

criterion of economic expediency of application of technical actions on restoration of a technical condition of transport cars is offered. It is shown that according to this criterion it is possible to estimate the cost of technical actions to improve the technical condition of the transport vehicle and the fleet as a whole. The criterion of efficiency of technical action on improvement of a technical condition of an element of transport cars and a factor of rational use of a resource with possible situations is offered also.

An algorithm for controlling the system of technical service of transport machines by the element-modular method has been developed. The results of forecasting technical control and regulation of the studied elements of transport vehicles: engine and transmission are considered.

It is shown that the proposed element-modular method of technical service makes it possible to adjust certain technical operations to ensure and restore the appropriate level of operational reliability of transport vehicles.

**element-modular method, technical service, transport machine, diagnostic parameter, technical condition**

*Одержано (Received) 11.02.2022*

*Прорецензовано (Reviewed) 02.03.2022*

*Прийнято до друку (Approved) 31.03.2022*

УДК 629.3.014

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).1.278-289](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).1.278-289)

**С.В. Лисенко**, доц., канд. техн. наук

*Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна*

*e-mail: sv07091976@gmail.com*

## Системно-спрямований підхід підвищення експлуатаційної надійності транспортних машин на етапах їх життєвого циклу

В роботі на основі системно-спрямованого підходу визначено, як на етапах життєвого циклу транспортних машин, що працюють у відкритих кар'єрах та в умовах агропромислового виробництва, підвищити рівень їх експлуатаційної надійності. На етапі пуску силових агрегатів запропоновано спосіб зменшення зносу спряжень деталей. Розроблено схему реалізацію способу. Визначено, що ефективно цей спосіб застосувати при експлуатації транспортних машин в жорстких нестационарних умовах та режимах "пуск-зупинка". Експериментально доведено, що запропонований спосіб дає можливість економити до 15% експлуатаційні матеріали та збільшувати термін заміни моторної оливи. На етапі експлуатації транспортних машин у відкритому кар'єрі і умовах агропромислового виробництва дослідженнями доведено подовження використання моторної та трансмісійної оливи на 25...40%, виявлено зменшення кількості технічних обслуговувань та необхідність коректування термінів технічних обслуговувань транспортних машин.

**експлуатаційна надійність, транспортна машина, системно-спрямований підхід, силовий агрегат, моторна олива, трансмісійна олива, нестационарні умови, термін заміни, композиційна присадка**

**Постановка проблеми.** Існуючі способи підвищення ресурсу вузлів, систем і агрегатів транспортних машин (ТМ) включають використання різноманітних мастил [1], накладання фізичних полів (механічного навантаження, накладання стаціонарних та динамічних електричних та магнітних полів) на трибоспряження деталей і фізико-хімічна активація мастильного середовища. Всі способи і необхідне обладнання для їх реалізації забезпечують високий рівень експлуатаційної надійності ТМ. Разом з тим жорсткі, нестационарні умови, підвищення навантажувально-швидкісних режимів роботи ТМ вимагають як подальшого удосконалення їх конструкції, так і методів технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** При виготовленні та ремонті вузлів, систем та агрегатів ТМ використовують різні методи формування спряжених еквідистантних поверхонь деталей з використанням присадок і добавок з поверхнево-активними речовинами (ПАР), пластичної деформації поверхневих шарів, методів підбору режимів і тривалості обкатки з вирівнюванням навантаження на диференціально-розподільчих робочих поверхнях, формуванням на них оптимальної шорсткості, реалізація умов мінімального припрацювального зносу [2]. Припрацювальні процеси можливо здійснювати використанням порошку каоліну, гідрооксидів і органічних сполук алюмінію, високодисперсних алмазів, сполук хрому, кремнію та ін. При обкатці агрегатів ТМ використовуються обкаточні оливи з металоорганічними ПАР, металоплакуючі оливи з додаванням жирних кислот м'яких металів [3].

При реалізації обкаточної триботехнології, крім традиційних мінералів [4], особливо ефективні нанокерамічні припрацювальні препарати Вальтера Вагнера [5] та ін. Зазначене свідчить, що окремими прикладами триботехнологій при підвищенні довговічності вузлів, систем і агрегатів не можливо розв'язати цілісну проблему підвищення експлуатаційної надійності [6]. Необхідна комплексна регламентація застосування заходів та технологій триботехніки на усіх етапах життєвого циклу ТМ, що визначають виготовлення вузлів, систем і агрегатів, закінченням експлуатаційної обкатки, проявом номінальних та граничних значень ресурсних параметрів [7]. Це вимагає включення в технічну експлуатацію ТМ через науково-технічну документацію додатково триботехнології: експлуатаційної обкатки; профілактичного зношування; ремонтно-відновлювану; обкаточно-профілактичну з додаванням відповідних трибопараметрів [8].

В процесі експлуатації профілактичні препарати швидко модифікують робочі поверхні деталей на певну глибину й формують полімерні, або вуглецеві алмазоподібні, аморфні вуглецеві або комплексні плівки з металами і вуглецеводневими сполуками та мінералами, або утворюють з металом галогеніди (фториди, хлориди, іодиди). Ремонтно-відновлювальні трибопрепарати, в експлуатації утворюють на поверхнях тертя деталей антифрикційні антизносні плівки тривалої дії [9]. Вони осаждаються з мастильного середовища завдяки прояву явищ фізичної і хімічної адсорбції, трибополімеризації, електричного осадження, активації іонно-обмінних процесів між спряженими поверхнями тертя і мастильним середовищем з препаратами, утворення полімерної плівки завдяки каталітичних процесів [10].

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є використання системно-спрямованого підходу для підвищення експлуатаційної надійності на визначених етапах життєвого циклу ТМ реалізацією триботехнологій припрацювання та відновлення.

**Виклад основного матеріалу.** Виходячи з теоретичних та експериментальних досліджень використання композиційної присадки на основі геомодифікатор КГМТ-1 [9] обґрунтовано, що ТМ протягом терміну свого існування експлуатується в різних умовах і режимах. Знаючи реальний термін заміни моторної оливи, управляти термінами технічного обслуговування (ТО) та визначати ймовірність знаходження машин у працездатному стані і необхідності проведення технічних дій. Особливо це є необхідним при використанні ТМ в умовах жорсткої нестационарної експлуатації [4].

Результати проведених досліджень дали можливість сформулювати ряд узагальнених рекомендацій, щоб продовжити довговічність систем і агрегатів ТМ:

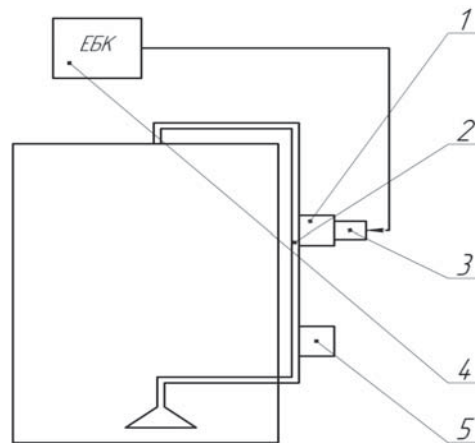
– при визначенні терміну використання моторної та трансмісійної оливи та ТО ТМ, слід враховувати умови і режими їх експлуатації;

– на етапі припрацювання, краще зробити обкатку дизелів ТМ, що працюють в нестационарних умовах і режимах, композиційною присадкою на основі геомодифікатора КГМТ-1;

– при модифікуванні оливи силових агрегатів ТМ композиційною присадкою на основі геомодифікатора КГМТ-1 можна виконувати її заміну з періодичністю 275...350 мото-год.:

– модифікування моторної і трансмісійної оливи запропонованою композиційною присадкою істотно зменшує концентрацію шкідливих хімічних елементів у продуктах зносу.

Запропоновано спосіб зменшення зносу трибоспрязень деталей силових агрегатів під час пуску, який полягає в наступному: у системі змащення додатково створюється тиск перед початком пуску двигуна. Схема цього способу наведена на рис.1.



1 – додатковий насос; 2 – система мащення; 3 – електропривод;  
4 – електронний блок керування (ЕБК); 5 – оливний насос

Рисунок 1 – Схема способу зменшення зносу спражень деталей силових агрегатів ТМ під час їх пуску (патент України №74656)

*Джерело: розроблено автором*

Спосіб реалізується наступним чином: додатковий насос (1) створює тиск в системі мащення (2) перед початком пуску двигуна. Додатковий насос (1) вмикається і керується електроприводом (3), на який подає команду ЕБК (4) і який вимикається після того, як починає працювати оливний насос (5) системи мащення. При цьому спраження деталей дизеля ТМ будуть завжди розділені плівкою оливи.

Зазначеним способом можливо зменшення зносу спражень деталей силових агрегатів ТМ завдяки додатковому насосу, який створює тиск в системі змащення перед початком пуску дизеля. Спосіб ефективно працює в режимі роботи "пуск-зупинка", завдяки якому знос спражень деталей значно зменшується. Експлуатація ТМ в режимі роботи "пуск-зупинка" дає можливість економити паливно-мастильні матеріали до 15% та збільшувати термін заміни моторної оливи.

В процесі стендових випробувань визначали зовнішню швидкісну характеристику двигунів серії ЯМЗ і SOMATSU ТМ. Дослідження проводили на стенді КИ-1363В кафедри "Експлуатації та ремонту машин" Центральноукраїнського національного технічного університету (рис. 2).



Рисунок 2 – Загальний вид обкаточно-гальмівного стану КИ-1363В

*Джерело: розроблено автором*

Обкаточно-гальмівний стенд має наступні технічні характеристики: діапазон тиску оливи – до 1,0 МПа; температура охолоджуючої рідини – 293...383 К; частота обертання колінчастого вала – 1000...3250 об/хв. і вимірювання здійснюється цифровим тахометром та контролюється цифровим індикатором; максимальний навантажувальний момент – до 1850 Н·м; та ін. Стенд дозволяє проводити припрацювання і випробування дизелів в режимах: в холодному, в гарячому без навантаження, в гарячому з навантаженням.

Стенові випробування на свіжій моторній оливі М-10Г<sub>2</sub>к здійснювали відповідно до режимів, наведених в технічних вимогах для дизелів ЯМЗ-240, а модифікованій присадками Roil Gold і КГМТ-1 – в режимах роботи кар'єрних автосамоскидів та ТМ у агропромисловому виробництві (АПВ).

Тривалість стенових випробувань становила 150 годин. В процесі випробувань задавали максимальну потужність дизеля, вимірювали частоту обертання колінчастого валу  $\omega_i$  та обчислювали такі характеристики як потужність, крутний момент і питому витрату палива за формулами:

– потужність  $N$ , кВт:

$$N(\omega_i) = N_{\max} \cdot \left( \frac{\omega_i}{\omega_{\max}} \right) \cdot \left[ a + b \cdot \left( \frac{\omega_i}{\omega_{\max}} \right) - \left( \frac{\omega_i}{\omega_{\max}} \right)^2 \right] \cdot 1000, \quad (1)$$

де  $\omega_i$  – швидкість обертання колінчастого вала, об/хв.;

$\omega_{\max}$  – максимальна швидкість обертання колінчастого вала, об/хв.;

$N_{\max}$  – максимальна потужність дизеля, кВт;  $a$ ,  $b$  – емпіричні коефіцієнти;

– крутний момент  $M_k$ , Н·м:

$$M_k(\omega_i) = 1000 \cdot \frac{N(\omega_i)}{\omega_i}, \quad (2)$$

де  $N(\omega_i)$  – функція зміни потужності дизеля;

– питома витрата палива  $g(\omega_i)$ , г/кВт·год, визначалась з формулою:

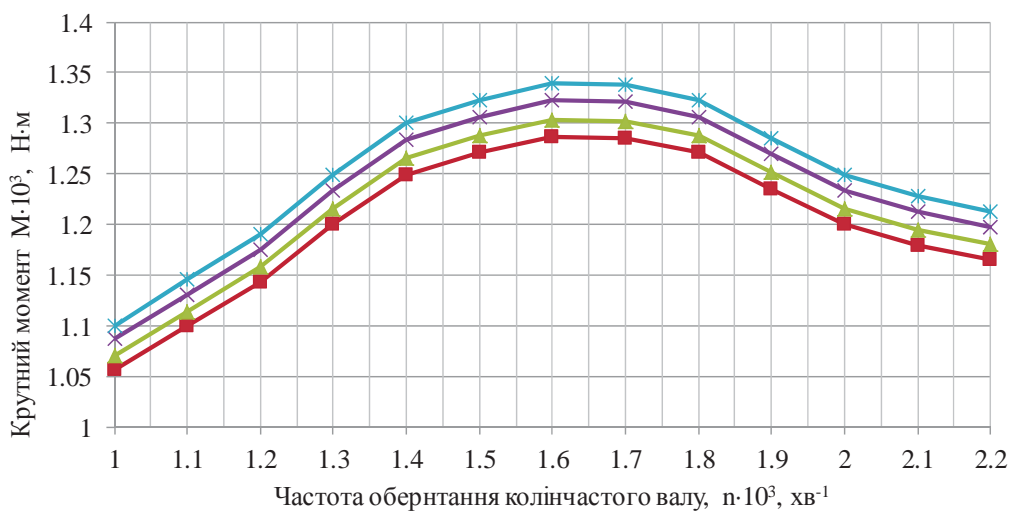
$$g(\omega_i) = g_n \cdot \left( a - b \cdot \left( \frac{\omega_i}{\omega_{\max}} \right) + c \cdot \left( \frac{\omega_i}{\omega_{\max}} \right)^2 \right), \quad (3)$$

де  $g_n$  – максимальна питома витрата палива, г/кВт·год;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – емпіричні коефіцієнти.

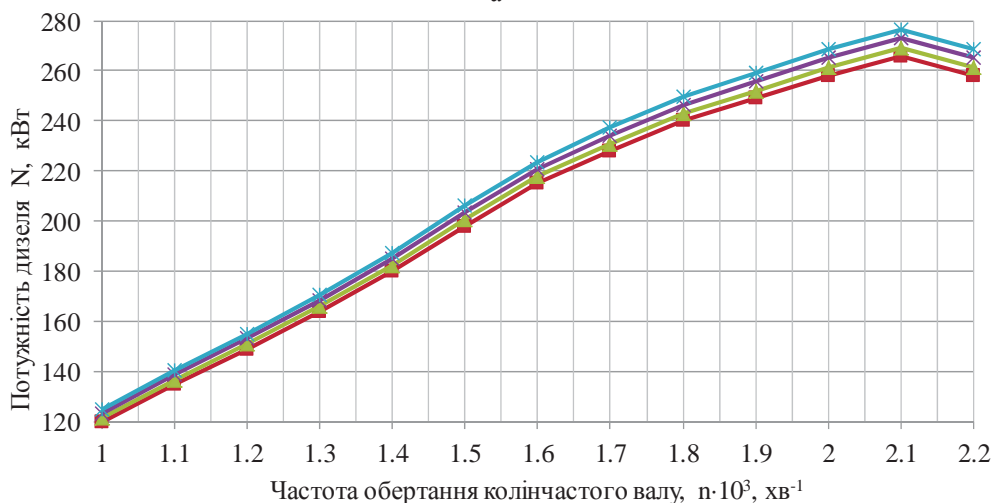
При стендових випробуваннях була використана вимірювальна апаратура: тахометри для вимірювання частоти обертання колінчатого валу (ГОСТ 13082-71); ваги для визначення витрат палива і оливи; манометри для вимірювання тиску у системі мащення, живлення і охолодження (ГОСТ 9933-81); психрометри для визначення вологості повітря (ГОСТ 6353-82); механічний секундомір для визначення тривалості прокручування колінчатого валу в момент пуску двигуна – тривалості витрат контрольних доз рідини і повітря (ГОСТ 5072-72).

При стендових випробуваннях параметри двигунів реєструвалися згідно ГОСТ 18509-88. Відбір проб проводили по ГОСТ 2517-85. Досліджували також фізико-хімічні показники та властивості робочих олив як модифікованих, так і немодифікованих присадками.

Залежності крутного моменту, потужності та питомої витрати палива від частоти обертання колінчастого валу силових агрегатів ТМ при роботі на свіжій та модифікованій присадками НИОД-5, Roil Gold і КГМТ-1 моторній оливі (рис.3).



а



б

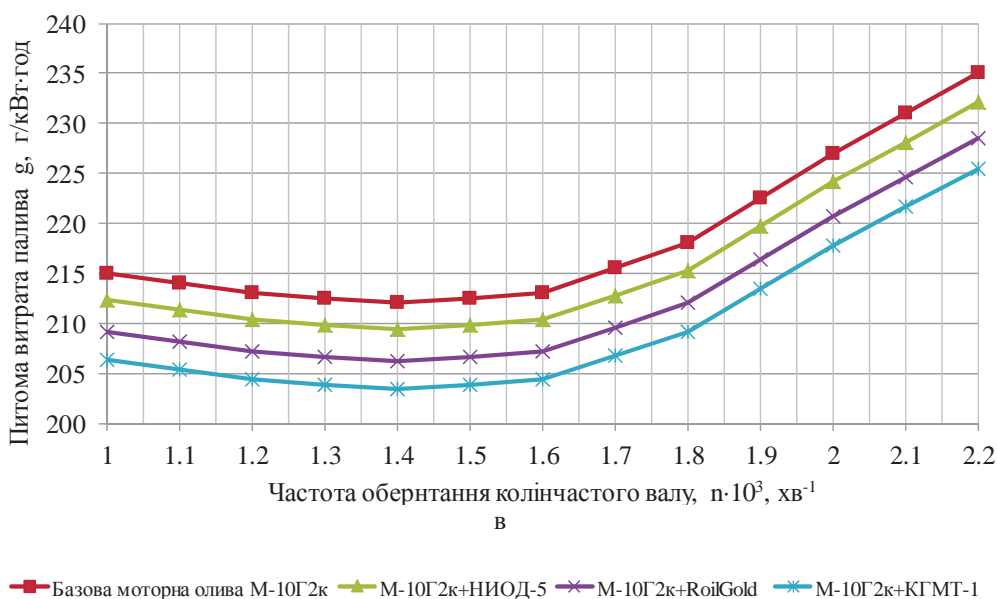


Рисунок 3 – Результат стендових випробувань ЯМЗ-240 ТМ АПВ зі свіжою моторною оливою М-10Г<sub>2</sub>к та оливою, модифікованою присадками НИОД-5, RoilGold і КГМТ-1: а – крутний момент; б – потужність; в – питома витрата палива

Джерело: розроблено автором

Виявлено, що додавання композиційної присадки в моторну оливу забезпечило стійке підвищення потужності дизеля в усьому діапазоні швидкісного режиму (частоти обертання колінчастого валу). Потужність дизеля при роботі на оливі М-10Г<sub>2</sub>к+НИОД-5 збільшилась на 1,1...1,3 %; на оливі М-10Г<sub>2</sub>к+RoilGold – на 2,5...2,9%; на оливі М-10Г<sub>2</sub>к + КГМТ-1 – на 3,9...4,2%. Збільшення крутного моменту для оливи М-10Г<sub>2</sub>к+НИОД-5 склало на 1,2...1,4 %; для оливи М-10Г<sub>2</sub>к+RoilGold – на 2,6...3,0%; для оливи М-10Г<sub>2</sub>к + КГМТ-1 – на 3,9...4,3%. Найбільший приріст крутного моменту отримано в режимі максимальної частоти обертання колінчастого валу дизеля.

Зменшення питомої витрати палива від додавання присадок у оливу склало: М-10Г<sub>2</sub>к+НИОД-5 – на 1,24...1,26 %; М-10Г<sub>2</sub>к+RoilGold – на 2,73...2,77%; М-10Г<sub>2</sub>к + КГМТ-1 – на 3,95...4,15%.

Аналіз отриманих даних показав, що підвищення потужності обумовлене зниженням витрат на подолання сили тертя та процесів припрацювання при пуску дизелів автомобілів, які працюють в нестационарних умовах експлуатації при додаванні присадок до моторної оливи. Зниження питомої та погодинної ефективної витрати палива, обумовлене підвищенням ефективної потужності при використанні присадки. Крім цього виявлено, що в процесі експлуатаційних випробуваннях достатньо досліджувати присадки Roil Gold і КГМТ-1, як найбільш ефективні.

Дані про експлуатаційні випробування дизелів кар'єрних самоскидів на Новопавлівському кар'єрі ПАТ "Кіровоградграніт" Кіровоградського району Кіровоградської області фіксували на початку і в кінці експлуатації (табл. 1).



Таблиця 1 – Експлуатаційні випробування транспортних машин

№	Господарство	Моторна олива	Початок експлуатації	Кінець експлуатації	Середня тривалість експлуатації, місяць
БелАЗ-75471					
1	ПАТ "Кіровоградграніт"	М-10Г <sub>2</sub> к	Травень 2012	Вересень 2015	3
2	ПАТ "Кіровоградграніт"	М-10Г <sub>2</sub> к + Roil Gold	Травень 2012	Вересень 2015	3
3	ПАТ "Кіровоградграніт"	Модифікована КГМТ-1	Травень 2012	Вересень 2015	3
Сomatsu HD 405-6					
4	ПАТ "Кіровоградграніт"	М-10Г <sub>2</sub> к	Травень 2015	Вересень 2017	3
5	ПАТ "Кіровоградграніт"	М-10Г <sub>2</sub> к + Roil Gold	Травень 2015	Вересень 2017	3
6	ПАТ "Кіровоградграніт"	Модифікована КГМТ-1	Травень 2015	Вересень 2017	3
ХТЗ-17021					
7	СТОВ "Хутірське"	М-10Г <sub>2</sub> к	Жовтень 2017	Жовтень 2019	3
8	СТОВ "Хутірське"	М-10Г <sub>2</sub> к + Roil Gold	Жовтень 2017	Жовтень 2019	3
9	СТОВ "Хутірське"	Модифікована КГМТ-1	Жовтень 2017	Жовтень 2019	3
ХТЗ-17021					
10	ТОВ "Агрофірма Колос"	М-10Г <sub>2</sub> к	Жовтень 2016	Листопад 2018	3
11	ТОВ "Агрофірма Колос"	М-10Г <sub>2</sub> к + Roil Gold	Жовтень 2016	Листопад 2018	3
12	ТОВ "Агрофірма Колос"	Модифікована КГМТ-1	Жовтень 2016	Листопад 2018	3

*Джерело: розроблено автором*

Крім цього було виділено два етапи експлуатаційних випробувань. На першому етапі двигуни працювали в звичайному режимі, а на другому – в умовах, коли в оливному системі додавали присадку Roil Gold та композиційну присадку на основі геомодифікатора КГМТ-1. На обох етапах спостереження здійснювали з періодичністю, рівною 25 мото-год.

Аналогічні дослідження проводили і на ТМ, що експлуатується в СТОВ "Хутірське" та ТОВ "Агрофірма Колос" Маловисківського району Кіровоградської області. Відбір проб моторної та трансмісійної оливок здійснювали з дизелів автомобілів БелАЗ-75800, Сomatsu HD 405-6 та тракторів ХТЗ-17021.

Досліджуваний парк машин на підприємствах було поділено на три частини: в яких досліджувалась свіжа олива, олива з присадкою Roil Gold та з композиційною присадкою КГМТ-1.

Під час експлуатаційних випробувань було визначено інтенсивність зміни параметрів концентрації заліза в оливі, швидкості надходження заліза в оливу, а також сукупність властивостей і показників якості моторної і трансмісійної оливок. У процесі досліджень проводили систематичні спостереження і фіксували показники, що характеризують зовнішні умови експлуатації. Інтервали між вимірами були кратні періодичності проведення ТО.

Періодичність проб оливи визначали за напрацювання (пробігом) ТМ:

$$\Delta L = L_{TO} \frac{k_1}{n}, \quad (4)$$

де  $L_{TO}$  – періодичність ТО;

$k_1$  – коефіцієнт коректування пробігу автосамоскида або ТМ у АПВ до ТО;

$n$  – кількість відборів проб оливи.

Підставивши в формулу (4)  $L_{TO} = 250$  мото-год.,  $k_1 = 1,2$ ,  $n = 12$  отримали, що періодичність відбору проб моторної оливи становить 25 мото-год. Кількість хімічних елементів визначали спектрографом МФС-7.

Число вимірів діагностичних параметрів коливалося від трьох до п'яти. Аналіз якості оливи проводили по бракувальним показникам [11]. В якості бракувальних показників оливи застосовували в'язкість  $\nu$ ; лужне число ЛЧ; кислотне число КЧ; температура спалаху ТС; коксівність; вміст води; диспергуючі властивості, діелектрична проникність та ін.

В процесі експлуатаційних випробувань проводили аналіз порівняння терміну заміни не модифікованих і модифікованих присадками "Roil Gold" та КГМТ-1 моторної та трансмісійної оливи з виявленням можливості збільшення терміну заміни спрацьованої моторної оливи композиційною присадкою на основі геомодифікатора КГМТ-1. Визначали динаміку зміни основних показників модифікованої оливи та її спектральний аналіз. За вмістом заліза в оливі оцінювали залишковий ресурс силових агрегатів ТМ.

Статистична обробка, отриманих при вимірюваннях показників, характер зміни з напрацюванням силових агрегатів ТМ, дала можливість представити їх у вигляді однофакторних математичних моделей [1,12] експоненціальної залежності:

$$P = P_0 \cdot \exp(b \cdot t), \quad (5)$$

де  $P, P_0$  – фізико-хімічні показники якості оливи;

$b$  – постійна, що характерна для кожного показника якості;

$t$  – напрацювання дизеля в мото-год. Постійні  $a$  і  $b$  моделей визначали, використовуючи статистичні дані показників на інтервалі напрацювання від  $t_1$  до  $t_2$ :

$$\begin{cases} P = P_0 \cdot \exp(b \cdot t_1); \\ P = P_0 \cdot \exp(b \cdot t_2). \end{cases} \quad (6)$$

Розв'язавши систему рівнянь (6) відносно  $b$ , отримували:

$$b = \frac{\ln(P_1 / P_2)}{t_2 - t_1}; \quad P_0 = \frac{P_1}{\exp b \cdot t_2}. \quad (7)$$

Математичні моделі представляли у вигляді регресійних рівнянь зміни кожного фізико-хімічного показника для базових та модифікованих присадками моторних і трансмісійних оливи з напрацюванням силових агрегатів ТМ. Кожному регресійному рівнянню дано графічну інтерпретацію. При цьому використані наступні позначення: фізико-хімічних показників:  $P_{TC}$  – температура спалаху;  $P_\Gamma$  – густина;  $P_{KЧ}$  – кислотне число;  $P_{ДЗ}$  – диспергируюча здатність;  $P_{КВ}$  – кінематична в'язкість.

Експлуатаційні випробування, проведені у ПАТ "Кіровоградграніт", СТОВ "Хутірське", ТОВ "Агрофірма Колос", показали покращення фізико-хімічних показників та властивостей моторної і трансмісійної оливи після модифікування присадкою КГМТ-1 й подовженням терміну їх використання. З досліджень визначено, що термін заміни моторної оливи можливо подовжувати на 25...40%, то відповідно можна визначити кількість ТО у зв'язку з подовженням ресурсу моторної і трансмісійної оливи і порівняти з номінальною кількістю ТО (табл.2). Експлуатаційні випробування визначили необхідність коректування термінів ТО ТМ, що працюють в



жорстких умовах експлуатації, для забезпечення необхідного рівня їх експлуатаційної надійності.

Представлена таблиця коректування свідчить, що за робочий сезон кількість ТО ТМ, пов'язаних із заміною моторної оливи зменшується на 4.

Таблиця 2 – Коректування термінів ТО ТМ термінів заміни моторної оливи

Робочі місяці	Дні в місяцях														ТО	ТО
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
Травень										ТО			ТО		1	1
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28		
						ТО						ТО			1	1
Червень	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
		ТО									ТО	ТО			2	1
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Липень										ТО				ТО	2	1
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23		
								ТО		ТО					1	1
Серпень	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6		
						ТО	ТО								1	1
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Вересень																
		ТО				ТО						ТО			2	1
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3		
Вересень																
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
				ТО	ТО									ТО	2	1
Вересень	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
			ТО								ТО				1	1
Сумарна кількість ТО														15	11	

\*  – Терміни ТО, що стосуються заміни свіжої базової та модифікованої на основі геомодифікатора КГМТ-1 моторної оливи.

Джерело: розроблено автором

Застосування присадок та способу зменшення зносу трибоспрямих деталей силових агрегатів ТМ під час їх пуску дають можливість подовжити термін заміни моторної оливи. Це передусім стосується ТМ, що працюють в нестационарних умовах відкритих кар'єрів і підприємств агропромислового виробництва Кіровоградської області. При цьому є сенс говорити про збільшення інтервалів ТО з метою раціональної організації проведення вчасних технічних дій для відповідних ТМ. Зазначене забезпечує належний рівень показників довговічності силових агрегатів, а також економічну доцільність запропонованих заходів.

### Висновки.

1. Запропоновано та реалізовано спосіб зменшення сил тертя в спряженнях деталей силових агрегатів на етапі пуску дизелів транспортних машин.

2. На етапі стендових випробувань досліджено залежність потужності, крутного моменту і питомої витрати палива від частоти обертання колінчатого валу силового агрегату. На цьому етапі було розглянуто ефективність впливу присадок НИОД-5, RoiGold і КГМТ-1 на властивості і показники моторної оливи. Виявлено, що в

експлуатаційних дослідженнях доцільно використовувати присадки RoilGold і КГМТ-1.

3. На етапі експлуатаційних випробувань на Новопавлівському кар'єрі ПАТ "Кіровоградграніт", СТОВ "Хутірське" та ТОВ "Агрофірма Колос" були досліджені властивості показники моторної та трансмісійної оливи автомобілів БелАЗ-75800, Comatsu HD 405-6 та тракторів ХТЗ-17021. Дослідженню підлягали як модифіковані, так і немодифіковані оливи. Модифікування здійснювали присадкою RoilGold та композиційною присадкою КГМТ-1 на основі геомодифікатора. Виявлено подовження строку функціонування досліджуваних оливи та експоненціальні залежності величин їх показників від напрацювання (пробігу).

4. Подовжено функціонування моторних і трансмісійних оливи та подовжений строк їх заміни дали можливості внести деякі коректування в систему технічного обслуговування та ремонту транспортних машин. Розроблено таблицю коректування технічного обслуговування транспортних машин та проведено оцінку економічної доцільності запропонованих заходів підвищення довговічності їх силових агрегатів.

## Список літератури

1. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В. Підвищення експлуатаційної надійності машин шляхом модифікування моторної оливи. *Вісник Харківського нац. техн. університету сільськ. господарства. Проблеми надійності машин та засобів механізації сільськогосподарського виробництва*. 2010. Вип. 100. С. 127-133.
2. Аулін В.В., Лисенко С.В., Кузик О.В., Гриньків А.В., Голуб Д.В. Трибофізичні основи підвищення надійності мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки технологіями триботехнічного відновлення: монографія. Кропивницький: Лисенко В. Ф., 2016. - 303 с.
3. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки: дис... д-ра техн. наук: 05.02.04 / Хмельницьк. нац. ун-т. Хмельницький, 2015. 360 с.
4. Аулін В.В., Замота Т.Н., Лисенко С.В. Повышение эксплуатационной износостойкости деталей маши их триботехническим восстановлением и управлением процессами приработки. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2016. Vol. 18. № 2. P.89-96.
5. Джус Р.Н. Реологические особенности автомобильных трибосистем при применении ревитализантов. *Автомобильный транспорт: Сб. науч. трудов*. 2004. Вып. 14. С. 52-55.
6. Aulin V.V., Lysenko S.V., Hrinkiv A.V., Slon V.V., Chernai A.E. Creation of theoretical bases of tribotechnologies of running-in and restoration as means of effective increase of operational wear resistance of motor transport and mobile agricultural machinery . *Problems of Tribology*, V. 26, No 1/99-2021, 51-58.
7. Аулін В.В., Слонь В.В., Лисенко С.В. Експрес-оцінка впливу моторних оливи і присадок до них на характеристики зносу робочих поверхонь деталей двигунів вантажних автомобілів. *Вісник інженерної академії України*. 2013. №2. С. 166-170.
8. Аулін В.В., Слонь В.В., Лисенко С.В. Характер зміни триботехнічних характеристик спряжень дизелів при їх роботі в різних режимах. *Проблеми трибології*. 2013. №3. С.89-96.
9. Аулін В.В., Лисенко С.В., Гриньків А.В., Слонь В.В. та ін. Вплив процесів, що відбуваються в рухомих спряженнях деталей транспортних машин під дією компонентів геомодифікатора, на ефективність триботехнологій припрацювання і відновлення. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2020. Вип. 3(34). С.250-265.
10. Aulin V., Slon V., Lysenko S., Golub D. Research of the change of power of diesel vehicles operating in non-stationary conditions. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2015. Vol.17. No.2. P. 103-108.
11. Наглюк И.С. Скорость поступления продуктов износа в моторное и трансмиссионное масло при эксплуатации транспортных машин. *Вісник СевНТУ*. 2011. Вип. 121. С. 114-117.
12. Аулін В.В. Фізичні основи процесів і станів самоорганізації в триботехнічних системах. Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2014. 369 с.

## References

1. Aulin, V.V., Lysenko, S.V. & Kuzyk, O.V. (2010). Pidvyshchennia ekspluatatsiinoi nadiinosti mashyn

- shliakhom modyfikuvannya motornoj olyvy [Improving the operational reliability of machines by modifying the engine oil]. *Visnyk Kharkivskoho nats. tekhn. universytetu silsk. hospodarstva. Problemy nadiinosti mashyn ta zasobiv mekhanizatsii silskohospodarskoho vyrobnytstva - Bulletin of the Kharkiv National tech. University of Rural Development farms. Problems of reliability of machines and means of mechanization of agricultural production, Issue. 100*, 127-133 [in Ukrainian].
2. Aulin, V.V., Lysenko, S.V., Kuzyk, O.V., Hrynkiv, A.V. & Holub, D.V. (2016). Trybofizychni osnovy pidvyshchennia nadiinosti mobilnoi silskohospodarskoi ta avtotransportnoi tekhniki tekhnolohiiamy trybotekhnichnoho vidnovlennia: monohrafiia [Tribophysical bases of increase of reliability of mobile agricultural and motor transport technics by technologies of tribotechnical restoration: monograph]. Kropyvnytskyi: Lysenko V. F. [in Ukrainian].
  3. Aulin, V.V. (2015). Trybofizychni osnovy pidvyshchennia znosostiikosti detalei ta robochykh orhaniv silskohospodarskoi tekhniki [Tribophysical bases of increase of wear resistance of details and working bodies of agricultural machinery]. *Candidate's thesis*. Khmelnyts. nats. un-t. Khmelnytskyi [in Ukrainian].
  4. Aulin, V.V., Zamota, T.N. & Lyisenko, S.V. (2016). Povyshenie ekspluatatsionnoy iznosostoykosti detaley mashi ih tribotekhnicheskim vstanovleniem i upravleniem protsessami prirabotki [Improving the operational wear resistance of machine parts by tribotechnical recovery and running-in process control]. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture - MOTROL. Commission of Motorization and Energy in Agriculture, Vol. 18, No 2*, P.89-96 [in Russian].
  5. Dzhus, R.N. (2004). Reologicheskie osobennosti avtomobilnyih tribosistem pri primenenii revitalizantov [Rheological features of automotive tribosystems when using revitalizants]. *Avtomobilnyi transport: Sb. nauch. trudov - Road transport: Sat. scientific works, Issue 14*, 52-55 [in Russian].
  6. Aulin, V.V., Lysenko, S.V., Hrynkiv, A.V., Slon, V.V. & Chernai, A.E. (2021). Creation of theoretical bases of tribotechnologies of running-in and restoration as means of effective increase of operational wear resistance of motor transport and mobile agricultural machinery. *Problems of Tribology, Vol. 26, No 1/99-2021*, 51-58 [in English].
  7. Aulin, V.V., Slon, V.V. & Lysenko, S.V. (2013). Express assessment of the impact of engine oils and additives before them on the characteristics of the wear of working surface parts of engines of vintage cars [Express assessment of the impact of engine oils and additives before them on the characteristics of the wear of working surface parts of engines of vintage cars]. *Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine - Bulletin of the Engineering Academy of Ukraine, No. 2* pp. 166-170 [in Ukrainian].
  8. Aulin, V.V., Slon, V.V. & Lysenko, S.V. (2013). The nature of the change in tribotechnical characteristics of diesel conjugation during their work in different modes [The nature of the change in tribotechnical characteristics of diesel conjugation during their work in different modes]. *Problems of tribology, 3*. pp.89-96 [in Ukrainian].
  9. Aulin, V.V., Lysenko, S.V., Hrynkiv, A.V., Slon, V.V. et al. (2020). Vplyv protsesiv, shcho vidbuvaiutsia v rukhomykh spriazhenniakh detalei transportnykh mashyn pid diieiu komponentiv heomodyfikatora, na efektyvnist trybotekhnolohii prypratsiuvannia i vidnovlennia [Influx of processes, which are used in ruhomy harnesses of parts of transport machines under the geomodifier components, on the effectiveness of tribotechnologies, application and innovation]. *Tsentrlnoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky - Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical sciences, Issue. 3(34)*, 250-265 [in Ukrainian].
  10. Aulin, V., Slon, V., Lysenko, S. & Golub, D. (2015). Research of the change of power of diesel vehicles operating in non-stationary conditions. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, Vol.17, 2*, P. 103-108 [in English].
  11. Naglyuk, I.S. (2011). Skorost postupleniya produktov iznosa v motornoe i transmissionnoe maslo pri ekspluatatsii transportnykh mashin [The rate of entry of wear products into engine and transmission oil during the operation of transport vehicles]. *Visnyk SevNTU - Visnyk SevNTU. Issue 121*, 114-117 [in Russian].
  12. Aulin, V.V. (2014). Fizychni osnovy protsesiv i staniv samoorhanizatsii v trybotekhnichnykh systemakh. [Physical bases of processes and states of self-organization in tribotechnical systems]. Kirovohrad: Lysenko V.F. [in Ukrainian].

**Serhii Lysenko**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

*Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

### **System-oriented Approach to Improving the Operational Reliability of Transport Vehicles at the Stages of Their Life Cycle**

The paper, based on a system-oriented approach, identifies how to increase the level of their operational reliability at the stages of the life cycle of transport machines operating in open pits and in the conditions of agro-industrial production. At the start-up stage of power units, a method of reducing the wear of parts is

proposed. The scheme of realization of a way is developed. It is determined that it is effective to use this method when operating vehicles in harsh non-stationary conditions and "start-stop" modes. It is experimentally proven that the proposed method allows to save up to 15% of consumables and increase the life of the engine oil.

The study of the effectiveness of the use of additives NIOD-5, RoilGold and the proposed additive KGMT-1 to motor oil was carried out at the stage of bench tests of power units of transport vehicles. It has been determined that the addition of a composite additive to the engine oil provides a steady increase in power, torque and reduction of specific fuel consumption. RoilGold and KGMT-1 additives work especially effectively.

At the stage of operation of transport vehicles in open quarries and conditions of agro-industrial production, research proved the extension of the use of motor and transmission oil by 25 ... 40%, revealed a decrease in maintenance and the need to adjust the maintenance of vehicles. Based on the results of operational studies, a corrective table of terms of replacement of motor oil of transport vehicles operating in harsh non-stationary conditions is constructed. It is found out how to ensure the proper level of operational reliability of transport vehicles.

**operational reliability, transport machine, system-oriented approach, power unit, motor oil, transmission oil, non-stationary conditions, replacement period, composite additive**

*Одержано (Received) 10.02.2022*

*Прорецензовано (Reviewed) 18.02.2022*

*Прийнято до друку (Approved) 31.03.2022*

УДК 629.1.04

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5\(36\).1.289-298](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2022.5(36).1.289-298)

**О.Л. Просяк, асп.**

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

## Системи управління тиском повітря в шинах транспортних засобів: їх конструктивні та функціональні особливості

У статті проведений аналіз систем управління тиском в шинах транспортних засобів, що захищені патентами, виробляються провідними виробниками цих систем, мають унікальні конструктивні особливості. Проведений аналіз дозволяє визнати перспективність створення систем, орієнтованих на використання цифрових технологій, які забезпечують автоматичний моніторинг і регулювання тиску, автоматичне виявлення пошкоджених шин, можливість віддаленого доступу до системи. Виявлені конструктивні особливості дозволили визначити напрямки вдосконалення системи керування тиском в шинах автомобіля.

**шина, колесо, тиск, керування, система, патент**

**Постановка проблеми.** Розробка і вдосконалення систем контролю тиску в шинах має важливе значення, тому що рекомендований розробником тиск в шинах відіграє визначальну роль при формуванні зони контакту з дорожнім покриттям. При наявності систем контролю тиску в шинах непередбачені аварійні ситуації можуть бути зведені до мінімуму, при цьому збільшиться строк служби шин, паливна економічність автомобіля, а також параметри його експлуатації. У той же час наявність великої кількості патентів та конструкцій таких систем потребує їх певної систематизації, вивчення проблеми встановлення цих систем на вітчизняні автомобілі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** До проблем, які стосуються управління тиском в шинах автомобілів в останні роки зверталися О.Д. Бойко [1], Л.С. Козачук, В.В. Стельмашук, В.П. Онищук, І.С. Козачук, Р. Іскандарян та ін.

© О. Л. Просяк, 2022