2022. Т.16, № 2. С. 16-22.

UDC 658.562

MODERN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF QUALITY MANAGEMENT OF SERVICES AT CAR MAINTENANCE STATIONS

Serhiichuk A.A., graduate student,

Chornyi O.V., st gr. TT-23mb,

Aulin V.V., prof., Dr. Tech. Sciences,

Hrynkiw A.V., senior researcher, candidate of Tech. Sciences,

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

The last decade of the twentieth century, for Ukraine can be confidently characterized as a period of very contradictory transformations. The objective need for Ukraine's integration into the world economic space, on the one hand, is due to the aggravation of internal contradictions in the methods of management, and on the other hand, noticeable and in many cases ambiguous consequences in the production sphere.

There has been a tendency for Ukraine to lag behind the level of advanced industrially developed countries of the world. To level up, the interacting efforts of citizens, entrepreneurs, state administration bodies and a comprehensive and coordinated approach to the problems that have arisen are necessary.

The recent growth in the manufacturing sector of the Ukrainian economy has simultaneously exacerbated a number of important problems:

- the personnel problem - the economy is experiencing a shortage of specialists who possess the theory and practice of modern management, especially quality management, and the provision of technical service for automobiles;

- the problem of the efficiency of the activities of technical service stations for automobiles – closely related to the first problem; the low efficiency of most enterprises is largely due to outdated labor organization, organizational and management technologies, and a weak orientation towards meeting the demands of consumers of transport services - which is explained by little knowledge or incorrect implementation of the methodology and technologies of modern quality management for technical service for automobiles;

- the problem of the development of high technologies, primarily information and innovation activities, which exacerbates the previous problem; this problem is largely related to the pre-industrial nature of production in this area.

The problems listed above are largely related to the insufficient development of the methodology and technologies of modern quality management of car technical service services. In fact, now in Ukraine it is necessary to develop quality management of car technical service, which serves both production and other sectors of the economy and provides consulting, innovative, information and educational services. To create a quality management system, coordinated actions of enterprises capable of developing the methodology and specific technologies of quality management in the field of car technical service are necessary.

Currently, developments are being carried out in the field of methodology and technology of quality management of car technical service services, and the object of application of the results obtained has become advanced service stations. At the first stage of the formation of the so-called quality management industry, it is necessary to create regulatory, scientific and methodological achievements and infrastructure for the effective implementation of other industry programs in the field of quality management, environmental management and safety.

The most important resource of any business entity is a person. Human potential, namely its intellectual level, is the main component of the socio-economic development of any state.

The quality of the service station's activities determines their competitiveness. To recognize the quality of the service station's services, it is necessary that they comply with the international

standards ISO 9000:2000, that is, the requirements of the ISO 9000:2000 standard should be the methodological basis for the implementation of an effective quality management system for the provision of services. The basis for the application of these standards is a process approach to the description of the service station's activities. However, when implementing a quality management system, it is necessary to take into account the specifics of the enterprise:

- it is necessary to clearly define what is the final service of the enterprise;
- what are the quality parameters of each type of product service and the parameters of an inappropriate product service;
- it is necessary to find out who is the consumer of the product service;
- it is necessary to take into account the role of the employee in the technological process of providing services and determine the principles and methods of their involvement in the process of implementing the quality management system, as well as their training and motivation in the field of quality management of technical service provision;
- the quality management system for providing services should be part of the state requirements for the activities of the service station;
- when implementing the quality management system for technical service of automobiles, it is necessary to take into account the specifics of the entire set of processes and phenomena occurring at the service station;
- the quality management system for technical service of automobiles must take into account changes in the surrounding world and adapt to them;
- in connection with the development of scientific and technological progress, it is necessary to provide for the updating of requirements for the set of services.

The development of a quality management system for the provision of technical service services may consist of several stages, including:

- changing the organizational structure of management, namely the formation of a specialized unit in the field of quality management;
- conducting a self-assessment of the readiness of the workshop staff to implement a quality management system in order to identify strengths and weaknesses;
- establishing the needs and expectations of consumers of technical service services and other interested parties;
- developing the workshop policy and objectives in the field of service quality;
- defining a process map and distributing responsibilities necessary to achieve goals in the field of quality of technical service services for cars;
- developing standards that allow a clear and unambiguous description of each process of the workshop's activities;
- determining the necessary resources and providing them to the workshop to achieve quality goals;
- developing and applying methods for measuring the effectiveness and efficiency of each process;
- developing corrective measures in case of non-conformities;
- developing and applying a process for continuous improvement of the quality management system for technical service services for cars.

A natural confirmation of the quality level of the workshop's activities is a certificate of conformity of the quality management system for the provision of technical service services in accordance with the international standards of the ISO 9000:2000 series. The presence of software products at the workshop, necessary to support the quality management system for the provision of technical service services, contributes, at a minimum, to ensuring a document flow system, improving and accelerating the quality of process management. Automation of service quality management processes will ensure the timeliness and openness of information intended for personnel.

However, service quality management and, in particular, the formation of a quality management system for technical service services should be individual for each workshop, since all workshops have their own specific management.

Solving current problems of quality management for technical service services requires the formation of conceptual approaches to improving its assessment at all levels of management - state, regional and municipal.

At the state level, it is necessary to improve the system of indicators for licensing, certification, accreditation. Collection, assessment and analysis of information on what resources STOA has, how their activities are planned and organized, what results are achieved, what conditions are met for continuous improvement of activities - all this can become an effective tool of state policy, which also has public significance. At the regional level, assessment of the quality of STOA activities in determining the effectiveness of measures to support the industry in the region.

At the level of enterprises, firms, companies, a system for assessing the quality of their activities should be formulated. In general, the implementation of a quality management system at an enterprise, firm, company will make all processes of their activities transparent and manageable, as well as involve personnel in the process of continuous improvement of the quality of products and services.

At the turn of the century, quality became the only force capable of leading business entities to success in both domestic and international markets. The category of "quality" has many aspects, but all approaches to quality are aimed at the final product (goods) or service. When the markets turned out to be saturated, enterprises, firms, companies realized that consumers evaluate both the quality of goods and services. In response to the reaction of foreign manufacturers, the concept of TQM (Total Quality Management) immediately appeared.

Recently, the use of TQM at enterprises, firms, companies has been gaining momentum and is becoming large-scale. The use of TQM helps to understand what is not being done enough and how to do it better. Enterprises, firms, companies that support TQM aim for continuous improvement through tracking and continuous use of achievements, both competitors and world business practices.

TQM is a system of comprehensive quality management, which is based on the analysis of business processes. The main elements of TQM include: strategy formation; determination of performance quality indicators; methods for improving decision-making; quality control mechanisms.

The following are the main principles of TQM:

- constant monitoring of changes in the external and internal environment of the enterprise, firm, company. They should be characterized by the ability to predict changes in both the external and internal environment;
- the presence of an effective workable scheme of the process of constant and continuous improvement of both enterprises, firms, companies, and their final products (services), in the form of continuous improvement;
- customer or consumer orientation. Enterprises, firms, companies depend on their consumers and therefore must understand their current and forecast needs, meet consumer requirements and strive to exceed their expectations;
- leadership of the manager. Managers ensure the unity of goals and directions of the enterprise, firm, company. They must create and maintain an environment in which employees can be fully involved in solving the tasks of the enterprise, firm, company;
- interest of all personnel of the enterprise, firm, company in implementing measures to achieve the set goal. Employees at all levels are the basis of an enterprise, firm, company, and their full involvement allows the enterprise to use their abilities to the advantage;
- using a process approach during quality management. The desired result will be more effective if the activities of the enterprise, firm, company and the relevant resources are managed as a process;

- using a system approach by identifying, understanding and managing a system of interrelated processes aimed at achieving the set goal, increase the effectiveness and efficiency of the enterprise, firm, company;

- determining the costs associated with maintaining the required level of quality;

- mutually beneficial relationships with suppliers. The enterprise, firm, company and suppliers are interdependent. Beneficial relationships between them contribute to expanding the capabilities of each in creating values;

- constant support for the quality management system.

According to the TQM concept, the following characteristic aspects can be distinguished:

- firstly, the primary basis of quality is a person, with his behavior and needs. A person is considered not as a necessary resource, but as a person, on whose harmonious development, on interest in his activities and the activities of the enterprise, firm, company, well-being depends;

- secondly, quality management is not a narrow specific activity limited by subject framework, but the management of the entire enterprise, firm, company, all aspects of their life in the most global, essential for their viability sense;

- thirdly, those enterprises, firms, companies that are based on the activities of teams achieve success;

- fourthly, the basis of quality management is the elimination not of the defects themselves, but of the root causes.

The implementation of these provisions in practical activities certainly requires the creation of a special environment at the enterprise and the active participation of management.

The development of quality documentation is important. This is an indispensable condition for the application of TQM principles. The final product (service) of enterprises must meet established standards, but the process must be controlled by the enterprise itself. Each unit of product and service must go through a strict quality control system. All records of product quality testing results must be archived.

According to Western managers, the main reasons for the unsuccessful implementation of the TQM system include: lack of feedback from consumers; lack of clear strategic goals by the management of the enterprise, firm, company and insufficient elaboration of their development directions; lack of attention to the costs associated with maintaining the required level of quality; insufficient respect by management for the personnel of the enterprise, firm, company; lack of real measures of personnel performance; lack or incomplete elaboration of quality management system documentation.

Preparation for the implementation of TQM involves, first of all, the awareness of the management of the enterprise of the need to unite all personnel in order to achieve the goals of the enterprise. It is possible to conduct anonymous surveys of both managerial and production personnel of the enterprise, the purpose of which is to identify unresolved problems that personnel have in the performance of their duties. Thus, the considered areas of development of the quality management system are relevant and timely for the economy of Ukraine. Continuous orientation to their improvement will allow Ukraine to reach a new, qualitative level of development and adequately represent the domestic economy in the world economic space.

List of sources used

1. Аулін В. В., Гриньків А. В., Кузик О. В., Тертиця О. М., Байцан В. Г. Система сервісного обслуговування транспортної та сільськогосподарської техніки дилерським центром в агропромисловому виробництві. Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-технічної конференції "Крамарівські читання", 22–23 лютого 2024, м. Київ. – Київ : Видавничий центр НУБІП України, 2024. С. 108–110.
2. Аулін В. В., Гриньків А. В., Головатий А. О. Дослідження ефективності управління системою технічного сервісу транспортних машин. Збірник тез доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції "Автомобільний транспорт та інфраструктура", 23–25 квітня 2020. Київ : НУБІП України, 2020. С. 3–5.
3. Сергійчук А. А., Аулін В. В., Гриньків А. В., Сергійчук А. В. Забезпечення належного рівня якості надання послуг підприємствами технічного сервісу колісних транспортних засобів проведенням їх акредитації. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч. 2. С. 348–363.

4. Тарандушка Л. А., Костьян Н. Л., Тарандушка І. П. Дослідження впливу параметрів функціонального елементу "автосервісне підприємство" на якість технологічних процесів системи автосервісу. Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. 2020. № 40. С. 179–187.
5. Тарандушка Л. А., Костьян Н. Л. Вплив параметрів функціонального елементу "автосервісне підприємство" системи автосервісу на якість виконання технологічних процесів. Вісник Національного транспортного університету. Серія "Технічні науки". 2021. Вип. 1 (48). С. 336–344.
6. Хаврук В. О. Інтегральна оцінка ефективності функціонування станцій техобслуговування автомобілів. Збірник наукових праць НУК, Миколаїв, 2019. № 1(475). С. 229–236.
7. Городецький М. П. Підходи до формування конкурентоспроможності автосервісних підприємств. Економічний дискурс, Львів, 2019. № 4. С. 102-113.
8. Майстро Р., Білецький С. Ефективність діяльності суб'єктів ринку автосервісу та автомобілів в Україні в умовах воєнного стану. Вісник НТУ "ХПІ". Екон. науки. 2024. № 6. С. 28-32.
9. Волков В. П., Грицук І. В., Волкова Т. В., Кузель В. П. Особливості побудови інформаційної системи оцінювання параметрів технічного стану автомобілів в умовах експлуатації. Вісник машинобудування та транспорту. 2019. Т. 10, № 2. С. 10-15.
10. Кабінет Міністрів України. Постанова Кабінету Міністрів України від 12 січня 2024 року № 28 "Про затвердження Технічного регламенту з проведення періодичних технічних оглядів колісних транспортних засобів". – Київ : Урядовий кур'єр, 2024. – 18 с.
11. Кузьменко С. М.. Акредитація випробувальних лабораторій для проведення технічного контролю автотransпортних засобів в Україні. Вісник транспортної логістики. 2021. Т. 12. С. 84-89.
12. Бровко О. В. Впровадження обов'язкової акредитації технічних центрів обслуговування автомобілів як інструменту підвищення безпеки дорожнього руху. Транспорт і логістика. 2023. Вип. 17. С. 59-65.

UDC 629.113:621.43:658.5

MAIN TASKS OF IMPROVING THE ORGANIZATION OF REPAIR MAINTENANCE OF QUARRY TRANSPORT ENGINES

Kharchenko S.V., graduate student,

Dychko M.A., st. gr. TT-23mb,

Lysenko S.V., associate professor, candidate of technical sciences,

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Slon V.V., candidate of technical sciences,

Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, Ukraine

Feasibility study of the main directions of development of repair maintenance of rolling stock of road transport and its units, as shown by the conducted research, at this stage of scientific and technical development, one of the promising directions is carrying out repair maintenance by replacing worn elements with the organization of their centralized restoration by industrial methods. This approach does not contradict and does not hinder the development of other progressive methods, namely, improving the organization and technology of overhaul maintenance of vehicles and their units. This mainly concerns the rolling stock of road transport of the mining industry.

The conducted analysis of the organization of repair maintenance of automotive equipment allows us to make the following generalizations regarding the engines of quarry transport:

1. The current practice of carrying out repair maintenance of engines of quarry vehicles as their structural elements fail leads to frequent calls for repair maintenance. Moreover, each repair service is accompanied by downtime and losses, which the quarry transport enterprise suffers when the engine is in repair service. Reducing the duration of downtime and losses requires finding reserves, the basis of which is improving the organization of repair service. The optimal organizational structure and frequency of repair service will contribute not only to changing the maintainability indicators, but also to increasing the efficiency of repair service of quarry vehicle engines. During the analysis, patterns were established that confirm the high efficiency of engine repair service by replacing worn or damaged parts and assemblies.

2. The problem of improving the repair service of automotive equipment was addressed by both domestic and foreign researchers. Valuable information was obtained that found practical application in the sectors of the country's economy. Nevertheless, the issues related to the choice of the optimal variant of the repair service structure for quarry transport engines operating in specific conditions have not yet been resolved. However, the forms of organization of repair service, which have proven themselves very well for mass-produced vehicle units, require additional research for quarry transport engines.

3. Despite the high efficiency of engine repair service by replacing worn elements, it has not yet been widely used in Ukraine. Currently, the leading place in departmental transport is not preventive, but capital repair service, which ultimately leads to an increase in repair service costs.

From the above, it follows that increasing the efficiency of repair service for quarry transport engines by improving the structure of the repair cycle.

Based on the goal and on the analysis of the state of the issue under study, the following research tasks were formulated:

- to develop a mathematical model of the optimal structure of repair maintenance of quarry transport engines;
- to establish the regularity of changes in operating costs depending on the mileage;
- to develop an algorithm for choosing the optimal structure of repair maintenance of quarry transport engines;
- to investigate defects, wear and tear and maintainability indicators of quarry transport engines;

- to establish the optimal structure of repair maintenance for the depreciation period of quarry transport engines;
- to determine the economic efficiency of introducing the optimal structure of repair maintenance of engines at mining enterprises.

By analyzing the components of the objective function, based on which the necessary list of them is established, the first task can be solved.

The second task is solved by studying the nature of the change in the components of the objective function that are part of the operating costs.

After considering the first two tasks, you can proceed to solving the third task. The development of an algorithm for selecting the optimal structure of repair maintenance of quarry transport engines should be carried out only from the perspective of comparing the analyzed options.

The solution to the fourth task can be solved by analyzing defects and wear of the main engine parts and maintainability indicators for each analyzed option.

By establishing the nomenclature of parts that limit the engine resource, the frequency of their replacements and the use of economic and mathematical modeling, the fifth task can be solved.

Only after conducting experimental studies and comparing all costs and losses of the existing and proposed engine repair maintenance organization over their amortized service life, the sixth task can be solved.

List of sources used

1. Аулін В. В., Слонь В. В., Голуб Д. В. Вплив присадок до моторних олиф на характеристики дизелів, що працюють в нестационарних умовах експлуатації. Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. Серія: Підйомно-транспортні, будівельні та вантажно-розвантажувальні машини. 2014. Вип. 144. С. 100-105.
2. Слонь В. В. Підвищення довговічності силових агрегатів транспортних машин використанням олиф з присадкою на основі геомодифікатора : дис. ... канд. техн. наук : 05.22.20. Слонь Віктор Вікторович. Харків, 2021. 218 с.
3. Ляшук О. Л., Левковський В. В., Пастух І. О. Оптимальний комплекс операцій технічного обслуговування і ремонту для підвищення надійності вузлів, систем та агрегатів мобільних машин. Центральнокраїнський науковий вісник. Технічні науки. 2023. Вип. 8(39). С. 175-189.
4. Гурський А. С., Івашко В. С., Макаров В. А. Вдосконалення технічного обслуговування і ремонту транспортних засобів. Вісник машинобудування та транспорту. 2020. Т. 11, № 1. С. 55-61.
5. Камінський П. М. Вибір оптимального інтервалу технічного обслуговування спецтехніки. Інженерія транспорту. 2021. № 2. С. 30-36.
6. Зінченко І. А. Організаційно-економічні засади вдосконалення технічного обслуговування вантажного транспорту. Економіка і регіон. 2019. № 2. С. 112-118.
7. Дяченко С. П. Підвищення ресурсу машин шляхом оптимізації технологій ремонту. Вісник Дніпровського державного аграрно-економічного університету. 2019. № 3. С. 56-61.
8. Comprehensive assessment of technical condition of vehicles during operation based on Harrington's desirability function / V. Aulin, I. Rogovskii, O. Lyashuk [et all] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2024 - 1 (3 (127)). - P. 37-46.

УДК 629.3.013:004.8

ОБҐРУНТУВАННЯ МНОЖИНИ ОЦІНОЧНИХ КРИТЕРІЇВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ ФОРМУВАННЯ ПАРКУ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНИХ І БЕЗПЕЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Тертиця О.М., асп.,
Молла К.О., ст. гр. ТТ-23-1,
Аулін В.В., проф., д-р. техн. наук,
Гриньків А.В., ст. дослідник, канд. техн. наук,
Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
Гупка А.Б., доц., канд. техн. наук,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, України

Методи обґрунтування та вибору типів великовантажних автомобілів (ВВА) для перевезення готової продукції підприємств ґрунтувалися на запропонованих інноваційних підходах, які дозволяють отримати максимальну ефективність транспортної складової при стабільному та керованому ланцюгу постачань. При цьому слід мати на увазі, що за неправильну вказівку ваги та за перевищення допустимої маси ВВА або допустимого навантаження на вісь ВВА, або допустимих габаритів ВВА, юридичними особами або індивідуальними підприємцями, що здійснили навантаження вантажу на ВВА, передбачені штрафні санкції.

Основні етапи вирішення завдання вибору ВВА для транспортування готової продукції підприємства полягають у наступному:

Етап 1. Формування вихідної множини альтернативних варіантів ВВА та сукупності оціночних критеріїв для оцінки ефективності перевезення готової продукції підприємств;

Етап 2. Формування структури переваг оціночних критеріїв для певного типу ВВА перевезення готової продукції підприємств;

Етап 3. Формування впорядкованої множини ВВА для перевезення готової продукції підприємств.

У рамках першого етапу вибір рухомого складу відбувався на підставі наступних груп обґрунтованих критеріїв:

Група 1. Технічні особливості рухомого складу та вагових параметрів ВВА (технічні критерії): вантажопідйомність тягача; споряджена маса тягача; повна маса автопоїзда; довжина; ширина; висота; об'єм кузова; номінальна потужність двигуна; максимальна швидкість; витрати палива; об'єм двигуна; потужність двигуна; шини, дюйми; об'єм паливного бака; радіус розвороту.

Група 2. Розташування вантажу в кузові, збереження вантажу при транспортуванні, безпеки вантажно-розвантажувальних операцій (Організаційні критерії): час у наряді за добу; число робочих днів на рік; число днів у капітальному ремонті; ресурс до капітального ремонту; коефіцієнт ТОР; простой з організаційних причин; кількість ремонтних робітників; кількість механіків у гаражі.

Група 3. Поєднання потенційних технічних та технологічних інтересів з можливостями ринку автотранспортних послуг (економічні, ринкові критерії): термін служби тягача; темп зростання експлуатаційних витрат на ТОР на рік; тарифна ставка ремонтників; коефіцієнт накладних витрат; коефіцієнт витрат за запасні частини; вартість шини; ціна автопоїзда; частка залишкової вартості ціни після 8 років експлуатації.

Система обмежень за групою 2 оціночних критеріїв полягає в наступних постановках: дотримання допустимих осьових навантажень за максимального корисного навантаження ВВА; відповідальність відправника вантажу за збереження вантажу при транспортуванні; оптимізації часу вантажно-розвантажувальних операцій.

Кожну комплектацію рухомого складу аналізували за дотриманням вагових параметрів у порожньому стані, при рівномірному (розташування центру тяжіння посередині вантажного відсіку) завантаженні до повної маси, при завантаженні до повної маси зі зміщенням центру тяжіння та при весняно-осінніх обмеженнях: 6 т на одну вісь, 10 т на групу з двох осей, 12 т на групу з трьох осей, 16 т на групу з чотирьох осей.

Найпопулярнішим (поширеним) типом ВВА був сидельний автопоїзд, у складі тягача з колісною формулою 4X2 (двохосний з двосхилим ошиновуванням) і тривісного шторного напівпричепа. Оптимальний варіант причіпного рухомого складу - стандартний шторний напівпричіп власною масою не більше 6500 кг у складі з двовісним сидельним тягачем і 6800 кг з сидельним тривісним тягачем.

Переваги шторної комплектації перед бортовим варіантом тенту полягає в тому, що даний варіант легше на 300-350 кг, немає необхідності відкривати і закривати борти, отже, швидше можливо здійснити навантаження і розвантаження, спрощена система кріплення стяжними ремнями. Алюмінієві борти сучасних напівпричепів не можуть бути засобом кріплення, оскільки при перевищенні навантаження висока ймовірність його деформації і, отже, виникнення додаткових витрат на ремонт та обслуговування.

Переваги шторної комплектації перед відкритим бортовим варіантом полягають у тому, що вантаж захищений від опадів, питома навантаження (на один погонний метр) на раму/підлогу шторного напівпричепа дещо вище, тому що частина навантаження забирає на себе надбудову. Переваги шторної комплектації перед фургоном/рефрижератором полягають у тому, що вона легша на 800-1000 кг і є можливість завантаження збоку відразу 2 два м'які контейнери (МКР).

При перевезенні готової продукції підприємства в МКР масою в 1т і номінальною площею 1,0х1,0 м² можна досягти максимального корисного навантаження за рахунок точного розташування і оптимального кріплення вантажу.

Для вибору ВВА були розглянуті технічні особливості рухомого складу та розташування вантажу в кузові під час перевезення у МКР для наступних варіантів комплектацій (табл. 1).

Таблиця 1 – Вихідна множина можливих варіантів використання великовантажних автомобілів для перевезення готової продукції підприємства

№ п/п	Тип ВВА	Мінімально граничне навантаження на вісь при повному завантаженні ВВА, т	Повна вага ВВА при повному завантаженні, т
1	П'ятивісний автопотяг в складі двохвісного сидельного тягача з колісною формулою 4x2 і трьохвісного прицепа (єврофура)(ВВА1)	10	40
2	П'ятивісний автопотяг в складі двохвісного сидельного тягача з рефрижератором і трьохколісного прицепа (ВВА2)	10	40
3	Шестивісний автопотяг в складі двохвісного сидельного тягача і трьохколісного прицепа (ВВА3)	10	44
4	Шестивісний автопотяг в складі двохвісного сидельного тягача і чотирьохколісного прицепа (ВВА4)	10	44
5	Одинична 2-х вісна вантажівка 4x2 (ВВА5)	10	18
6	Одинична 3-х вісна вантажівка 6x2 (ВВА6)	15 на 2 осі	25
7	Одиночний самоскид з колісною формулою 8x4 (ВВА7)	16 на 2 осі	32
8	Самоскидний автопотяг в складі трьохвісного сидельного тягача з колісною формулою 6x2 і трьохвісного напівпричепа (ВВА8)	36,5 на три осі	44
9	Самоскидний автопотяг в складі двохвісного сидельного тягача з колісною формулою 4x2 і трьохвісного напівпричепа (ВВА9)	18	40

Крім того, у роботі були розглянуті різні варіанти використання автопоїздів при перевезенні готової продукції підприємств, які мають у транспортно-логістичній системі низку значних переваг, таких як: більший обсяг перевезення за один рейс; можливість різного рівня ремонту, технічного обслуговування чи заміни лише однієї частини автопоїзда; кілька менші окремі статті експлуатаційних витрат порівняно з одиночними вантажівками.

Розроблено механізм, що базується на результатах моделювання розв'язання задачі вибору ВВА за їх технічною готовністю (технічні критерії), організаційної забезпеченості (організаційні критерії) та економічної ефективності (ринкові, економічні критерії) (табл.2).

Таблиця 2 – Формування сукупності оціночних критеріїв (технічні, організаційні, економічні) з метою оцінки ефективності перевезення готової продукції підприємств

№	Назва	ТЗ 1	ТЗ 2	ТЗ 3	ТЗ 4	ТЗ 5	ТЗ 6	ТЗ 7	ТЗ 8	ТЗ 9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Технічні критерії										
1.	Вантажопідйомність тягача, т	10,6	10,6	17,16	29,4	3,7	14,5	32,57	17,16	10,6
2.	Споряджена маса тягача, т	7,9	7,9	8,84	7,9	3	18	16,43	7,6	7,6
3.	Повна маса автопоїзду, т	44	39	44	44	6,7	26	49	39	39
4.	Довжина м	13,62	13,62	13,62	13,62	6,51	10,6	9,23	9,97	9,97
5.	Ширина, м	2,48	2,48	2,48	2,48	23	2,5	2,55	2,55	2,55
6.	Висота, м	2,7	2,7	2,45	2,7	3,16	3,8	3,37	3,325	3,325
7.	Об'єм кузова, м ³	82	84	52	92	20,2	48,3	20	30	30
8.	Номінальна потужність двигуна, кВт	315	315	295	315	97,8	295	287	295	315
9.	Максимальна швидкість, км/ч	110	110	90	110	70	100	90	90	110
10.	Витрата палива, л/100 км	33	33	33	33	15	25	37	33	33
11.	Об'єм двигуна, л	12	12	12	12	2,8	12	8,9	12	12
12.	Потужність двигуна, к.с.	428	428	401	428	133	401	390	401	428
13.	Шини	315/60 R 22,5	385/65 R22,5	315/70 R 22,5	385/65 R 22,5	315/60 R 22,5	315/80 R 22,5	315/60 R 22,5	385/65 R22,5	385/65 R22,5
14.	Об'єм паливного баку, л	2x 400	2x 400	500	2x 400	125	450	310	500	2x 400
15.	Радіус розвороту, м	22,5	22,5	8	22,5	6,2	11,5	11,5	9	15
Організаційні критерії										
1.	Час в наряді за добу, год	16								
2.	Число робочих днів за рік, дні	252	270	290	300	240	250	260	252	252
3.	Число днів в капітальному ремонті, дні	10	12	15	13	14	10	11	13	15
4.	Ресурс до капітального ремонту, тис. км	1*106	0,8*106	1,1*106	1,3*106	0,9*106	1,2*106	1*106	1,4*106	1,1*106
5.	КоефіцієнтТОР, К, люд.·год/1000 км	9	12	7	8	13	11	10	8	9
6.	Простої по організаційним причинам, дні	6	3	5	4	12	8	15	11	9

7.	Кількість ремонтних робочих, чол.	10	9	12	11	8	6	8	12	10
8.	Кількість механіків у гаражі, чол.	6	5	4	7	8	12	11	7	6
Економічні (ринкові) критерії										
1.	Термін служби тягача, років	8	10	8	12	10	8	10	8	8
2.	Темп зростання експлуатаційних витрат на ТОР в рік, %	0,02	0,05	0,03	0,04	0,02	0,09	0,01	0,06	0,08
3.	Тарифна ставка ремонтників, грн./год	100	150	210	180	100	120	110	130	150
4.	Коефіцієнт накладних витрат	1,8	1,6	1,2	1,5	1,7	1,9	2,1	1,3	1,7
5.	Коефіцієнт витрат на запасні частини	2,0	2,2	2,5	2,9	2,0	2,5	2,7	2,8	2,3
6.	Вартість шини, тис. грн.	34	46	50	46	11	55	46	46	46

Це дозволяє здійснити ранжування (шарове впорядкування) транспортних засобів для ефективного перевезення готової продукції підприємства (рис. 1).

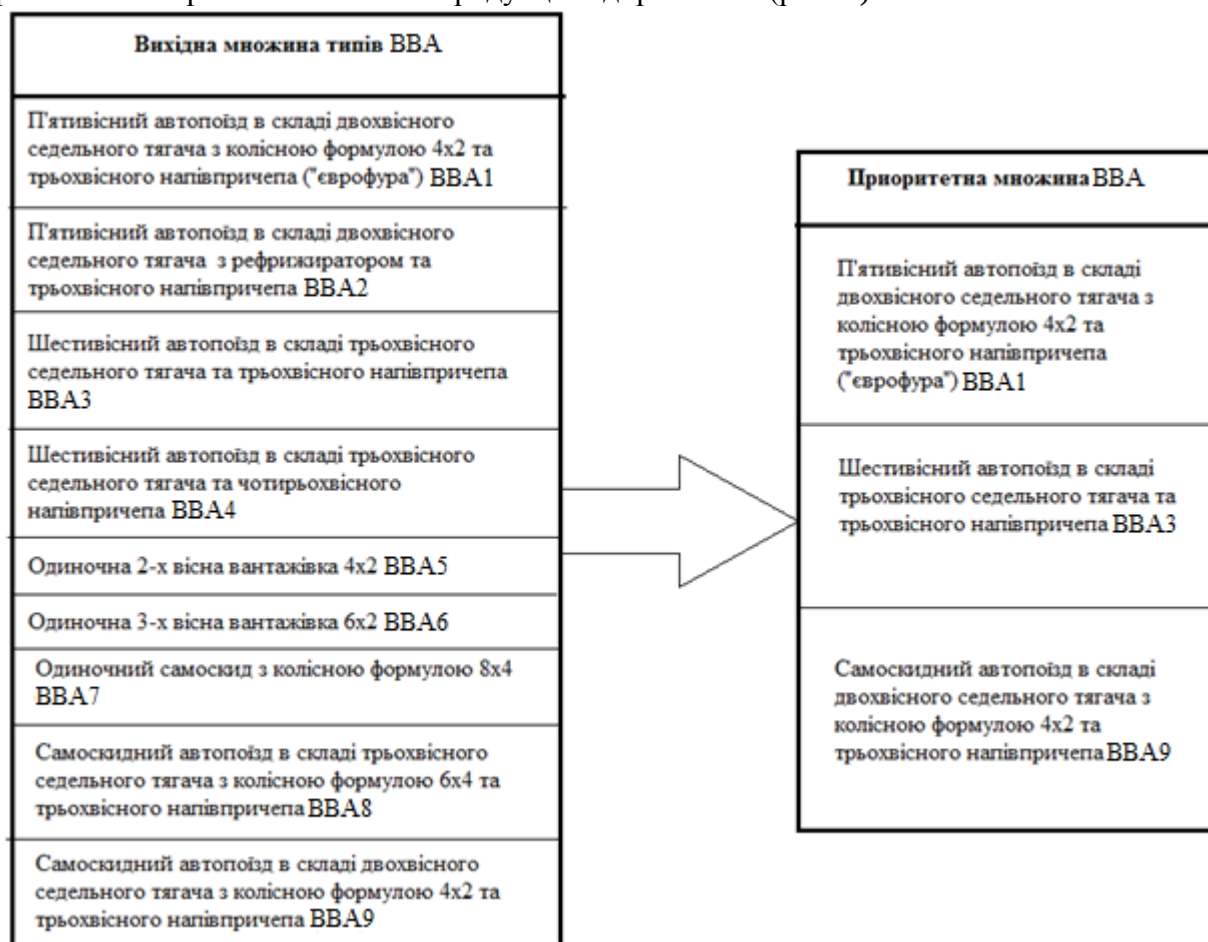


Рисунок 1 – Впорядкування великовантажних автомобілів для перевезення готової продукції підприємства ЗАТ "Кіровоград граніт"

Результатом вирішення завдання вибору на основі сформованої сукупності оціночних критеріїв та визначення розмірів шкоди від перевищення допустимих осьових навантажень та від перевищення значень допустимої маси вантажівки, як пріоритетні ВВА для

перевезення готової продукції підприємства були визначені наступні варіанти:

-п'ятивісний автопоїзд у складі двовісного сідельного тягача з колісною формулою 4х2 та тривісного напівпричепа ("єврофура") (ВВА3);

-шестивісний автопоїзд у складі тривісного сідельного тягача та тривісного напівпричепа (ВВА3);

- самоскидний автопоїзд у складі двовісного сідельного тягача з колісною формулою 4х2 та тривісного напівпричепа (ВВА9).

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.
2. Аулін В. В., Тертиця О. М., Надич Т. М. Критерії вибору великовагових транспортних засобів для ефективних і безпечних перевезень. Центральнотернопільський науковий вісник. Технічні науки. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. В. 10 (41), ч. 2. С. 169-187.
3. Аулін В. В., Тертиця О. М., Надич Т. М. Критерії вибору великовагових транспортних засобів для ефективних і безпечних перевезень : тези доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання", 20–21 лютого 2025 р. Київ : НУБіП України, 2025. С. 609-610.
4. Аулін В. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В. Підвищення ефективності використання транспортних машин у агропромисловому виробництві на основі автоматизованої оцінки технічного стану агрегатів // Центральнотернопільський науковий вісник. Технічні науки. Кропивницький : ЦНТУ, 2022. Вип. 6 (37), ч. 2. С. 45–57.
5. Голуб Д. В., Аулін В. В., Біліченко В. В., Гусев В. С. Забезпечення та підвищення надійності й ефективності процесу автовантажних перевезень в умовах аграрного виробництва. Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця : ВНТУ, 2024. Т. 18, № 2. С. 46–55.
6. Аулін В. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В., Головатий А. О., Голуб Д. В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем : монографія. Кропивницький : Фізична особа-підприємець Лисенко В. Ф., 2021. 504 с.
7. Аулін В. В., Голуб Д. В., Великодний Д. О. Підвищення надійності процесу перевезень у виробничо-транспортних системах шляхом структурного резервування : тези доповідей Міжнародної науково-технічної конференції "Крамаровські читання", 21–22 лютого 2019 р. Київ : Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2019. С. 68-71.
8. Гайкова Т. В., Загорянський В. Г., Солошич І. О. Інноваційні складові транспортних процесів вантажних перевезень у галузі автомобільного транспорту. Центр наукових праць Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Технічні науки. Кременчук : КНУ імені Михайла Остроградського, 2023. С. 223–231.

UDC 631.372:656.13:004.89

MONITORING AND CONTROL SYSTEMS FOR ROAD TRANSPORT ON AGRICULTURAL ENTERPRISES

Zaitsev A.M., *postgraduate,*

Kovalenko V.K., *st. gr. TT-23-1,*

Aulin V.V., *Prof., Doctor of Technical Sciences,*

Lysenko S.V., *Assoc. Prof., Candidate of Technical Sciences,*

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Hud V.Z., *Prof., Doctor of Technical Sciences,*

Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Ternopil, Ukraine

The level of development of computer technology and information technologies creates the prerequisites for the formation of a modern freight transportation management system in terms of individual management functions with the allocation of two main blocks: automation of planned calculations related to the processes of formation and use of a fleet of trucks, and accounting of motor transport operations. With the introduction of GPS-based transport management technologies, it is possible to ensure effective control over the operation of the enterprise's fleet through automation, logistics and satellite tracking technologies.

The territorial distribution of transport systems (TS) makes them an ideal object of automation using geographic information systems (GIS). The spatial component is a natural basis for the integration of transport infrastructure management tasks, calculation tasks, operational management tasks, navigation, which ultimately leads to an increase in the efficiency of the use of freight vehicles.

GIS provides management of equipment, infrastructure and documented resources. Vehicle location tracking, control and planning of travel routes, planning of repair works, optimization of traffic routes, accident analysis, logistics, analysis of traffic flows and planning of road network development. GIS helps large and small agricultural enterprises to increase efficiency and reduce costs for maintenance and development of transport networks. These technologies provide flexible tools that allow to take into account all aspects and features of the transport infrastructure of each specific enterprise and to create highly efficient transport systems in agro-industrial production (AIP).

The basis of these technologies are intelligent satellite monitoring systems, the collection of information in which is based on determining the location of vehicles using the American NAVSTAR GPS (Global Positioning System) system. The most common and available today is the GPS system, which allows determining the geographical coordinates of an object with an accuracy of up to several meters.

The main functions and tasks of the satellite monitoring system arise from the intended purpose of agricultural enterprise vehicles (AEV). Its main purpose is the timely delivery of cargo from fields to receiving points with minimal losses, which depends mainly on the quality of roads and the efficiency of flight planning. The efficiency of planning can be improved due to the availability of information about the location of vehicles and their movement parameters, which are used to plan routes and schedules.

The methodology for selecting transport monitoring technology involves the sequential determination of parameters that will, on the one hand, determine the functionality of the technical system (TS), and on the other hand, the costs and, accordingly, payback. The main stages of selecting a monitoring system include determining the main functions and tasks of the TS; selecting a model of navigation equipment and a data transmission channel; determining a set of monitored parameters and corresponding sensors; selecting software and cartographic support; installing and

configuring the system; developing a methodology for solving problems; training personnel and putting it into operation.

The main tasks and capabilities that the GPS-monitoring and control system for public transport vehicles should provide: visual display of the location of the vehicle on the map at a given time (online mode); recording of facts of departure from planned routes and, accordingly, termination of unplanned trips; obtaining an objective assessment of the vehicle load and the progress of work; formation of planned and actual route schedules; formation of technological tasks; control of the vehicle movement schedule; the possibility of promptly redirecting the vehicle to a more necessary trip; increasing the number of trips due to their optimal planning; reducing costs for organizing an operational fleet management system; increasing the safety of transport operation; integration with accounting systems; formation of statistical reports on the fulfillment of planned tasks and the operation of vehicles, on fuel consumption with the detection of theft, on its mileage, etc.; ensuring prompt voice communication with the driver, in an emergency, receiving an alarm signal and, if necessary, remotely blocking the engine; automation of drawing up a work schedule, forming a daily work order and travel sheets.

To implement the tasks set, a number of conditions and stages must be met. At the first stage, it is necessary to select appropriate receiving and transmitting equipment that ensures reliable reception of satellite data and its transmission to the control center.

There are three main modes of operation of the monitoring system: "off-line" (post-processing of information), "on-line" (continuous transmission) using mobile radio stations and "on-line" using cellular network communication channels. The "off-line" mode, in which information is accumulated on the road, and processing upon arrival at the vehicle base, is more economical, but will not allow solving some of the tasks set. The "on-line" mode using mobile radio stations is also not suitable, since some vehicles will deliver products from the fields to receiving points located at a considerable distance from the farm, and accordingly this mode will not provide the necessary communication range. To ensure the transmission of information from a vehicle located at considerable distances from the dispatching point, it is necessary to use a GPS receiver and a signal transmitter that use the cellular telephone network. power (engine start) begins to receive signals from satellites and transmit them via the cellular network to the dispatching point. The information about the location of the vehicle received at the control point is displayed on the operator's monitor in the form of a colored dot or a certain symbol. The perception of information about the location of the object near it can be displayed on an electronic map or satellite photo.

From the point of view of the dispatcher's convenience, an electronic map must meet several requirements: high accuracy of reference to the coordinate grid; the ability to scale; download speed; the ability to edit and apply various objects. Electronic maps can be in both vector and raster format. The capabilities and cost of raster and vector maps are determined by a fundamentally different approach to their production. A raster map is a drawing or scanned paper map, which is subsequently linked to the coordinate system of the area. A vector map is a set of segments with specified coordinates. The coordinates of vehicles are correlated with the coordinates of other objects, so the location of the controlled object is displayed on the map as correctly as possible. The vector base is more expensive, and raster cartographic substrates (images of the area) can be obtained using a regular scanner from open sources. Raster cartographic substrates can be edited in any graphic editor. You can create your own map-schemes. To do this, it is enough to drive a car with the GPS device turned on through the service area. The entire route of the motor transport will be recorded, then explanatory marks are made in the graphic editor - and the map-scheme is ready. In this case, in addition to the road network, the map-scheme can display existing production centers, sites and other objects that may not be on the vector maps that are purchased.

Recently, free mapping services have been actively developing on the Internet, which provide the user with various maps or space photography materials for viewing and working. These maps can display information received from a vehicle about its location or route. The advantage of using mapping services is that the mapping information on them is periodically updated, without requiring any investments from the end user. In addition to information about the location of a vehicle,

additional sensors can be installed on them that record various events that occur. Sensors are divided into two main types: switching (record the presence or absence of a process) and measuring (determine the value of the monitored parameter). Sensors of the first type are used to track such parameters as the operation of certain equipment. For example, starting and stopping the engine, changing the position of the body or installed unit, etc. Sensors of the second type are used to record smooth changes in parameters. For example, engine speed, gasoline level in the tank, oil pressure, etc. The information received from these sensors is encoded together with the coordinates of the object and transmitted to the dispatch center. The received information is monitored and, in case of critical values, it issues a warning signal, on the basis of which the dispatcher can contact the driver and promptly find out the reason. This will allow to exclude the operation of the engine in extreme modes, which will extend its resources, prevent unauthorized unloading and fuel draining. The capabilities of the software allow the dispatcher to monitor the parameters in a familiar form for him, for example, in the form of a virtual dashboard, which is simulated on the monitor screen.

By determining the location of a vehicle after a certain time, it is easy to determine its speed, both instantaneous and average, on certain segments. By analyzing the speed of vehicles on segments of road graphs (especially field roads), it is possible to indirectly judge the quality of these roads and accordingly plan additional measures to improve them. Increasing the speed of movement on "problem" sections will lead to an increase in the average speed of movement and cargo turnover.

According to the results of the work, the dispatcher program automatically generates a set of reports that will allow you to analyze the parameters of the vehicle operation, identify possible violations and weak points. Based on the results of the analysis, you can make appropriate decisions to improve general or specific parameters. For example, for each vehicle, you can obtain information about fuel consumption and mileage both in daily statistics and in a time segment. The dynamics of fuel consumption can be seen directly on the daily fuel consumption graph. Analysis of the set of indicators makes it easy to detect various violations and fraud by drivers. For example, you can easily track exceeding speed limits, using the car during off-hours, draining fuel, cheating the speedometer, leaving the route, etc.

To achieve the maximum effect from the capabilities of the satellite monitoring system, it is necessary to conduct a deep analysis of the transport enterprise's performance indicators, develop desired goals and, on their basis, develop an appropriate methodology for their implementation. Technical equipment of vehicles and training of personnel are carried out by companies that distribute such systems. A competently built system will allow to obtain a significant economic effect.

The overall efficiency of implementing a monitoring system in an agricultural enterprise will consist of partial efficiencies of the 1st, 2nd and 3rd types.

The efficiency of the first type (direct) will be determined by reducing losses from cargo theft; eliminating the possibility of improper use of transport; saving fuel and lubricants (FMM) by reducing mileage; increasing the service life of the vehicle; increasing the turnover of flights, increasing the volume of transportation.

The efficiency of the second type will be achieved by increasing the discipline and responsibility of personnel; prompt response to events and emergency situations; reducing the need to expand the transport fleet, and the third type - by reducing downtime by coordinating traffic schedules with the schedule of loading and unloading operations at the destination.

The greatest effect of cost savings is usually achieved in the first 2-3 years of operation of a vehicle. Then, as the culture of transport service grows, the increase in efficiency will decrease, and the transport support system will approach its optimal state.

At the second stage of complex automation, it will be possible to integrate a monitoring unit for agricultural machinery and units into the same dispatching system, which will allow solving such tasks as operational control over the operation of units and the fulfillment of production standards; automation of accounting for material costs and wages; transfer of coordinates of the position of agricultural machinery to the vehicles servicing them, in order to lay the shortest routes

to them; use of a system of precision (digital) agriculture.

List of sources used

1. 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 сільськогосподарських машин : загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Кіровоград : ЦНТУ, 2007. Вип. 37. С. 146-154.
2. Аулін В. В., Жулай О. Ю., Лівіцький О. М. Транспортні засоби в агропромисловому комплексі та система діагностичного моніторингу їх технічного стану. Вісник інженерної академії України. Київ : Інженерна академія України, 2011. № 1. С. 166-172.
3. Аулін В. В., Лівіцький О. М. Інформаційне забезпечення в системі технічного сервісу, діагностичного моніторингу та охорони праці в сільському господарському виробництві. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград : ЦНТУ, 2009. Вип. 39. С. 287-291.
4. Аулін В. В., Гриньків А. В., Голуб Д. В. Критерії оцінки організації системи технічної діагностики для дослідження технічного стану засобів транспорту. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції "Автомобільний транспорт і автомобілебудування. Новітні технології і методи підготовки фахівців". Харків : ХНАДУ, 2017. С. 55-56.
5. Мікуліна М. О., Богуславська В. С., Поливаний А. Д. Запровадження GPS технологій для підвищення ефективності вантажних перевезень в агропромисловому комплексі. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. (Мелітополь, 2021). Мелітополь : ТДАТУ, 2021. С. 477-479.
6. Михаль В. Д. Інтелектуальні системи в технічній експлуатації автомобілів : монографія. Харків : Майдан, 2018. 262 с.
7. Скорик Є. І., Кондратюк В. І. Застосування супутникових технологій навігації та зв'язку в автотранспортній галузі. Наука та інновації. 2007. Т. 3, № 1. С. 67-83.

УДК 629.33:519.876.5:656.07

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ КОНТРОЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНИХ ПЕРЕВІРОК СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Косякевич Д.П., асп.,

Сугак І.С., ст. гр. ТТ-23-2,

Аулін В.В., проф., д-р. техн. наук,

Лисенко С.В., доц., канд. техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

Перехід до планування ремонту та обслуговування транспортних засобів (ТЗ) на основі результатів діагностики їх технічного стану вимагає проведення діагностичних перевірок не тільки перед технічним обслуговуванням, але й у проміжках між запланованими обслуговуваннями. Це свідчить про те, що діагностика повинна стати інструментом моніторингу технічного стану кожного ТЗ – окремої машини, модуля або всього парку машин. Для цього необхідні методи та засоби, які дозволяють прогнозувати зміни в технічному стані ТЗ, запобігати їх поломкам, коригувати періодичність ТО і Р за потреби, а також збільшувати час експлуатації ТЗ завдяки ремонтам в оптимальні моменти, враховуючи залишковий ресурс їх елементів. В роботі представлено систематизацію схеми основних елементів технічного діагностування парків ТЗ.

Запропонована іноваційна об'єктно-орієнтована система технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р), яка включає виконання регламентованих контрольно-діагностичних процесів для оцінки поточного технічного стану ТЗ у парку. Математична модель системи технічного діагностування будується виходячи зі стану об'єкта діагностування в даний момент часу.

Сам об'єкт діагностування на даний момент часу може перебувати в одному із технічних станів із простору станів, що представляє собою об'єднання класів працездатності S_p , непрацездатності S_n і часткової втрати працездатності S_q : $S = S_p \cup S_n \cup S_q$. Схема діагностування основних елементів (вузлів, систем, агрегатів) ТЗ наведена на рис.1.

Основним завданням у цьому випадку є визначення, чи не виходить діагностичний симптом, що змінюється в залежності від стану D до граничного стану S : $\varphi: D \rightarrow S$.

Це завдання може вирішуватися методами теорії розпізнавання образів, сутність яких полягає у заданні кордонів відповідних областей в n -мірному просторі ознак D і побудові алгоритмів віднесення точки $d(t)$ до однієї з областей, що відповідає класу S_p , S_n , S_q або в просторі технічних станів S .

В якості сигналу до проведення необхідного ТО має бути деяке значення U_0 – максимально допустиме значення деякого параметра технічного стану елемента ТЗ, яке має бути менше граничного значення цього параметра ($U_0 < U_{np}$).

Проведення діагностичних перевірок як самостійної технічної дії може здійснюватися з різною періодичністю: рівномірною чи нерівномірною. При цьому критерієм оптимальності можуть бути також максимальний коефіцієнт готовності ТЗ та мінімальні витрати на їх технічне обслуговування.



Рисунок 1 – Схема діагностування основних елементів парку транспортних засобів

Для визначення рівномірної періодичності проведення діагностичних перевірок період T_{np} розбивається на $(n + 1)$ інтервалів рівної довжини, тобто. передбачається, що на проміжку часу $(0, T_{np})$ проводиться n перевірок :

$$\delta = \frac{T_{np}}{n+1} \quad (1)$$

Якщо при періодичності ТО-1, що дорівнює 60 або 100 год, проводяться по дві перевірки, то періодичність цих перевірок складе відповідно 20 і 33 год. Третє діагностування проводиться безпосередньо перед виконанням ТО.

Оскільки можливість відмови машини відразу після проведення ТО і перед проведенням наступного впливу різні, цілі щодо проведення нерівномірних періодичних перевірок. При цьому з більшою періодичністю виконується перша перевірка і з меншою періодичністю наступні діагностичні перевірки. Така система контрольно-діагностичних впливів повинна враховувати як надійність основних елементів машин, а й економічну складову процесу підтримки працездатності машин.

Для визначення необхідної кількості нерівномірних діагностичних перевірок та їх періодичності позначимо:

c_1 – витрати, пов'язані з однією запобіжною перевіркою основних елементів ТЗ;

c_2 – витрати, пов'язані з перебуванням ТЗ в одну одиницю часу з невиявленою відмовою;

$N(\tau)$ – кількість перевірок протягом часу $[0, \tau]$;

$X(\tau) = t - \tau$ – інтервал часу між моментом t виявлення відмови і моментом його τ появи;

$\{t_k\}_{k=1}^n$ – зростаюча послідовність моментів проведення перевірки.

Величина витрат на технічну експлуатацію ТЗ або регламентне обслуговування C_{po} визначається як сума витрат у разі пізнього виявлення дефектів C_{no} і витрат у разі недовикористаного ресурсу C_{np} , що характеризують недовикористання ресурсу ТЗ, тобто:

$$C_{po} = C_{no} + C_{np} \rightarrow \min_{T_{np}} \quad (2)$$

З урахуванням часу виникнення τ та часу виявлення t дефекту формула може бути записана у вигляді:

$$C_{po} = c_{np} [N(\tau) + 1] + c_{no} (t - \tau) \quad (3)$$

Для кінцевого числа перевірок n можна записати:

$$C(n) = C_{np}(n) + C_{no}(n) \rightarrow \min \quad (4)$$

де

$$C_{np}(n) = c_1 \sum_{k=0}^n (k+1) [F(t_{k+1}) - F(t_k)]. \quad (5)$$

В якості детермінованих витрат можна розглянути витрати:

$$C = M \xi(t) = \int_0^{\infty} \{c_1 [M N(t) + 1] + c_2 M(t - \tau)\} dF(t) \quad (6)$$

Необхідною умовою того, що кількість перевірок $\{t_k\}_{k=1}^n$ оптимально, є умова $\partial C / \partial t_k = 0$ для всіх k , що призводить до співвідношення:

$$t_{k+1} - t_k = \frac{F(t_k) - F(t_{k-1})}{f(t_k)} - \frac{c_1}{c_2} \quad (7)$$

Для визначення необхідної кількості діагностичних перевірок машин при фіксованій періодичності ТО-1 за формулою (7) розраховується періодичність однієї ($n=1$) або кількох ($n>1$) попереджувальних діагностичних перевірок як різниця $t_{k+1} - t_k$.

УДК 621.382.2+677.017+535.6+355.5

БАГАТОШАРОВИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ

Туртуріка М.І., уч., МАНУ,

Денисов Д.О., вчитель,

Центральноукраїнський науковий ліцей-інтернат Кіровоградської обласної ради,

м. Кропивницький, Україна,

Ковальов Ю.Г., доц., канд. техн. наук,

Льотна академія Національного авіаційного університету, м. Кропивницький, Україна

Аулін В.В., проф., д-р. техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

На сьогоднішній день в Україні спостерігається зростання попиту на використання новітніх технологій і засобів ведення війни. Широке впровадження новацій в різноманітних сферах викликана з одного боку великим спектром актуальних напрямків розробок, що сприяють збереженню життя захисника, а з іншого можливістю створювати цінні прототипи та моделі за допомогою доступних матеріалів та креативного використання базових явищ.

Особливого використання набули безпілотні технології, а відповідно однією з актуальних задач, поміж багатьох інших, стало впровадження технологій, що дозволяють зменшити ймовірність виявлення людей чи різних засобів за допомогою тепловізора, який встановлений на дрон.

Вивчаючи властивості та природу інфрачервоного теплового випромінювання, роботу дослідженню, обґрунтуванню та підбору ефективних зразків захисних матеріалів для протидії інфрачервоному тепловому випромінюванню людини, споруд або техніки, зменшуючи тим самим ризики її ідентифікації, що і визначає актуальність даної роботи.

Задля дослідження багатошарових матеріалів, які можуть розсіювати інфрачервоне випромінювання, та виготовлення зразків для дослідів, було підібрано матеріали, які є дешевими, загальнодоступними, та, на нашу думку, могли частково блокувати теплове випромінювання відповідно до відомостей про такі матеріали, які ми отримали в підрозділі 2.1 цього дослідження, це:

- фольга алюмінієва харчова 10м (товщина 10 мікрон) (далі фольга);
- фольгований утеплювач "Теплоізол" 5 мм (далі утеплювач 5мм);
- фольгований утеплювач "Теплоізол" 3 мм (далі утеплювач 3мм);
- мембрана супердифузійна гідроізоляційна (далі мембрана);
- термоковдра піксель/срібло 160x210см (далі термоковдра + сторона);
- фоаміран глітерний 2мм (далі фоаміран).

З цих матеріалів були виготовлені зразки тепловізійного захисту, які були пронумеровані для експерименту у відповідності до їх дослідження (при комбінації матеріалів враховувалося, що назви ідуть від спостерігача):

- фольга;
- термоковдра піксель + мембрана;
- термоковдра срібло + мембрана;
- утеплювач 5мм;
- утеплювач 3мм;
- термоковдра срібло
- фоаміран
- термоковдра піксель
- фольга + утеплювач 5мм;
- утеплювач 5мм + фольга.

Для визначення ефективності "тепловізійного захисту" обраних зразків, виготовимо дослідний стенд, який буде складатися з праски, що буде джерелом інфрачервоних хвиль, дослідного екрану з десятиміліметрової фанери, яка буде слугувати природним органічним випромінювачем теплових хвиль та тепловізора ULIRvision Ti384-350.

До дослідницького стенду будемо по-черзі прикріплювати експериментальні зразки. Перед початком експерименту підготуємо зразки такого розміру, щоб вони повністю закривали дослідний екран. Вмикаємо праску та чекаємо прогрівання поверхні дослідного екрану. В лабораторії вмикаємо кондиціонування для підтримання стабільної температури, щоб приміщення не нагрівалося через ввімкнену праску. По встановленні теплової рівноваги – вимірюємо температуру та слідкуємо за її показами протягом експерименту (якщо треба регулюємо кондиціонером). Відвертаємо дослідний екран від осі тепловізора вправо на 5°, щоб не відображатися у дзеркальних зразках. Направляємо тепловізор на дослідницький екран та вимірюємо температуру. Тепловізор ULIRvision Ti384-350 вимірює температуру одночасно у 5 точках (чотири закріплені та п'ята точка з максимальною температурою).

Результати вимірювання температур в точках у вигляді таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати експерименту

Номер дослідного зразку	Дерево Температура повітря у лабораторії 21°C	53,6	22,9	29,4	31,4	61,9															
		1 хв.					3 хв.					5 хв.					10 хв.				
		1	2	3	4	max	1	2	3	4	max	1	2	3	4	max	1	2	3	4	max
1	Фольга	21 °C	24 °C	25 °C	22 °C	31 °C	22 °C	25 °C	26 °C	21 °C	31 °C	22 °C	25 °C	24 °C	22 °C	31 °C	23 °C	25 °C	25 °C	22 °C	32 °C
2	Термоковдра піксель + мембрана	27 °C	25 °C	25 °C	25 °C	34 °C	28 °C	25 °C	25 °C	25 °C	36 °C	29 °C	26 °C	25 °C	26 °C	35 °C	32 °C	25 °C	24 °C	25 °C	35 °C
3	Термоковдра срібло + мембрана	33 °C	24 °C	24 °C	25 °C	37 °C	32 °C	24 °C	24 °C	26 °C	34 °C	32 °C	23 °C	23 °C	25 °C	34 °C	34 °C	24 °C	24 °C	26 °C	39 °C
4	Утеплювач 5мм	28 °C	24 °C	23 °C	25 °C	36 °C	29 °C	24 °C	23 °C	25 °C	38 °C	29 °C	24 °C	23 °C	25 °C	38 °C	29 °C	24 °C	23 °C	25 °C	39 °C
5	Утеплювач 3мм	34 °C	24 °C	23 °C	26 °C	37 °C	23 °C	23 °C	23 °C	25 °C	34 °C	34 °C	24 °C	24 °C	26 °C	35 °C	33 °C	24 °C	23 °C	26 °C	35 °C
6	Термоковдра срібло	37 °C	26 °C	25 °C	29 °C	42 °C	36 °C	26 °C	24 °C	28 °C	39 °C	38 °C	26 °C	24 °C	29 °C	39 °C	36 °C	25 °C	24 °C	28 °C	39 °C
7	Фоаміран	39 °C	23 °C	25 °C	26 °C	39 °C	38 °C	23 °C	24 °C	26 °C	39 °C	40 °C	24 °C	25 °C	27 °C	40 °C	39 °C	23 °C	24 °C	27 °C	39 °C
8	Термоковдра піксель	32 °C	24 °C	26 °C	27 °C	38 °C	33 °C	24 °C	25 °C	27 °C	36 °C	34 °C	24 °C	23 °C	26 °C	34 °C	38 °C	24 °C	23 °C	25 °C	39 °C
9	Фольга + утеплювач 5мм	23 °C	22 °C	22 °C	22 °C	33 °C	22 °C	22 °C	22 °C	23 °C	34 °C	22 °C	22 °C	22 °C	22 °C	33 °C	23 °C	21 °C	21 °C	22 °C	33 °C
10	Утеплювач 5мм + фольга	27 °C	24 °C	23 °C	25 °C	28 °C	28 °C	24 °C	24 °C	25 °C	29 °C	28 °C	24 °C	24 °C	25 °C	29 °C	28 °C	24 °C	24 °C	25 °C	29 °C

Легко побачити, що найкращі зразки (з найнижчою температурою в тепловізорі) – 1, 9, 10. В кожному з цих зразків присутня фольга алюмінієва, тобто вона є основним відбивачем інфрачервоних хвиль, а утеплювач дає додатковий захист від теплопровідності. Сама по собі фольга працює непогано, як тільки її зім'яти вона починає йти плямами.

Тому для неї важливо отримати міцну та гнучку основу, на якій вона не буде гнутися та ламатися.

Друга група дослідних зразків, які непогано себе показали, це 2, 3, 4, 5. Це чисті утеплювачі будівельні 3 та 5 мм та комбінації термоковдри та мембрани. Такі матеріали можна використовувати з доопрацюваннями: збільшення шару тієї чи нова комбінація матеріалів. Інші зразки погано себе показали, збільшивши покази температури в тепловізорі майже вдвічі від кімнатної.

Найкраще з "невидимим" для тепловізора інфрачервоним випромінюванням отримали на комбінації: фольга + утеплювач 5 мм.

Підсумовуючи можна стверджувати, що за результатами експерименту виявили:

- ефективними показали себе багатошарові структури, що складаються з комбінацій матеріалів, які виконують різні функції;
- у всіх випадках структури, в яких був зовнішній шар з металізованої фольги з високим коефіцієнтом відбивання, були ефективні;
- ефективною була комбінація металізованої фольги, приклеєної на основу утеплювач, що створював додаткову міцність і теплоізоляцію;
- оскільки результати з термоковдрою проведені з "сріблястою" стороною і "піксельною" якісних відмінностей не мали, то рекомендовано наносити піксельний шар, оскільки він забезпечує додаткове маскування і у області видимого світла.

УДК 631.372:656.1(477)

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ УМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТУ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Зайцев А.М., асп.,

Боревич Б.В., ст. гр. ТТ-23-2,

Аулін В.В., проф., д-р. техн. наук,

Лисенко С.В., доц., канд. техн. наук,

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна

У процесі агропромислового виробництва (АПВ) постійно виникає потреба в доставці техніки, пального та обладнання на поле для обробки землі, посіву, догляду за посівами, збору врожаю та транспортування його до місць зберігання або переробки. На поле також доставляються гній, добрива, отрутохімікати, гербіциди, насіння та інші матеріали. Окрім того, перевозяться різноманітні вантажі, такі як сіно, солома, будівельні матеріали, сільськогосподарська продукція, довгомірна деревина, добрива, гній, штучні вантажі, молоко, яйця, худоба тощо. Номенклатура вантажів, які перевозяться сільськогосподарськими підприємствами, налічує до 300 найменувань. Деякі вантажі транспортуються у відносно невеликих кількостях, але регулярно, а під час збору врожаю обсяги вантажів можуть бути значними, з доставкою в короткі терміни.

Здебільшого транспортні роботи у АПВ відносять до допоміжних, але це не зовсім правомірно. Економісти-аграрники, стверджують, що транспорт у АПВ – важлива складова частина органічно єдиного процесу суспільного виробництва, один з найважливіших факторів успішного розвитку виробництва, його раціонального розміщення та спеціалізації.

Технічний прогрес у сільському господарстві останнім часом дедалі більше сприяє інтеграції транспортних засобів (ТЗ) та інших сільськогосподарських машин в єдиний виробничий процес. Чим вищий рівень розвитку, тим більше є можливостей для створення і впровадження вдосконалених машин і знарядь праці, що сприяє підвищенню ефективності АПВ.

Виробництво сільськогосподарської продукції відбувається в різних природно-економічних умовах, які впливають на технології та організацію процесів. Це вимагає наявності в сільському господарстві різноманітних систем машин, одна з яких — вантажний автотранспорт.

Оскільки робочий період у АПВ не збігається з періодом виробництва конкретних продуктів, використання автотранспорту, як і трудових ресурсів, має сезонний характер. Вантажні автомобілі, як і інші сільськогосподарські машини та знаряддя, використовуються в процесі виробництва протягом відносно короткого періоду часу, оскільки більшість сільськогосподарських робіт мають обмежений термін виконання, який не можна перенести на інший час.

Своєчасне виконання всього комплексу робіт має вирішальне значення для врожаю, тому господарства повинні мати великий парк технічних засобів, що значно перевищує середню потребу. Важливо враховувати, що більшість техніки працює на відкритому повітрі, що істотно впливає на конструктивні особливості та експлуатаційні характеристики машин.

У землеробстві вантажні автомобілі пересуваються по земельних ділянках, а предмети праці залишаються на місці до збирання врожаю та його транспортування до сховища. У цьому процесі АПВ охоплює велику територію, що вимагає додаткових витрат на переміщення машин і транспортування продукції.

Транспортні процеси охоплюють усі етапи відтворення в сільському господарстві. У сучасних сільськогосподарських підприємствах значення транспортних робіт для безперебійного функціонування виробничого процесу постійно зростає. Удосконалення технології АПВ відбувається через розчленування обробки предметів праці на ряд операцій, що виконуються спеціалізованими машинами, а також завдяки комбінованим машинам, що

поєднують декілька операцій одночасно. Транспортні процеси стали важливою частиною технологічного виробничого процесу, а не лише його зовнішньою складовою. Наприклад, обробіток ґрунту з одночасним внесенням добрив, посів, збирання та внесення добрив є комбінованими операціями, що поєднують основний технологічний процес з транспортуванням.

Основним завданням ТЗ є забезпечення ритмічності виробничого процесу, швидкий і планомірний рух предметів праці та робочої сили. Без належного транспорту виробничий процес зупиняється. Це особливо стосується безперервних виробничих процесів, де рух предметів праці потребує чіткої організації. Наприклад, поломка ТЗ, що переміщають зерно від комбайна, може призупинити процес його збирання.

Технологія обробітку сільськогосподарських культур і виробництва тваринницької продукції має свої особливості, що ускладнюють досягнення повної безперервності та одночасності виробничих процесів. У АПВ є перерви, під час яких відбуваються природні процеси, такі як хімічні, фізичні та фізіологічні зміни, зумовлені ростом і розвитком культур та тварин. У зв'язку з цим поточна технологія робіт в сільському господарстві може бути застосована лише на окремих етапах виробничого процесу. Добрі результати досягаються під час збирання сільськогосподарських культур, де використовується ланцюг різномірних, але взаємодоповнюючих машин (трактори, комбайни, жниварки, автомобілі тощо). Важливо уникнути зайвого перевантаження продукції, правильно співвіднести кількість основних і обслуговуючих машин, забезпечити їх узгоджену і ритмічну роботу. Це дозволить усунути простій техніки та значно підвищити продуктивність праці.

Безперервність виробництва значною мірою забезпечується завдяки використанню сучасних ТЗ. При існуючій організації виробничого процесу транспортні операції сприяють дотриманню заданого ритму і темпу роботи, значно впливаючи на продуктивність поточної лінії.

Перспективні технології передбачають важливу роль транспортних операцій. Наприклад, у загальному процесі виробництва пшениці озимої витрати праці на транспорт становлять 37%, для кукурудзи на зерно – 36%, а для кукурудзи на силос – 35%. Окрім того, виробництво кукурудзи на силос і зерно характеризується високою інтенсивністю транспортних робіт, що складає відповідно 155,4 та 96,3 тонни на гектар.

Організація транспортного процесу та праці на транспортних роботах в значній мірі залежить від специфічних особливостей робочих місць, їх умов і взаємодії з іншими підрозділами, такими як вантажно-розвантажувальні роботи, рух транспорту, обслуговування тощо.

Витрати на транспортування займають значну частину загальних виробничих витрат і витрат праці, тому вдосконалення транспортного господарства є важливим завданням, рівнозначним раціоналізації виробництва, праці та управління.

Основні показники ефективності роботи автомобілів, такі як їх продуктивність і собівартість перевезень, визначаються умовами їх експлуатації. Ці умови залежать від сукупності факторів, які впливають на режим роботи та висувають вимоги до типу, конструкції і вантажопідйомності ТЗ.

Умови експлуатації транспорту в АПВ мають свої особливості і залежать від багатьох чинників, серед яких важливу роль відіграють природні умови:

- фізико-механічні та агробіологічні властивості вантажів, що перевозяться;
- відстань перевезень;
- дорожні умови;
- обсяги перевезень та їх сезонні коливання;
- ступінь механізації вантажно-розвантажувальних робіт;
- форми організації транспортних підрозділів та підприємств;
- кваліфікацію водіїв.

Величина перших чотирьох факторів визначається спеціалізацією та розмірами підприємств, розміщенням виробничих об'єктів, складів і сховищ, а також ґрунтово-кліматичними умовами, агротехнічними термінами проведення сільськогосподарських робіт

тощо. Тому ці фактори мають невелику залежність від організації транспорту. Однак три останні фактори змінюються зі вдосконаленням організації та використання транспорту.

Розглянуто, як перші чотири чинники впливають на вантажообіг у сільськогосподарських підприємствах (СПП). Фізико-механічні та агробіологічні властивості сільськогосподарських вантажів, а також збереження їх якості та споживчих характеристик при транспортуванні визначають вимоги до типу кузова ТЗ, а в окремих випадках – до способу перевезення. Властивості вантажів впливають на ефективність використання вантажопідйомності ТЗ і на час їх простою під час вантажно-розвантажувальних операцій. Крім того, деякі вантажі, як, наприклад, мінеральні добрива, через високу хімічну активність суттєво знижують термін служби кузовів, підвищують потребу в ремонті та зумовлюють необхідність ретельного очищення кузовів, що використовуються для перевезення інших вантажів. Все це зрештою впливає на продуктивність ТЗ та собівартість перевезень.

Структура вантажів та співвідношення кількості вантажів із різними властивостями визначають вимоги до складу транспортного парку. Транспортний парк СПП може більше або менше відповідати кількості та характеру вантажів, що перевозяться, що, у свою чергу, впливає на продуктивність і економічність його роботи.

Згідно з вимогами до типу кузова, способу перевезення та вантажопідйомності рухомого складу всі сільськогосподарські вантажі можна поділити на такі групи: насипні та навалочні, затарені, штучні, неподільні, наливні, що потребують перевезення у спеціалізованих кузовах, та дрібнопартійні. Залежно від зональних особливостей, виробничої спеціалізації та інших факторів структура вантажів у різних господарствах може значно варіюватися (таблиця 1).

Таблиця 1 Структура сільськогосподарських вантажів за способом їх перевезення

Спосіб перевезення вантажу	Обсяг перевезень, %
Навалом або насипом	81
У т.ч. у спеціалізованих кузовах	28
У різній тарі, пакетами, стосами, тюками	11
У т.ч. у спеціалізованих кузовах	8
Дрібними партіями (вага одноразового відправлення до 2 т)	3
Наливом у кузовах-цистернах	5
Усього	100

Якість багатьох сільськогосподарських продуктів та їх втрати значною мірою залежать від способів навантаження, вивантаження та транспортування. Дослідження показали, що при транспортуванні картоплі навалом 46% бульб отримують механічні пошкодження під час завантаження та вивантаження, а втрати через сім місяців зберігання складають 15...18%. У разі транспортування картоплі в контейнерах пошкоджено лише 0,5...0,8% бульб, а відходи становлять 3...5%. При транспортуванні навалом важливо дотримуватись норм висоти скидання для збереження продуктів.

Сільське господарство характеризується великою кількістю вантажів з малою об'ємною вагою, що не дає можливості повністю використовувати вантажопідйомність ТЗ з кузовами загального призначення. Це призводить до зниження продуктивності і збільшення витрат на перевезення. Одним із способів покращення ситуації є пресування або брикетування легкокажних вантажів. Наприклад, пресування сіна дозволяє збільшити його об'ємну вагу в 2,5...3,0 рази та зменшити втрати через вивітрювання втричі.

Особливе значення в сільському господарстві мають вантажі, що потребують спеціалізованого рухомого складу. Ці вантажі дуже різноманітні, серед яких 58% становлять насипні та навалочні вантажі, а також продукти, що швидко псуються і вимагають термінової доставки. Подібної потреби в різноманітному спеціалізованому транспорті немає в інших галузях економіки, за винятком будівництва. Варто зазначити, що транспортування будівельних матеріалів займає значну частину сільськогосподарських перевезень через виробниче та житлово-побутове будівництво на селі.

Для виконання деяких технологічних перевезень, таких як доставка мінеральних і органічних добрив, насіння для посіву, кормів на тваринницькі ферми тощо, висуваються

спеціальні вимоги до конструкції транспортних засобів.

Технічне завдання та умови роботи при транспортуванні швидкопсувних продуктів мають багато специфічних вимог. До таких продуктів належать ті, які можуть втратити свою якість під впливом температури, вологості, світла, вібрації тощо. У сільському господарстві це молоко та молочні продукти, фрукти, овочі, яйця, м'ясо та інші. Хоча обсяг перевезень таких товарів у більшості господарств не є великим, доходи від їх реалізації при збереженні високої якості і доставці в оптимальні терміни становлять значну частину загальних доходів сільськогосподарських підприємств.

Окремою категорією сільськогосподарських вантажів є худоба та птиця. Транспортування худоби на м'ясопереробні підприємства здійснюється через перегін, залізничним та автомобільним транспортом. В Кіровоградській області більше 50% худоби транспортується саме автомобільним транспортом. Важливою задачею є збереження ваги тварин і якості м'яса під час перевезення. Втрата ваги залежить від тривалості подорожі, температурних умов, стану доріг, режиму годування та погодних умов.

Автомобілі, які перевозять худобу, повинні забезпечувати умови, наближені до тих, до яких звикли тварини. Їх потрібно захищати від низьких і високих температур, а також від атмосферних опадів.

Сільське господарство також потребує перевезень дрібних партій вантажів, коли вантажопідйомність автомобілів не використовується на повну потужність. Це можуть бути перевезення запасних частин, насіння, овочів, фруктів, ягід, а також доставка тварин, продуктів харчування, обідів та перевезення працівників на поля і ферми. Оскільки в сільському господарстві не вистачає малотоннажних автомобілів (0,5...1,0 т), для таких перевезень часто використовують автомобілі середнього та великого тоннажу (5,0...12,0 т), що призводить до економічних збитків через знижену ефективність використання цих ТЗ.

Відстань перевезень і стан доріг впливають на середню технічну швидкість, витрату палива, знос техніки та собівартість перевезень. Зі збільшенням відстані знижується витрата палива на 1 км, оскільки на коротких відстанях більша частина часу витрачається на розгін та гальмування, що збільшує витрати палива і прискорює знос деталей.

При обслуговуванні сільськогосподарських машин, таких як комбайни та посівні агрегати, ТЗ часто здійснюють великі пробіги по полях і ґрунтовим дорогам. Витрати на паливо, мастильні матеріали, ремонт та технічне обслуговування машин, а також на відновлення шин значною мірою залежать від дорожніх умов.

Для технологічних перевезень, зокрема під час механізованого збирання врожаю, важливо, щоб ТЗ ефективно взаємодіяли з іншими машинами, що виконують технологічні процеси. ТЗ мають забезпечити безперебійну роботу збиральних чи посівних агрегатів. Показники роботи цих агрегатів впливають на ефективність ТЗ. Виявлено, що чим вища швидкість та продуктивність комбайна, тим менший час, який витрачають автомобілі на завантаження та пробіг по полю, що підвищує їхню продуктивність і знижує собівартість перевезень.

На роботу транспортних та збиральних машин впливають і організаційні аспекти збирально-транспортного процесу, зокрема кількість комбайнів, які потребують обслуговування.

Більшість перевезень у сільському господарстві здійснюється в межах господарства, продукція транспортується з поля до місць тимчасового зберігання або первинної обробки. Лише частина перевезень, наприклад, доставка зерна безпосередньо на елеватор або буряків на цукрові заводи, є позагосподарськими. Розвиток сільськогосподарських доріг є важливим резервом для підвищення ефективності використання транспорту в господарствах.

Значні коливання обсягу транспортних робіт протягом року є характерною рисою сільськогосподарських перевезень. Вони зумовлені сезонним характером робіт. Існують періоди, коли потреба в транспорті в кілька разів перевищує середньорічний показник, і періоди, коли потреба в транспорті значно знижується. Це є однією з причин високих транспортних витрат у сільському господарстві, оскільки необхідно залучати транспортні засоби з інших галузей.

Таким чином, умови експлуатації автомобільного транспорту в агропромисловому виробництві є специфічними та складнішими, ніж у інших галузях.

UDC 658.7:658.012.4

INTERCONNECTION OF CORPORATE LOGISTICS WITH ELEMENTS OF CORPORATE MANAGEMENT

Reznychenko V.Yu., st. gr. TT-23M,
Aulin V.V., Prof., Dr. of Technical Sciences,
Livitskyi O.M., Candidate of Technical Sciences,
 Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine,
Tson O.P., Assoc. Prof., Candidate of Technical Sciences,
 Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Ternopil, Ukraine

Today's turbulent competitive environment requires enterprises, firms and companies to be flexible in the market. This is becoming perhaps the most significant factor in survival and success. In such conditions, logistics is becoming an increasingly important area of attention.

There are a number of connections that the logistics system has with the elements of corporate management (Fig. 1):

- strategy (cost minimization, added value, increased control/adaptability);
- capacity (design of corporate logistics systems, inventory location, supply chains, inventory levels, business ecosystem configuration, planning inventory location requirements);
- entities (participants in integration processes);
- structure (interorganizational and functional integration);
- movement (movement of material flow and processing of information flows);
- objects (operational processes, integration of operations);
- people (functional interaction, interorganizational transactions and interaction);
- financial elements (fixed assets, market transactions).

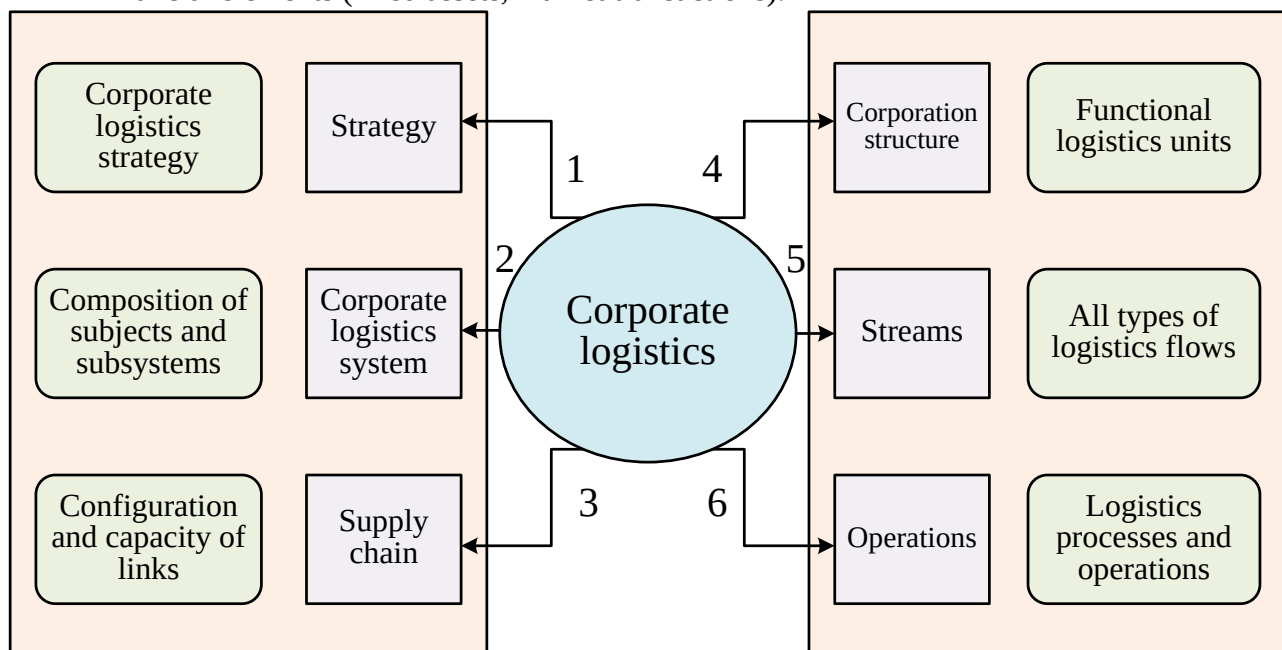


Figure 1 – Diagram of the relationship between corporate logistics and elements of corporate governance

In Fig. 1, the following elements of corporate governance are presented: 1 - management of the corporation's flexibility and adaptability; 2 - management of the logistical integration of entities and subsystems of the corporate logistics system; 3 - management of the capacity of supply chain

links and inter-organizational logistical integration; 4 - management of inter-functional logistical integration; 5 - traffic management and optimization of corporation flows; 6 - management of integration of logistical operations.

It is especially worth noting the relationship with logistics management and marketing and commerce. Since all together they form the economic component of commercial and production-commercial activities in entrepreneurship.

Potential areas of application of marketing and logistics include:

- application of relationships between supply chain links and in the corporate logistics system;
- identification and classification of the types and nature of various existing logistics relationships in the production system;
- application of constructivism (commitment, communication, cooperation, common values, trust) used in marketing research of relationships to better understand logistics production relationships. The work carried out by marketers is of great importance for researchers studying relationships in corporate logistics.

Functional, in this case, the logistics management of a corporation is a synergy of general management functions (organization, planning, regulation, coordination, control, accounting and analysis) with special logistics functions (supply quality management, risk management, logistics cost management, logistics management) to achieve the goal of the enterprise. A feature of logistics management is that it is linked, both in terms of strategic and tactical goals and objectives, and in terms of infrastructure, to all functional areas of management in the processes of managing the procurement of material resources, production and sales of finished products.

For many years, computer and information systems have attempted to model logistics processes capable of processing and transmitting vast amounts of information. Neural networks have been shown to be able to learn from their mistakes, so that repetitive tasks can be performed more accurately the more times the task is performed. Closely related to artificial intelligence and expert systems, neural networks have been shown to offer great promise in efficiently handling large databases and other forms of information. Many logistics applications for expert systems will also be relevant to neural networks, including providing product information to customers, assisting in marketing, assisting in decision-making about production support, assisting in the distribution of retail products, and developing a system for the transport and logistics industry.

Corporate structures face the problem of structuring interfaces between the various dimensions inherent in their activities. In turn, multidimensionality means that there is no single, hierarchical solution to the problem of structuring corporate structures. In addition to the structural uncertainty of the corporation, there is the need to work with numerous stakeholders, both external and internal, and with different perspectives on choice and decision-making. Simple concepts of centralized and decentralized organizations collapse in the face of strategic, structural, and political multidimensionality, requiring more complex, multifocal approaches that must constantly reach compromises between priorities.

Today, issues of information and control are gaining importance. More than the formal structure, the informal flow of information is important. The same applies to the processes of influence and control of power.

If we consider the evolution of sources of competitiveness in the context of global competition, the importance of information flows is increasingly understood. As competitors increasingly achieve parity in access to resources, sources of competitiveness shift from location-dependent factors to factors that depend on the supply chain of a particular firm: that is, on the overall organizational capacity to coordinate the use of resources to respond to the capabilities of each link.

Corporate logistics requires the provision of decentralized, delegated decision-making contexts (peer-to-peer logistics), within which opportunities arise for establishing connections between the corporate logistics system, at different levels of the organization and at different times. In this sense, the perspective of interorganizational relations and the ecosystem approach may well be necessary to explain polycentric corporations. In this regard, the problem of fuzzy boundaries

arises. Vertical and horizontal integration of supply chains, contracting with external partners, customers and suppliers has led to situations where the boundaries of the corporation are no longer always clearly defined.

Thus, corporate logistics today must also take into account this blurring of boundaries. The nature of this decentralized network management process creates a compromise between adherence to corporate strategy and novelty. Consideration of the multidimensionality and heterogeneity of the corporation has led to the specification of requirements for corporate logistics and its management tasks. Corporate logistics is considered from two points of view: whether the contribution meets the criteria of the modern view of corporate logistics, and how applicable they are for conceptualizing the logistics processes of the corporation. The following criteria have been identified: structural diversity; internal differentiation; lack of clear boundaries; compromise in decision-making of stakeholders; emergence; significance of information flow; balance between strategic planning and innovation.

List of sources used

1. Аулін В. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В., Головатий А. О., Голуб Д. В. *Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем : монографія.* за заг. ред. д. т. н., проф. В. В. Ауліна. Кропивницький : Видавець Лисенко В. Ф., 2021. 503 с.
2. Аулін В. В., Гриньків А. В., Головатий А. О. *Інтелектуальні транспортні системи як результат впровадження інноваційних ефективних технологій.* Матеріали Міжн. конф. «Підвищення надійності машин і обладнання», Кропивницький, 15-17 квіт. 2020. С. 207.
3. Aulin V. V., Lyashuk O. et al. *Realization of the logistic approach in the international cargo delivery system* // Communications, Scientific Letters of the University of Žilina. Vol. 21(2), 2019. P. 5-14.
4. Аулін В. В., Замуренко А. С., Лисенко С. В. Формування багаторівневої моделі управління логістичними структурами промислово-транспортних систем. Сучасні наукові дослідження представників молоді : зб. наук. праць студ., аспір., молод. вчених. – Кропивницький : ЦНТУ, 2020. С. 112-115.
5. Ключев С. О., Юров Б. В. Дослідження трансформації транспортної логістики в Україні в умовах Індустрії 4.0. *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля.* 2021. № 4(268). С. 66-71.
6. Красностанова Н. В., Амеліна О. Інтегрована корпоративна логістика в умовах глобальних викликів і цифровізації економіки. Теоретичні та прикладні питання державотворення. 2022. № 1. С. 101-108.
7. Коваль К., Телегін О. Інноваційний розвиток підприємств з надання логістичних послуг. *Науковий вісник Полісся.* 2024. № 1 (28). С. 224-233.
8. Ковалишин С. В. Стратегії розвитку логістичних компаній в умовах глобалізації. *Наукові записки Львівського університету бізнесу та права.* 2023. № 37. С. 96–104.

UDC 656.073:658.7

ASSESSMENTS OF RESOURCE PROVISION TECHNOLOGIES IN THE FREIGHT TRANSPORTATION MARKET

Sorokopud S.A., *st. gr. TT-23M3,*
Lysenko S.V., *Assoc. Prof., Candidate of Technical Sciences,*
Aulin V.V., *Prof., Dr. of Technical Sciences,*
Holub D.V., *Assoc. Prof., Candidate of Technical Sciences,*
Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine,
Liashuk O.L., *Prof., Dr. of Technical Sciences,*
Ivan Pulyuy Ternopil National Technical University, Ternopil, Ukraine

Existing resource supply technologies are aimed at reducing the consumption of fuel and energy, raw materials and other types of resources in the production cycle. Transport enterprises, firms, companies are no exception in the application and use of traditional technologies. However, reducing resource consumption always leads to an increase in the efficiency of production processes. The difference between rational resource supply technologies and technologies invested in reducing resource consumption depends on a systematic approach to the analysis of the acquired benefits and associated costs, that is, in determining the relationship between the achieved result and the resources used. Often, additional costs are required to increase the efficiency of production processes and create a foundation for sustainable economic growth of the enterprise. During the production cycle, resources invested at the initial stage give a greater effect. It has been determined that efficiency indicators, including for rational resource supply technologies, are based on a comparison of planned indicators of resource needs and actual data on resources spent. If the actual value coincides with the planned indicator, the resource management technology used at the enterprise is effective. Any deviations from the planned need demonstrate the costs of resource provision. There may be circumstances when the need for resources was underestimated or, conversely, overestimated at the planning stage. It is shown that in order to increase the efficiency of resource management, it is necessary to systematically conduct an analysis, setting higher requirements for the applied resource provision technologies.

After determining the result of the application of various resource provision technologies, it is proposed to develop a scale for assessing their effectiveness. An example of using such an assessment is given in Table 1.

The proposed principle of analysis of the effectiveness of resource-saving technologies allows determining the complex result of the impact on various processes in the studied production cycles. It is shown that the technologies of rational resource provision for each process are based on identifying losses (costs) and their sources, identifying opportunities for improving the situation, forming a systematic approach to eliminating losses during the production cycle and creating added value through optimal use of resources. It is determined that the systematic elimination of losses should not be based only on reducing costs.

In the strategy of sustainable economic development, technologies that determine the "cost-benefit" ratio are increasingly used. We are talking about technologies for qualitative market analysis, benchmarking to determine the prices of products planned for purchase, technologies for forming joint production processes with major suppliers to reduce total costs. It is shown that for successful economic development, based on the effective use of resources purchased on commodity markets, an enterprise must have reliable information about market trends, market volume, major consumers and producers.

Table 1 – Assessment of the effectiveness of the application of resource supply technologies at transport enterprises, firms, companies

The importance of ensuring $P_{process}$	Deviations from planned values	Result evaluation	Result description
[1% ...10%]	[> 9%]	Does not respond	Indicates failure to achieve the specified criteria, the feasibility of reviewing approaches to resource provision
[11% ...50%]	[6% ...9%]	Does not respond	The obtained result partially meets the given criteria and requirements. This indicates the feasibility of adjusting individual parameters. We are talking about parametric factors that affect the decrease in productivity and efficiency
[51% ...85%]	[2% ...5%]	Mainly corresponds to	The result obtained ensures compliance with the specified criteria and requirements, but does not exclude the development of corrective actions to prevent risks of reducing the efficiency of resource provision
[86% ... 100%]	[<1%]	Fully compliant	The result obtained fully meets the specified criteria and requirements. The risks of reducing efficiency are minimal. In this case, no corrective actions are required

It is determined that a successful resource strategy requires in-depth knowledge of market dynamics and conditions, which will allow achieving the desired goals without significant costs.

Depending on the awareness of consumers and competitors, resource strategies can be divided into four groups:

1. With comprehensive information about consumers and minimal information about competitors' resources, a technology is used that is characterized by excessive study of consumer demand due to insufficient understanding and research of the competitive environment.

2. With minimal information about competitors' and consumers' resources, an internal limited strategy is used. An enterprise with such a strategy, as a rule, has a short life cycle and either changes its strategy, is absorbed by competitors, or ceases to exist.

3. Comprehensive knowledge of competitors' resources, but minimal information about consumer needs and expectations causes an excessive reaction to competitors' actions. This is the so-called response strategy.

4. Deep knowledge of competitors' resources and consumer expectations enhances the resource advantage of the enterprise. Such a strategy is non-linear.

Internally limited strategy is most often transformed into a direct challenge to competitors in the market, that is, a struggle for resources (sales volume). But gaining a large market share, in a direct struggle with competitors, the enterprise ultimately loses more than it gains. Since sustainable growth of the enterprise requires attracting greater than competitors' costs to increase sales, the enterprise loses profit. As a result, the enterprise loses competitive advantage and loses its leading position.

Indirect strategy is a way to gain market share with minimal costs. Such a strategy is most effective when the company forms a source of resource advantage by determining demand needs, therefore, the indirect strategy is focused on consumers and includes innovative approaches, optimization of resource acquisition costs, new sales and distribution channels, and improvement of product quality.

Developing additional logistics services during cargo transportation, the transport company, having determined the needs of customers, offers a comprehensive service that increases its attractiveness due to the convenience of logistics, reduction of delivery time. If the company additionally provides customers with the opportunity to build their own logistics chains, providing

the necessary services, then convenience, speed, transparency and other quality features attract new customers, retaining regular ones.

To optimize its resources and increase market share, the company LANDTECH LLC used an indirect strategy that provided Internet customers with higher speed, reliability and ease of use. Therefore, it is important not only to achieve key goals, but also to maintain and preserve resource advantage. To do this, it is necessary to increase knowledge about customers and competitors, control the level of resource consumption, assessing the position of the enterprise compared to competitors.

The profitability of the enterprise is influenced by various factors, depending on the assessment objectives. To analyze the competitive forces that shape the attractiveness of the market and the potential for profit growth in the industry, it is necessary to conduct a market study to determine the resource factors that affect the profitability of the enterprise.

To increase the resource advantage of the enterprise, it is necessary to conduct benchmarking of resource consumption in the industry or market. Indicators of sustainable resource advantage are such criteria as market share, product cost, product availability, regularity and duration of order processing, logistics organization, delivery cost, and others.

To increase the efficiency and obtain resource advantage of the enterprise, it is necessary to analyze the results of benchmarking, that is, comparing its results with the results of similar enterprises operating in the external market and within the industry, positioning or objective assessment of resources is carried out.

To assess the potential efficiency of the enterprise and minimize its costs, an analysis of the competitive environment is necessary. The costs of forming resource advantages, even if the enterprise occupies a strong position in the industry, lead to the risk of reducing profitability. The choice of markets where the enterprise must compete with a large number of participants is an important aspect in the analysis of competitive forces. Industry factors that affect the market environment. Competitive forces include: barriers to access (entry), barriers to exit, market power of the buyer, market power of the supplier, substitute products and competition. It was found that when conducting an analysis of the competitive environment, an assessment of the impact of each of these forces is required. Cost dominance is the basis of resource advantage, which allows the enterprise to optimize cost and successfully compete in the product market. Enterprises with a high level of technological sophistication have the potential for sustainable growth in the long term. Cost advantage includes significantly lower cost, which allows to ensure target profitability indicators. It can be achieved through a low proportion of costs that depend on the volume of work, a low level of marketing costs, and an optimal balance between current and overhead costs.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Голуб Д. В., Великодний Д. О., Дьяченко В. О. Теоретико-методологічні основи побудови транспортно-логістичних систем. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту*: матеріали VI Міжн. наук.–практ. інтернет-конф., Вінниця, 2018. С. 9–10.
2. Аулін В. В., Голуб Д. В., Гупка А. Б. Логістичний підхід в дослідженні процесів вантажних перевезень у фермерських господарствах агропромислового комплексу України. *Вісник інж. академії України*. 2016. № 4. С. 61–66 .
3. 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. № 3(34). С. 331–343.

УДК 004.89:658.7

ВПЛИВ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РОЗВИТОК ЛОГІСТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ

Бакуменко М.А., *ст. гр. ТТ-22,*

Аулін В.В., *проф., д-р. техн. наук,*

Гриньків А.В., *ст. дослідник, канд. техн. наук,*

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна,

Гудь В.З., *проф., д-р. техн. наук,*

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

Для оптимізації логістичних бізнес-процесів до теперішнього часу розроблено та використовується у практичній діяльності досить велика кількість інструментальних засобів. Багато хто з них побудований на традиційних (клієнт-серверних) архітектурах. Однак за останні п'ять років дуже активно став розвиватися напрямок, пов'язаний із застосуванням технологій штучного інтелекту (ШІ), таких як Data Mining, Text Mining, машинне навчання та нейронні мережі. Їх застосування дозволяє виявляти кореляційну залежність між різними компонентами логістичних ланцюгів, створюючи передумови зменшення витрат і збільшення результативності ланцюгів постачань.

Другим за значимістю надання послуг вантажних перевезень досить сильного впливу розвиток логістики в сучасних умовах стає:

- застосування хмарних технологій;
- технологій віртуалізації робочих місць, серверів, дискових сховищ даних;
- віртуалізація ІТ-інфраструктури.

Практична можливість віртуалізації дозволяють забезпечити гнучкість та динамічність під час проектування логістичних бізнес-процесів вантажних перевезень.

Більше того, в умовах становлення цифрової економіки багато провайдерів широко використовують ці технології для того, щоб вийти за межі своєї фізичної інфраструктури з метою реалізації більш гнучкої інтеграції зі своїми контрагентами та партнерами. Застосування хмарних технологій дозволяє реалізувати концепцію BYOD (Bring Your Own Device) та запобігти залежності співробітників від робочого стаціонарного комп'ютера.

Такий підхід дозволяє надати власному персоналу, клієнтам, контрагентам можливість використовувати більш широкий набір сервісів, а також доступ до них в режимі реального часу.

У загальній теорії логістики інформаційний потік сприймається як сукупність інформаційних повідомлень між довідками і логістичною системою та носить супутній характер. В той час за умов віртуалізації відносин значення даного потоку для логістичних систем стає основним.

Багато підприємств, фірм, компаній проводить аналіз діяльності із застосуванням сторонніх аналітичних інструментів: BI-систем, аналітичні платформи (Deductor, Loginom, Knime та ін), але при необхідності їх частого використання для актуалізації даних та підвищення оперативності прийняття рішень доцільно інтегрувати даний інструментарій у логістичну інформаційну систему (ЛІС).

ЛІС – це спеціалізований клас інформаційних систем, які дозволяють автоматизувати управління логістичними потоками та підвищити загалом ефективність логістичних бізнес-процесів. ЛІС можуть бути як самостійними інформаційними системами, так і можуть бути представлені у вигляді модулів, що розширюють функціонал корпоративних інформаційних систем управління підприємством, фірмою, компанією.

Геолокаційні системи (геоінформаційні системи) – це порівняно молодий клас програмного забезпечення, які можуть опрацьовувати дані про географічне положення

об'єкта (транспорт, контейнер та ін.) для збереження поточних координат у базі даних (БД), проєктувати маршрути руху з урахуванням різних обмежень. Геоінформаційні сервіси ((LBS) – Location-based services), є основним компонентом навігаційних систем, що застосовуються як на цивільному транспорті, так і на військовому та комерційному. Крім визначення локації транспорту, дана технологія може застосовуватися для визначення координат людини (за координатами її мобільного пристрою). Вантажний транспорт може з таким самим успіхом використовувати інформацію про організації з географічною прив'язкою по координатах GPS для пошуку найближчого пункту або станції обслуговування, заправної станції, а також може отримувати інформацію про іншого учасника перевезень. У логістиці такі системи вкрай корисні підвищення оперативності обробки та доставки замовлення. Поєднання технологій геоінформаційних сервісів та технології RFID дозволяє автоматизувати бізнес-процеси не лише з перевезення вантажів, а й з комплектування безпосередньо контейнерів.

Розвиток технологій геопозиціонування дозволило звести до мінімуму похибки при визначенні координат об'єктів, що відстежуються, і у зв'язці з найбільшими картографічними сервісами Google Maps надається можливість більш точного проєктування маршрутів.

У віртуальному середовищі дуже широке поширення отримав новий вид реклами, що відрізняється більшою ефективністю – це реклама, заснована на геотаргетингу (LBS), в результаті якої користувач отримує рекламу тільки тих закладів та організацій, які знаходяться від нього в безпосередній близькості.

Найширші можливості технологій (від відстеження координат мобільного пристрою користувача до відстеження положення комерційного транспорту з відображенням на інтернет-сайтах) дозволяють замовникам в онлайн-режимі відстежувати маршрут і поточне положення вантажу або транспорту та застосовувати дані сервіси в різних галузях та сферах бізнесу. Об'єднання функціоналу штрихового та RFID – кодування у складі традиційних логістичних інформаційних систем з геоінформаційними сервісами дозволить забезпечити набагато більшу гнучкість при проєктуванні ланцюгів постачань.

Вищий ступінь у ієрархії інформаційних систем займають інтелектуальні системи (ІС). Розвиток інтелектуальних технологій (ІТ) здійснюється величезними темпами. За останні роки з'явилося безліч програмних бібліотек та фреймворків для роботи зі ШІ (машинне навчання та нейронні мережі, машинний зір, розпізнавання образів та багато іншого). ШІ з успіхом застосовується практично у всіх галузях науки, техніки, бізнес-аналізу і, зокрема, логістики. ІТ дозволяють автоматизувати деякі процеси, які раніше вимагали обов'язкової участі людини.

Інтелектуальні технології в інформаційних системах застосовуються окрім логістики та в інших сферах діяльності – це промисловість, державні послуги, економічна безпека та багато інших. Цифровизація бізнес-процесів, які раніше вимагали участі людини дозволяють як скоротити витрати, а й підвищити конкурентоспроможність, оскільки послуги, що надаються інтелектуальними сервісами, можуть виявлятися цілодобово з високим рівнем результативності.

З вищевикладеного випливає, що застосування нових алгоритмів дозволяє:

- обробляти неструктуровану інформацію, знаходити сенс та емоційну складову висловлювань;
- працювати з нечіткими вхідними даними (коли немає чіткої формалізації вхідних параметрів);
- працювати з надмірною інформацією;
- обробляти суперечливі вхідні дані

Хмарні програми – це програмні комплекси, розташовані на серверах з можливістю доступу із зовнішніх мереж і які працюють, в основному, через веб-інтерфейс і не потребують встановлення клієнтських пристроїв.

Найбільш поширеними хмарними сервісами є: SaaS (Software as a Service), PaaS (Platform as a Service) та IaaS (Infrastructure as a Service). За результатами аналітичного

дослідження, виконаного аналітичним агентством iKS-Consulting, обсяг ринку хмарних сервісів зріс на 17,5% у доларах США та на 25% у національній валюті. Зростання інтересу до хмарних технологій з боку великого бізнесу викликане такими факторами:

- зростання довіри до постачальників послуг;
- оптимізація витрат на власну IT-інфраструктуру;
- доступність хмарних технологій у зв'язку із зростанням кількості постачальників;
- державне регулювання щодо захисту національного ринку.

За результатами дослідження було зроблено прогноз щорічного зростання ринку хмарних технологій на 23% до 2022 року. При цьому деякі сегменти можуть показувати вищі значення, аж до 30-31% на рік.

З появою програмних комплексів, що розміщуються в інформаційних хмарах, з'явився новий напрямок – хмарна логістика, яка передбачає управління логістичними бізнес-процесами на основі хмарних додатків та сервісів.

Застосування хмарних сервісів дозволяє автоматизувати управління транспортними компаніями, управління взаємовідносинами з клієнтами, управління закупівлями та складом, управління виробництвом, управління фінансами та ін. Основна вигода від їх використання – відсутність основних етапів впровадження інформаційних систем: збір вимог до додатку, проектування сервісу розробка, впровадження, тестування. Підприємству необхідно сформулювати свої бізнес-вимоги та вибрати найкращий хмарний сервіс. Після укладання договору та оплати тарифного плану система одразу ж придатна для використання.

Таким чином, даний підхід дозволяє істотно скоротити сукупну вартість володіння додатком, тому що немає необхідності в капітальних витратах на придбання обладнання та розробку сервісу. В результаті окупність може наступити не через кілька років, як у звичайній практиці при впровадженні великих інформаційних систем, а буквально вже через кілька місяців її використання.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Лисенко С. В., Гриньків А. В., Головатий А. О., Голуб Д. В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем : монографія. за заг. ред. проф. В. В. Ауліна. Кропивницький : СПД ФО Лисенко В. Ф., 2021. 503 с.
2. Аулін В. В., Гриньків А. В., Головатий А. О. Інформаційно-логістичний підхід забезпечення належного технічного рівня мобільної сільськогосподарської техніки. *Тези доповідей IX Міжнародної конф. «Крамаровські читання»*. Київ, 24-25 лют. 2022. С. 116–119.
3. Аулін В. В., Гриньків А. В., Головатий А. О., Ливіцький О. М. та ін. Роль інтелектуальних інформаційних систем у транспортних і виробничих підприємствах та їх класифікація. *Інноваційні технології розвитку автомобільного транспорту* : Міжнародна наук.-практ. конф., Кропивницький, листоп. 2020. С. 167–173.
4. Аулін В. В., Тищенко С. Ю., Гриньків А. В. Інноваційні рішення в складській логістиці: автоматизація, цифровізація, інтелектуальні системи. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 10(41), ч. 1. С. 270–285.
5. Аулін В. В., Гриньків А. В., Головатий А. О., Лисенко С. В., Голуб Д. В., Кузик О. В., Тихий А. А. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія. за заг. ред. проф. В. В. Ауліна. Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. 428 с.
6. Аулін В. В., Голуб Д. В., Біліченко В. В., Великодний Д. О. Методологія підходів до дослідження факторів забезпечення належного рівня ефективності і надійності транспортних систем. *Вісник машинобудування та транспорту*. 2017. № 2. С. 4–14.
7. Карпенко М. О. Інструменти логістичного аналізу в управлінні підприємством. *Проблеми економіки*. 2021. № 2. С. 151–157.

УДК 656.073.3:656.025.2

СТАН ТЕОРІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПОМАШИННИМИ ВІДПРАВКАМИ У МІСТАХ

Здор А.С., *ст. гр. ТТ-22,*Аулін В.В., *проф., д-р. техн. наук,*Лисенко С.В., *доц., канд. техн. наук,**Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна,*Ляшук О.Л., *проф., д-р. техн. наук,*Цьонь О.П., *проф., д-р. техн. наук,**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, України*

Основні положення теорії вантажних автомобільних перевезень розроблені у працях вітчизняних та іноземних учених. Окремі питання виконання плану перевезень вантажів, розрахованого за середніми техніко-економічними показниками (ТЕП), не розглядалися у конкретних експлуатаційних умовах.

Існуюча схема організації перевезень вантажів автотранспортних засобів (АТЗ) у містах полягає в наступному:

- отримання заявки на перевезення вантажу;
- укладання договору перевезення вантажу;
- розробка оперативного плану виконання договору на перевезення вантажів;
- організація виконання погодженого з клієнтурою оперативного плану перевезень вантажів;

- аналіз результатів роботи;
 - підготовка вихідних даних;
 - розробка плану перевезень вантажів, у тому числі: вибір рухомого складу; маршрутизація; розрахунок результатів роботи АТЗ;
 - узгодження оперативного плану перевезень із клієнтурою;
 - видача завдань водіям.

Розглянута робота одного АТЗ та його продуктивність за наступною базою даних, в якій наявні параметри: n_e - число їздок автомобіля з вантажем за оборот на маршруті, од.; l_e - середня довжина навантаженої їздки, км.; t_0 - час виконання нульового пробігу, год; β_0 - коефіцієнт використання пробігу за оборот; Q_n ; P_n - відповідно обсяг перевезень (вантажобіг) за час у вбранні, т. (т-км); γ_c - коефіцієнт статичного використання вантажопідйомності; γ_d - коефіцієнт динамічного використання вантажопідйомності; $\sum t_{ne}$ - сума витрат часу на навантаження-розвантаження, год; T_n - плановий час перебування АТЗ у наряді, год.

Відповідно до теоретичних положень визначена потреба в АТЗ для здійснення перевезень вантажів. При цьому враховувалося: A_m - кількість АТЗ на маршруті, од.; $\sum Q_{e,o,n}$ - плановий обсяг перевезень вантажу, відповідно за їзду, оборот, за час у наряді на маршруті, т.; $Q_{e,o,n}$ - кількість вантажу, що перевозиться одним АТЗ за ті ж періоди часу, т.; $\sum P_{e,o,n}$ - плановий обсяг транспортної роботи, відповідно за їзду, оборот, за час у наряді на маршруті, т-км.; $P_{e,o,n}$ - кількість транспортної роботи, що виконується одним АТЗ за ті ж періоди часу, т-км.

Теоретичні положення пропонуються для розрахунків на етапі підготовки договору, а також для розрахунків потреб у ресурсах, коли договори вже укладені. Сенс даних розрахунків - визначення параметрів договорів, відповідно до взятих зобов'язань, тобто,

виконання плану перевезень вантажів, розрахованого за середніми ТЕП.

Разом з тим можливо зазначати, що існує неправильне вирішення питання про вплив окремих вимірювачів та умов експлуатації:

- на продуктивність автомобілів і парку через відсутність виявлених залежностей цієї продуктивності від елементів перевізного процесу та впливу одних вимірювачів на інші від них залежні;

- у багатьох випадках неправильні методи підрахунку вимірювачів.

Сформульована необхідність та концепцію розвитку теорії вантажних автомобільних перевезень, коли дослідженню необхідно піддати ті підсистеми де безпосередньо здійснюється доставка вантажу. У загальній ієрархії транспортних систем. в першу чергу слід виділити порівняно прості системи, де перевезення виконуються по маятникових і кільцевих маршрутах. Тому в цьому дослідженні розглядаються тільки мікро і особливо малі автотранспортні системи (АТС). У класифікації АТС практика роботи одного АТЗ на маятникових та кільцевих маршрутах ототожнена з функціонуванням з мікро та особливо малих АТС. Розробка плану перевезень у мікро АТС здійснюється відповідно до моделі, з урахуванням особливостей перевезень вантажів на маятниковому маршруті, зі зворотним ненавантаженим пробігом. Розробка плану перевезень в особливо малих АТС має проводитися з використанням конкретної моделі особливо малої АТС, яка враховує особливості технології (маршруту) перевезень вантажів. В особливо малій АТС перевезення вантажів здійснюється або на маятниковому маршруті, зі зворотним завантаженим пробігом не на всій відстані перевезень вантажів, або маятниковому маршруті, зі зворотним завантаженим пробігом, маятниковому маршруті, зі зворотним завантаженим пробігом, але різним завантаженням, або кільцевому маршруті певної конфігурації.

Залежно від того, яке завдання ставиться перед АТП, приймається відповідне рішення. Якщо необхідно щодобово виконувати сумарний обсяг перевезень, як, наприклад, доставка зерна на заготівельні пункти в період заготівлі сільськогосподарської продукції, необхідно мати резервні АТЗ і для розрахунку загальної їх кількості приймати: $l_{re} = l_{re} + \sigma$. Тут же характеризуватимуть величину резерву АТЗ.

Розглянуті причини та ймовірнісний характер l_{re} , що викликає коливання виконання плану доставки вантажів, а також нерівномірну потребу в АТЗ. Останнє є однією з причин невідповідності поточного планування та оперативної роботи, яка ускладнює планування перевезень вантажів. Тут також йдеться про виконання плану перевезень вантажів, розрахованого за середніми ТЕП.

Проблема підвищення економічної ефективності, якості та надійності роботи автомобільного транспорту шляхом удосконалення технології, наукової організації та управління його роботою на системній (логістичній) основі є безумовно актуальною. При цьому запропоновано метод розрахунку раціонального резерву АТЗ організації маршрутних перевезень вантажів

Надійність перевізного процесу загалом багато чому визначається надійністю роботи АТЗ лінії. Відмови окремих АТЗ виникають через поломки, аварії, раптову хворобу водія тощо. При доставці вантажів відмова одного або декількох автомобілів не завжди спричиняє відмову перевізного процесу. Однак зменшення числа працюючих автомобілів призводить до зменшення обсягу перевезень, зміни рівня ефективності, зниження якості перевезень, порушення нормального функціонування підприємств, що обслуговуються, тобто. зростають ризики та знижується надійність доставки. В даний час підвищення надійності перевезень здійснюється методом резервування рухомого складу, але чіткої методики визначення практично немає. Відсутність такої методики визначення оптимального резерву призводить до значних втрат, як внаслідок, до невчасності перевезень через відсутність резерву автомобілів, так і внаслідок використання збільшеного резерву рухомого складу. Для перевезення вантажів з однотипними автомобілями застосовуються два варіанти організації роботи: при відмові одного з працюючих АТЗ, який негайно замінюється справним (ненавантаженим резерв); заміна АТЗ, що відмовив, на справний не проводиться

(навантажений резерв).

Клас А надійності статистичних розрахунків (таблиця 1) повинен використовуватися тільки в особливих випадках. Для розрахунків, відхилення результатів яких факту може призвести до катастрофічних наслідків.

Таблиця 1 – Класи надійності статистичних розрахунків

Клас надійності	Ступінь надійності розрахунків	Довірча ймовірність, %	Довірчий інтервал ($\pm$)
А	Практично достовірні	Понад 99,7	Понад 3σ
В	З малим ризиком	95,0	2σ
С	Із середнім ризиком	80,0	$1,3\sigma$
Д	З підвищеним ризиком	60,0	$0,8\sigma$
Е	Азартна	Менш 60,0	до $0,8\sigma$
Ж	Не визначена	Невідомо	Не відомий

Наведені рекомендації мають попередній характер. У ході практичного застосування вони повинні уточнюватися на основі критичної оцінки одержуваних при цьому результатів.

Виконано значну кількість досліджень з різних питань у галузі планування перевезень вантажів, у тому числі оперативного:

- розглянуто розробку методів розрахунку нормативів роботи вантажного автомобільного транспорту;
- розглянуто теорію та методи планування ресурсів на автомобільному транспорті в умовах ринкового господарювання стосовно технічної експлуатації;
- запропоновано методику аналізу та планування функціонування середньої системи доставки вантажів;
- розглянуто практичне використання конкурентоспроможності АТП в організації управління та регулювання діяльності автомобільного транспорту у регіоні;
- розглянуто питання формування системи регулювання автомобільного транспорту регіону;
- з'ясовано імітаційне моделювання процесу перевезень дрібнопартійних груп вантажів у термінальній технології, для максимізації його ефективності.
- запропоновано розробку моделі опису та визначення середніх ТЕП роботи рухомого складу, стосовно транспортно-технологічних систем доставки будівельних матеріалів;
- розроблено математичну модель та алгоритм функціонування автотранспортних логістичних систем забезпечення у будівництві;
- з'ясовано вплив різних факторів системи доставки на ефективність технології перевезень вантажів, для визначення перспективних шляхів підвищення її ефективності.

В питаннях по підвищенню ефективності перевезень вантажів розглянуте наступне:

- розвиток теорії вантажних автомобільних перевезень по радіальних маршрутах у середніх автотранспортних системах доставки вантажів, розробці моделей функціонування та методик розрахунку потреб у транспортних засобах;
- різні аспекти формування стратегії вантажного автотранспортного підприємства у сучасних умовах;
- розробка методики проектування транспортно-технологічного забезпечення будівельних потоків, з урахуванням різних ризиків;
- підвищення ефективності дрібнопартійних перевезень вантажів, за рахунок удосконалення методів обґрунтування параметрів системи у регіоні;
- розробка моделі оцінки якості перевезень вантажів та оперативного планування вантажного транспортного обслуговування регіональних державних структур;
- розробка методики вибору автотранспортних засобів для перевезення вантажів, на основі досліджень щодо визначення областей раціонального застосування автотранспортних засобів у АТС нижнього рівня;
- розробка моделі функціонування розвізно-збірної автотранспортної системи з центральним пунктом навантаження-розвантаження, на основі встановлення закономірності

впливу низки ТЕП на процес перевезень вантажів;

- вдосконалення управління вантажними автотранспортними послугами лише на рівні держави;

- розроблено методику стратегічного планування діяльності підприємницьких структур вантажного автомобільного транспорту за умов конкуренції;

- побудовані моделі та розроблено методику планування перевезень твердих побутових відходів автомобільним транспортом, та їх ефективність;

- теоретичні положення, закономірності впливу ТЕП, концепцію вдосконалення теорії вантажних автомобільних перевезень, математичні моделі різних АТС та їх застосування у практиці перевезень дрібнопартійних вантажів;

- розроблено класифікацію та модель опису функціонування АТС у внутрішньообласному повідомленні;

- удосконалено метод "гілок та кордонів", і на цій основі вдосконалено методику планування перевезень дрібнопартійних вантажів від кількох виробників;

- розглянуто транспортне забезпечення сільськогосподарського виробництва та питання його вдосконалення;

- розроблені теоретико-методологічні основи підвищення ефективності управління вантажними перевезеннями містами;

- розглянуто підвищення ефективності експлуатації автомобільного транспорту на основі розроблених науково-технічних, технологічних та управлінських рішень;

- розроблено методику вибору рухомого складу у розвізно-збірних АТС з центральними вантажними пунктами;

- розроблено модель та методику оперативного планування роботи автомобілів у сукупності середніх АТС;

- розроблено модель забезпечення підвищення ефективності діяльності АТП регіону та іншими.

Список використаних джерел

1. Аулін В. В., Тertiця О. М., Надич Т. М., Гриньків А. В., Ляшук О. Л., Гудь В. З., Залуцький С. З. Критерії вибору великовагових транспортних засобів для ефективних і безпечних перевезень // *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки.* – 2024. – Вип. 10(41), ч. 2. – С. 169–187.
2. Аулін В. В., Тertiця О. М., Надич Т. М. Критерії вибору великовагових транспортних засобів для ефективних і безпечних перевезень // *Матеріали XII Міжнар. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання»*, Київ, 20–21 лют. 2025 р. – С. 609–610.
3. Аулін В. В., Великодний Д. О., Кернус Р. О., Мосузенко Ю. А. Підвищення ефективності доставки вантажів у міжнародному сполученні // *Проблеми і перспективи розвитку автотранспорту*, Вінниця, 14–15 квіт. 2020 р. – С. 13–14.
4. Аулін В. В., Голуб Д. В., Гриньків А. В., Лисенко С. В., Головатий А. О., Голуб Д. В. Методологічні і теоретичні основи забезпечення та підвищення надійності функціонування автомобільних транспортних систем : монографія / за заг. ред. проф. В. В. Ауліна. – Кропивницький : ТОВ «КОД», 2017. – 370 с.

ЗМІСТ

✓ ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН МІКРОДУГОВИМ ОКСИДУВАННЯМ З НАСТУПНИМ МОДИФІКУВАННЯМ ПОКРИТТЯ Циганенко Я.С., Бевз О.В., Маркович С.І.	7
✓ ДОСЛІДЖЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ АВТОМОБІЛІВ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ГАЛЬМІВНОГО МЕХАНІЗМУ Коваль Д.П., Бевз О.В.	9
✓ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВЗ ШЛЯХОМ ЇХНЬОГО ПЕРЕВЕДЕННЯ НА ВОДНЕВІ СУМІШІ Добуш А. І., Солярчук І. М., Гріштор Т. Т.	12
✓ ДО ПИТАННЯ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ ТРИЛАНКОВИХ АВТОПОЇЗДІВ В УКРАЇНІ Сахно В.П., Мурований І.С., Поляков В.М., Шарай С.М., Паламарчук О.В.	15
✓ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СИЛОВОГО ПРИВОДУ Сем'янчук А.І., Копильців Д.В., Криштопа С.І.	19
✓ ПІДВИЩЕННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ ПАЛИВНИХ СУМІШЕЙ В ДВИГУНАХ ЗА РАХУНОК РЕГЕНЕРАЦІЇ ТЕПЛОТИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ Мисів О.О., Матвієнко Р.М., Козак Ф.В.	22
✓ ПОСТАНОВКА ПИТАННЯ ВРАХУВАННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІРНИЧИХ ПОРІД ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ПАРАМЕТРІВ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ КАР'ЄРНИХ АВТОСАМОСКИДІВ Монастирський Ю.А., П'ятниця О.П., Сорока С.М.	25
✓ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ Баляш А., Кравець І.	26
✓ ВИКОРИСТАННЯ ІТ-ТЕХНОЛОГІЙ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ГАЛУЗІ Гелиш Т., Кравець І.	29
✓ ЕКОЛОГІЧНІСТЬ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ТА ПРОБЛЕМА УТИЛІЗАЦІЇ ЙОГО БАТАРЕЙ Гладка А., Кравець І.	31
✓ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ Жигайло С., Кравець І.	33
✓ ПОЖЕЖНА НЕБЕЗПЕКА АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ГАЗОБАЛОННИМ ОБЛАДНАННЯМ Пулик І., Кравець І.	35
✓ АВТОПЛОТ - ТЕХНОЛОГІЯ МАЙБУТНЬОГО В СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛЯХ Сало Т., Кравець І.	37
✓ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙ В АВТОМОБІЛЬНІЙ ІНДУСТРІЇ Чернецька Д., Кравець І.	39
✓ СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА Голотюк М.В., Пилипака Т.С., Бундза О.З., Ходаківський І.Л.	41
✓ РОЗВИТОК СУЧАСНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ Налобіна О.О., Голотюк М.В., Пилипака Т.С., Шимко А.В., Бундза О.З., Ювчик Н.О.	43
✓ ТЕХНОЛОГІЇ СЕРВІСНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ Налобіна О.О., Голотюк М.В., Пилипака Т.С., Шимко А.В.	45
✓ MAIN ASPECTS OF LOGISTICS MANAGEMENT OF TRANSPORT ENTERPRISES Sofia Rozhko, Alina Yakymchuk	48
✓ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНИХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ З ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ Никончук В.М.	49
✓ ЦИФРОВІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВАНТАЖІВ Слюсарчук Я.В., Никончук В.М.	52
✓ ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ НА МІЖНАРОДНИХ МАРШРУТАХ Дорошук В.О., Сорока В.С., Сліпенький Є.Б., Бережняк І.А., Яскал С.В., Яскал А.В.	55
✓ ТРАНСПОРТ, ІНФРАСТРУКТУРА ТА СТАЛИЙ РОЗВИТОК МІСТА Хітров І.О.	58
✓ ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ВТУЛОК КЛАПАНІВ ДВЗ З МАСЛОУТРИМУВАЛЬНИМ ПРОФІЛЕМ Вичавка А.А., Диха М.О., Дитинюк В.О.	59

✓ IMPROVING THE SERVICE LIFE OF RECONDITIONED WHEELED TRACTOR CHASSIS PARTS Luzan S.A.	63
✓ ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГУНА ШЛЯХОМ ЕЖЕКЦІЇ ВОДИ Тук В.С., Маркович С.І., Магопєць С.О.	66
✓ УДОСКОНАЛЕННЯ ОПЕРАТИВНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ЗА ПОТОЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ОЛИВИ Волков В.І., Маркович С.І.	68
✓ ОЦІНКА ВПЛИВУ ХАРАКТЕРИСТИК ХОНІНГУВАЛЬНИХ БРУСКІВ НА ЯКІСТЬ ПОВЕРХНІ І РЕСУРС ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ Галочкін Я.В., Маркович С.І.	70
✓ ОЦІНКА ВПЛИВУ МІКРОДУГОВОГО ОКСИДУВАННЯ НА РЕСУРС ЦИЛІНДРОПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВЗ Демченко А.В., Маркович С.І., Рутковський А. В.	72
✓ УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ДІАГНОСТУВАННЯ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ЗА ПАРАМЕТРАМИ КАРТЕРНИХ ГАЗІВ Долібський О.О., Маркович С.І.	76
✓ КОРЕКЦІЯ ПРОСТОРОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ ЗОН ЛОКАЛЬНИХ НАПРУЖЕНЬ Пастух В.О., Маркович С.І., Дмитренко О.В.	79
✓ ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПОКРИТТІВ НА ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛІВ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ АВТОМОБІЛІВ Пічкурєнко Б.М., Маркович С.І., Бєвз О.В.	82
✓ ВПЛИВ ВМІСТУ ХРОМУ В ПОРОШКОВОМУ ДРОТІ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ МІЦНОСТІ ЕЛЕКТРОДУГОВИХ ПОКРИТТІВ ВАЛІВ АВТОМОБІЛІВ Гвоздецький В.М., Студент М.М., С.І. Маркович, Задорожна Х.Р., Веселівська Г.Г., Сірак Я.Я.	84
✓ ВИКОРИСТАННЯ ШНЕКІВ У ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ Бобков А.Д.	87
✓ ЗАСОБИ УПРАВЛІННЯ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ТРИБОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРИБОСПРЯЖЕННЯ Гупка А.Б., Пиндус Т.Б., Остапчук С.І.	88
✓ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ АВТОМОБІЛІВ, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЮТЬ БЕЗПЕКУ РУХУ Тєсля В.О., Грінкевич О.В., Дякун В.М., Пиріг С.В.	94
✓ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЗНОШЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ТА МЕХАНІЗМІВ Сіправська М.Д., Гринів С.А., Плюта В.В., Ковбасюк О.Ю.	96
✓ ЦИФРОВА ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ КОЛІСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ Грицук І.В., Головань А.І., Вольська О.М., Гончарук І.П.	98
✓ МОНІТОРИНГ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ Погорлецький Д.С., Кальченко В.В., Грицук І.В., Худяков І.В.	100
✓ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДВЗ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ Тарасєнко В.М., Бєвз О.В.	104
✓ ВИБІР ПРИСАДНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ Василенко І., Ковальов Б., Зяблов О.	106
✓ DEFINITION OF APPROACHES TO IDENTIFYING RISKS IN NON-URGENT CARGO TRANSPORTATION Kulova D.O.	108
✓ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМКІВ ЗНИЖЕННЯ ТОКСИЧНОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ Дєнисєнко Я.О., Красота М.В., Шєпєлєнко І.В., Осін Р.А.	110
✓ IMPROVING THE EFFICIENCY OF TRANSPORT LOGISTICS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX Zaitsev A.M., Bebik V.B., Aulin V.V., Lysenko S.V.	112
✓ АНАЛІЗ ПРИЧИН ЗНОШУВАННЯ ТА РУЙНУВАННЯ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ	115

Заворотний В.О., Красота М.В., Осін Р.А.	
✓ ПІДВИЩЕННЯ ПАЛИВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОМОБІЛІВ З ДИЗЕЛЬНИМИ ДВИГУНАМИ	
Кондрашов І.В., Кулешков Ю.В., Дубовик В.О.	117
✓ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ КОРПУСУ ШЕСТЕРЕННИХ НАСОСІВ ТИПУ НШ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ	
Костенко Д.К., Кулешков Ю.В., Дубовик В.О.	120
✓ ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕГУЛЬОВАНИХ НАСОСІВ	
Руденко Т.В., Кулешков Ю.В., Лугвіщик В.О.	123
✓ ВІДНОВЛЕННЯ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ АВТОТРАКТОРНОЇ ТЕХНІКИ	
Нех О.В., Красота М.В., Кулешков Ю.В., Руденко Т.В.	125
✓ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ ТУРБОКОМПРЕСОРА ДИЗЕЛІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН КОНТАКТНИМ НАВАРЮВАННЯМ	
Попов О.А., Кулешков Ю.В., Дубовик В.О.	127
✓ АНАЛІЗ ДЕФЕКТІВ ЧАВУННИХ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ	
Ракулєнко Ю.С., Красота М.В., Кулешков Ю.В., Руденко Т.В.	130
✓ ПРИЧИНИ ВИХОДУ З ЛАДУ КАТАЛІТИЧНИХ НЕЙТРАЛІЗАТОРІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ	
Скрипник Д.М., Красота М.В., Шепеленко І.В., Осін Р.А.	132
✓ АНАЛІЗ НЕСПРАВНОСТЕЙ МЕХАНІЧНИХ ТРАНСМІСІЙ	
Тимошенко А.С., Красота М.В., Кулешков Ю.В., Руденко Т.В.	134
✓ CLUSTER APPROACH IN SUPPLY CHAINS OF THE REGION'S AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX	
Aulin V.V., Holub D.V., Hryniv A.V., Lysenko S.V.	136
✓ КОНСТРУКЦІЯ БЛОКУ ЦИЛІНДРІВ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВОГО НАСОСУ	
Руденко Т.В., Кулешков Ю.В., Чернявський В.О.	140
✓ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРЯМКІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ГРМ АВТОМОБІЛЬНИХ ДВИГУНІВ	
Шило О.О., Красота М.В., Шепеленко І.В., Осін Р.А.	142
✓ ЛОГІСТИЧНА СИСТЕМА ПОСТАЧАННЯ ПРОДУКЦІЇ З ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВ В ТОРГІВЕЛЬНУ МЕРЕЖУ М. КРОПИВНИЦЬКИЙ	
Чаплигін С.Г., Бакуменко М.А., Аулін В.В., Гриньків А.В.	144
✓ ІНСТРУМЕНТИ ФОРМУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОГІСТИЧНИХ ЦЕНТРІВ АГРОПРОМИСЛОВОГО ВИРОБНИЦТВА В РАЙОНАХ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ	
Санжаков С.А., Надточій А.І., Лисенко С.В., Лівіцький О.М.	146
✓ FORMATION OF MICROCLIMATE IN THE INTERIORS OF WHEELED VEHICLES BY HEATERS OF DIFFERENT DESIGNS	
Magopets M.S., Aulin V.V., Diachenko D.O.	148
✓ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СМІТТЄВОЗІВ УДОСКОНАЛЕННЯМ КУЗОВНОЇ СИСТЕМИ УЩІЛЬНЕННЯ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ	
Гаркуша Б.В., Степанов В.В., Голуб Д.В.	150
✓ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СЦЕНАРІЮ УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ У ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ	
Сілін О.В., Аулін В.В., Гриньків А.В., Лівіцький О.М.	152
✓ МЕТОДИ ІННОВАЦІЙНОЇ ЛОГІСТИКИ У ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕННЯХ: ОМНІКАЛЬНА МОДЕЛЬ	
Кузьменко Д.Е., Лисенко С.В., Лівіцький О.М., Головатий А.О.	155
✓ РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ КЛАСТЕРІВ У РЕГІОНАЛЬНИХ ЛАНЦЮГАХ ПОСТАЧАНЬ ПРОДУКЦІЇ	
Паутов С.Г., Аулін В.В., Цьонь О.П., Вовк Ю.Я.	159
✓ КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ МАРШРУТІВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В ТРАНСПОРТНІЙ ЛОГІСТИЦІ	
Аулін В.В., Гриньків А.В., Надточій А.І., Цьонь О.П.	161
✓ CURRENT TRENDS IN SPARE PARTS LOGISTICS SERVICE AT MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES	
Tyshchenko S.Yu., Sanzhakov S.A., Aulin V.V.	165
✓ MODELING OF A STOCHASTIC STATE MATRIX OF A PRODUCTION LINE TO OPTIMIZE ITS OPERATIONAL RELIABILITY USING THE REINFORCEMENT LEARNING METHOD	
Kovalov S.G., Aulin V.V., Hryniv A.V.	166

☑ МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ, ВУЗЛІВ, СИСТЕМ І МЕХАНІЗМІВ МАШИН	168
Манько С.В., Чумак В.М., Аулін В.В., Лисенко С.В.	
☑ ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ТА ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРА ІНТЕГРОВАНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ	174
Надич Т.М., Плаксіє А.О., Аулін В.В., Гриньків А.В.	
☑ MODERN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF QUALITY MANAGEMENT OF SERVICES AT CAR MAINTENANCE STATIONS	177
Serhiichuk A.A., Chornyi O.V., Aulin V.V., Hrynkiv A.V.	
☑ MAIN TASKS OF IMPROVING THE ORGANIZATION OF REPAIR MAINTENANCE OF QUARRY TRANSPORT ENGINES	182
Kharchenko S.V., Dychko M.A., Lysenko S.V., Slon V.V.	
☑ ОБґРУНТУВАННЯ МНОЖИНИ ОЦІНОЧНИХ КРИТЕРІЇВ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАННЯ ФОРМУВАННЯ ПАРКУ ВЕЛИКОВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ДЛЯ ЕФЕКТИВНИХ І БЕЗПЕЧНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	184
Тертиця О.М., Молла К.О., Аулін В.В., Гриньків А.В., Гупка А.Б.	
☑ MONITORING AND CONTROL SYSTEMS FOR ROAD TRANSPORT ON AGRICULTURAL ENTERPRISES	189
Zaitsev A.M., Kovalenko V.K., Aulin V.V., Lysenko S.V., Hud V.Z.	
☑ МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДИЧНОСТІ КОНТРОЛЬНО-ДІАГНОСТИЧНИХ ПЕРЕВІРОК СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	193
Косякевич Д.П., Сугак І.С., Аулін В.В., Лисенко С.В.	
☑ БАГАТОШАРОВИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ЗАХИСТУ ВІД ТЕПЛОВІЗІЙНОГО ВИЯВЛЕННЯ	196
Туртуріка М.І., Денисов Д.О., Ковальов Ю.Г., Аулін В.В.	
☑ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ УМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТУ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ	198
Зайцев А.М., Борович Б.В., Аулін В.В., Лисенко С.В.	
☑ INTERCONNECTION OF CORPORATE LOGISTICS WITH ELEMENTS OF CORPORATE MANAGEMENT	202
Reznychenko V.Yu., Aulin V.V., Livitskyi O.M., Tson O.P.	
☑ ASSESSMENTS OF RESOURCE PROVISION TECHNOLOGIES IN THE FREIGHT TRANSPORTATION MARKET	205
Sorokopud S.A., Lysenko S.V., Aulin V.V., Holub D.V., Liashuk O.L.	
☑ ВПЛИВ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РОЗВИТОК ЛОГІСТИЧНОГО ІНСТРУМЕНТАРІЮ	208
Бакуменко М.А., Аулін В.В., Гриньків А.В., Гудь В.З.	
☑ СТАН ТЕОРІЇ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПОМАШИННИМИ ВІДПРАВКАМИ У МІСТАХ	211
Здор А.С., Аулін В.В., Лисенко С.В., Ляшук О.Л., Цьонь О.П.	

НАУКОВО-ІНФОРМАЦІЙНЕ ВИДАННЯ

ЗБІРНИК МАТЕРІАЛІВ
VII МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ
"Інноваційні технології розвитку та ефективності
функціонування автомобільного транспорту"
(20-22 листопада 2024 року)

Відповідальні за випуск:

С.В. Лисенко – к.т.н., доцент кафедри експлуатації і ремонту машин

Редактор – В.В. Аулін, д.т.н., проф., проф. кафедри експлуатації і ремонту машин

Дизайн і верстка – Тищенко С.Ю., аспірант кафедри експлуатації і ремонту машин; Байцан В.Г., аспірант кафедри експлуатації і ремонту машин

Телефон:
(0522) 390-473

e-mail:

AulinVV@gmail.com

Контактні особи

Аулін В.В. (095) 055 74 11

Лисенко С.В. (066) 772 76 45

Web: <http://erm.kntu.kr.ua>

Адреса колегії – 25006, Україна, м.Кропивницький, пр. Університетський, 8
Центральноукраїнський національний технічний університет,
Кафедра експлуатації і ремонту машин