

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

УДК 62.04: 62.91: 62.92: 620.179:534.6: 629.4.082.053

МАТЕРІАЛИ ЗМАЩУВАЛЬНІ РІДКІ І ПЛАСТИЧНІ. МЕТОД ЕКСПРЕС ВІДБОРУ

А.С. Беліков¹, О.Г. Кравченко², О.Б. Завалій³, М.В. Лихарев³, З.М. Мацук³, В.В. Протів⁴,
В.У. Григоренко⁴, В.А. Козечко⁴

¹ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», Дніпро, Україна
bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

²СП «Локомотивне депо Нижньодніпровськ Вузол» Регіональна філія «Придніпровська залізниця»
АТ «Укрзалізниця. Дніпро, Україна, kravchenkoaleksandr513@gmail.com

³ТОВ "МОДІФІК", Дніпро, Україна, modific@ukr.net, matsuk.z.n@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6114-9536.

⁴НТУ «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна; protsiv@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2269-4993,

⁵НТУ «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна; gvu135gvu@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-1809-2842,

⁶НТУ «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна; kozzechkova@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2837-187X

LUBRICANT LUBRICANTS AND PLASTIC MATERIALS. EXPRESS SELECTION METHOD

A. Byelikov¹, O. Kravchenko², O. Zavaliy³, M. Lykharev³, Z. Matsuk³, V. Protsiv⁴,
V. Hryhorenko⁴, V. Kozechko⁴

¹Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro, Ukraine
bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

²JV "Locomotive depot Nizhnedneprovsk Knot" Regional Branch "Dnieper Railway" JSC "Ukrzaliznytsia",
Dnipro, Ukraine, kravchenkoaleksandr513@gmail.com

³LLC "MODIFIK", Dnipro, Ukraine, modific@ukr.net, matsuk.z.n@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6114-9536.

⁴Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, protsiv@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2269-4993,

⁵Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, gvu135gvu@i.ua, ORCID ID: 0000-0002-1809-2842,

⁶Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, kozzechkova@ukr.net, ORCID ID: 0000-0002-2837-187X

Мета. Обґрунтування необхідності переходу промислових підприємств України до енергосусефективного підходу у питаннях відбору змащувальних матеріалів за критерієм «Ціна за змащувальний матеріал з відповідними фізико-хімічними властивостями» на прикладі відбору змащувального матеріалу для пари тертя «гребень (реборда) колеса (бандажу колеса) – рейка» залізничного та рейкового транспорту. Розробка методу експрес відбору змащувальних матеріалів та основних засад порядку допуску їх до застосування на виробництві.

Методика дослідження. Експеримент, спостереження, вимірювання, обробка експериментальних даних, статистичний та порівняльний аналіз.

Результати дослідження. Обґрунтована необхідність відбору змащувальних матеріалів на етапі прийняття рішення про їх застосування за критерієм «Ціна за змащувальний матеріал з відповідними фізико-хімічними властивостями». Розроблена експрес методики відбору.

Наукова новизна. До геотрибоенергетики введено нове поняття – «здатність змащувального матеріалу підвищувати опір поверхонь тертя до переходу в катастрофічні режими зношування» та супутній показник – «показник деградації здатності змащувального матеріалу підвищувати опір поверхонь тертя до переходу в катастрофічні режими зношування». Необхідно якомога швидше переходити до енергосусефективного підходу у питаннях відбору усіх (рідких/пластичних) змащувальних матеріалів за критерієм «Ціна за змащувальний матеріал з відповідними фізико-хімічними властивостями». Разом з цим необхідно адаптувати бортові системи лубрикації локомотивів під змащувальні матеріали з найкращими фізико-хімічними та трибологічними властивостями, а не навпаки, та звернутись до виробників систем лубрикації з проханням вказувати в настановах з монтажу та експлуатації систем не марку рекомендованого до

застосування змащувальних матеріалів, а межі фізико-хімічних показників таких змащувальних матеріалів, які їх системи здатні наносити на відповідні поверхні тертя.

Практичне значення результатів роботи. Промисловим підприємствам України запропоновано здійснити перехід до енергосресурсоефективного підходу у питаннях відбору змащувальних матеріалів, зроблено та впроваджено метод експрес відбору змащувальних матеріалів.

Ключові слова: змащувальний матеріал, енергосресурсоефективність, відбір, метод, властивості.

Вступ. Робота сучасних машин і механізмів характеризується надвеликим терміном служби, важкими умовами експлуатації та «задовільним» рівнем фінансування регламентних і ремонтних робіт. Майже всі відповідальні деталі машин відчувають взаємні переміщення, а отже тертя і пов'язані з ним явища – хімічні, гальванічні і структурні перетворення, механічний і термічний впливи, знос та контактну втому. Процеси, які супроводжують тертя, змінюють властивості деталей і вузлів, визначають їх міцність, надійність і довговічність. Через зношування вузлів трибосполучень відбувається від 80 % до 90 % відмов машин і механізмів [1, 2].

Збільшення терміну служби основних машин, механізмів і устаткування, зниження їх металоємності, скорочення чисельності робітників, зайнятих ремонтом, підвищення продуктивності та безпеки техніки залежить в значній мірі від рішення трибологічних проблем, що включають завдання оптимізації тертя, зносу, змащувальних матеріалів (далі – ЗМ) [3].

У світовій практиці ЗМ (рідкі/пластичні) класифікуються за показниками в'язкості, пенетрації, за рекомендованим температурним діапазоном застосування, за видами палива агрегатів, за типом основи, за природою походження загусника, за областю застосування (на групи за призначенням), навіть за модельним роком випуску агрегату (США). За реальними трибологічними показниками (властивостями) – такими, як наприклад, протизношувальні властивості, ЗМ у світі не класифікуються. Під час вибору ЗМ власник агрегату користується настановами заводу-виробника, де зазначені рекомендовані до застосування ЗМ у аббревіатурі однієї з відомих класифікацій/стандартів (SAE, API, ACEA, NLGI, ILSAC тощо). У разі, якщо агрегати випущені до введення в дію тих чи інших загальноприйнятих класифікацій/стандартів, їх власники користуються перекладними таблицями відповідності, розробленими заводами-виробниками ЗМ, довідниками тощо.

Сучасні умови характеризуються особливою насиченістю ринку ЗМ контрафактною продукцією та/або ЗМ, які не задовольняють сучасним вимогам. Або навпаки, трапляється так, що ЗМ постачальника оригінальний і нібито стандартизований, але склад унікального пакету його присадок і, як наслідок, вплив на конструкційні матеріали конкретного вузла тертя, визначити неможливо. Разом з цим існують випадки, коли заводи-виробники елементів вузлів тертя взагалі не рекомендують які ЗМ застосовувати, прикладом є надвідповідальна пара тертя «гребень (реборда) колеса (бандажу колеса) – рейка». Що робити в усіх цих умовах!?

В таких умовах очевидно, що підприємствам з високим ступенем механізації необхідно переходити до енергосресурсоефективного підходу у питаннях відбору змащувальних матеріалів та впроваджувати методи експрес відбору ЗМ на етапі прийняття рішення про їх застосування.

Постановка задачі. Основним завданням сьогодення є розробка простого та доступного для застосування персоналом відділів забезпечення виробництва промислових підприємств, порядку допуску до застосування на виробництві ЗМ різного призначення та експрес методу відбору ЗМ.

Мега роботи. Обґрунтування необхідності переходу промислових підприємств України до енергосресурсоефективного підходу у питаннях відбору змащувальних матеріалів за критерієм «Ціна за змащувальний матеріал з відповідними фізико-хімічними властивостями» на прикладі відбору змащувального матеріалу для пари тертя «гребень (реборда) колеса (бандажу колеса) – рейка» залізничного та рейкового транспорту. Розробка методу експрес відбору змащувальних матеріалів та основних засад порядку допуску їх до застосування на виробництві.

Методи. Експеримент, спостереження, вимірювання, обробка експериментальних даних, статистичний та порівняльний аналіз.

Матеріали дослідження. Починаючи з 18.04.2019 до 27.01.2020, за ініціативою ТОВ «МОДІФІК» та АТ «Укрзалізниця» під науковим керівництвом д-ра техн. наук В.В. Проціва (НТУ «ДП») та д-ра техн. наук А.С. Белікова (ДВНЗ «ПДАБА») було проведено стендові та експлуатаційні випробування наповнювачів твердозмащувальних ТУ 20.5-001-42277844-2019 (далі – НТ ТУ 20.5-001-42277844-2019), виробництва ТОВ «МОДІФІК» в якості антифрикційних наповнювачів для спеціальних ЗМ (Рельсол-М ТУ У 00152365.089:2001, ТУ У 23.2 30802090-055:2006), призначених для лубрикації контактних поверхонь тертя пари «гребень колеса (бандажу колеса) – рейка» тягового рухомого складу залізничних господарств.

За підсумком стендових випробувань [4, 5] було встановлено, що модифікований НТ ТУ 20.5-001-42277844-2019 ЗМ Рельсол-М ТУ У 23.2 30802090-055:2006 випереджає за своїми протизношувальними властивостями базовий не модифікований ЗМ на 341 %.

Згодом, за підсумком експлуатаційних випробувань було встановлено, що регенований, гомогенізований та модифікований НТ ТУ 20.5-001-42277844-2019 ЗМ Рельсол-М ТУ У 00152365.089:2001 (партія № 4, дата виготовлення 23.06.2005), навіть з вичерпаним терміном придатності, зберігає та демонструє

«ефект переносу» на всіх колесах локомотиву ВЛ ВЛ11м/6 № 496 (АТ «Укрзалізниця») та уповільнює інтенсивність зношування гребнів бандажів коліс, відповідно [6]:

- гребені бандажів, які не обточувались протягом випробування – у 3,57 рази;
- гребені бандажів, які обточувались протягом випробування – у 4,25 рази;
- усереднено по усіх колесах локомотиву – у 2,94 рази.

Під час спостереження та в ході аналізу матеріалів випробувань [5, 6] було встановлено, що їх результати корелюються з точністю, достатньою для того, щоб прийняти методику стендових випробувань [5] другою базовою методикою для відбору ЗМ після методики ГОСТ 9490 [7] за відносною простотою та за ступенем відтворюваності результатів.

Згодом, в ході виконання науково-дослідної роботи на замовлення АТ «Укрзалізниця» за темою: «Послуги з дослідження змащувальних матеріалів і сучасних систем лубрикації колісних пар локомотивів та їх застосування з метою зменшення зносу гребнів бандажів колісних пар, розробка рекомендацій», науковцями НТУ «Дніпровська політехніка» було доопрацьовано програму-методику стендових випробувань ЗМ [5] та розроблено експрес метод відбору ЗМ, який отримав назву: «Матеріали змащувальні рідкі і пластичні. Метод експрес відбору», (надалі – методика).

У спрощеному вигляді методика містить наступні етапи:

- 1) Порівняння фізико-хімічних показників ЗМ, заявлених заводом-виробником, з урахуванням реальних умов експлуатації пари тертя.
- 2) Відбір ЗМ з найкращими фізико-хімічними показниками за вхідними даними (не менше двох ЗМ).
- 3) Визначення показника зносу для ЗМ (D_3) при постійному навантаженні P_1 в 196 Н та обробка результатів випробувань аналогічно за ГОСТ 9490 [7] (зі змінами) за допомогою чотирьохкулькової машини тертя (рисунок 1);
- 4) Визначення показника зносу для ЗМ (D_3) при постійному навантаженні P_2 в 392 Н та обробка результатів випробувань аналогічно за ГОСТ 9490 [7] (зі змінами) за допомогою чотирьохкулькової машини тертя (рисунок 1);

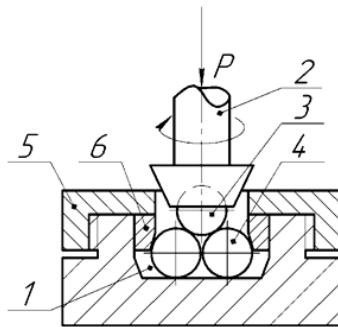


Рисунок 1 – Схеми випробувань на машині тертя ЧКМ:

1 – мастильний матеріал; 2 – цанга; 3 – верхня кулька; 4 – нижні кульки; 5 – гайка; 6 – притискна шайба

- 5) Визначення показника здатності ЗМ підвищувати опір поверхонь тертя до переходу в катастрофічні режими зношування, з урахуванням подвійного підвищення навантаження:

$$\frac{D_{32}}{D_{31}} = x,$$

де D_{31} – показник зносу ЗМ (D_3) при постійному навантаженні в 196 Н, мм; D_{32} – показник зносу ЗМ (D_3) при постійному навантаженні в 392 Н, мм.

Здатність ЗМ підвищувати опір поверхонь тертя до переходу в катастрофічні режими зношування – це здатність ЗМ підвищувати опір поверхонь тертя процесам руйнування і відділення матеріалу з поверхні твердого тіла та (або) накопиченню залишкової деформації тіла під час тертя, яка поступово змінює його розміри та (або) форму, що ведуть до руйнування елементів трибосистеми або істотно скорочують термін її служби.

Показник (x) має наближуватися до одиниці.

- 6) визначення показника деградації здатності ЗМ підвищувати опір поверхонь тертя до переходу в катастрофічні режими зношування (U_3), з урахуванням подвійного підвищення навантаження:

$$U_3 = \left(\frac{D_{32}}{D_{31}} - 1 \right) \times 100 \%,$$

де U_3 – показник деградації, %; D_{31} – показник зносу ЗМ (D_3) при постійному навантаженні в 196 Н, мм; D_{32} – показник зносу ЗМ (D_3) при постійному навантаженні в 392 Н, мм.

Показник деградації здатності ЗМ підвищувати опір поверхонь тертя до переходу в катастрофічні режими зношування (U_3) – це показник погіршення здатності ЗМ підвищувати опір поверхонь тертя до переходу в катастрофічні режими зношування (%).

Найкращим доцільно вважати ЗМ, при використанні якого показник деградації здатності ЗМ підвищувати опір поверхонь тертя до переходу в катастрофічні режими зношування (U_3) у відсотковому виразі має найменше значення.

У подібний спосіб, без відмінностей, доцільно проводити випробування ЗМ, в тому числі, для стаціонарних та пересувних рейкозмашувачів.

7) Визначення показника здатності ЗМ підвищувати опір поверхонь тертя до переходу в катастрофічні режими зношування через показник втрати маси рухомого зразку, з урахуванням подвійного підвищення навантаження, за схемою випробування зображено на рисунку 2.

Випробування проводяться на машині тертя СМЦ-2, застосовується схема контакту досліджуваних зразків «ролик – колодка» (рисунк 2), яка імітує умови роботи кінематичної пари, що максимально наближено (з доступних машин тертя, які випускаються серійно) відповідає роботі пари тертя «гребень бандажу колеса – рейка».

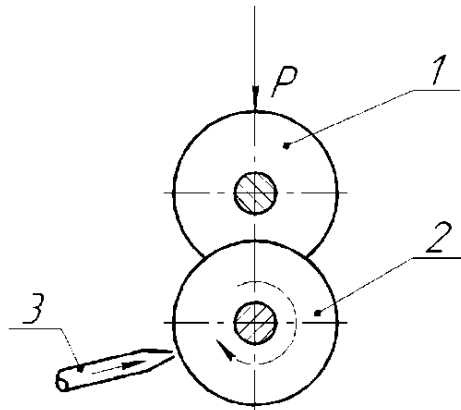


Рисунок 2 – Схема випробувань на машині тертя СМЦ-2:
1 – колодка; 2 – ролик; 3 – впрорскування мастильного матеріалу

Обидві деталі пари тертя (колодка 1 і ролик 2, що на рис. 2) виготовляються із конструкційної сталі і піддаються обробці до твердості, яка орієнтовно відповідає поверхням гребенів коліс рухомого складу та бокових граней головок рейок (твердість колодки від НВ360 до НВ370; твердість ролика – від НВ280 до НВ300). До того ж, колодка виконана максимально наближеною до розмірів ролика, що додатково моделює умови роботи пари тертя «гребень бандажу колеса – рейка» (зв'язок речовина-енергія).

На контрольних зразках за допомогою контрольних вагів (з точністю до 0,0001 г) у присутності базового ЗМ (наприклад «Солідол-Ж») визначають нижню межу навантаження (P_1), за якої починаються процеси зношування, котрі характеризуються стійкою втратою маси рухомого зразку (ролика). Разом з цим, визначають стабільну швидкість обертання контрольних зразків. Так, обирають стійкий режим тертя без заїдань, скрипів та надмірних вібрацій.

В процесі випробувань у другому циклі навантаження (P_1) подвоюють (P_2) в межах експлуатаційної можливості СМЦ-2 без переобладнання.

Під час визначення (P_1) базовий ЗМ подається до зони тертя циклічно 2 рази/хв у кількості (по масі), яка дорівнює кількості ЗМ, котрий впрорскується на гребень реборди колеса за одне включення бортової системи лубрикації локомотиву (надалі-БСЛ), для якої відбирається ЗМ. Так само протягом випробувань подається ЗМ, що підлягає випробуванню.

Під час визначення (P_1) та протягом випробувань контролюється температура контактної зони пари тертя у зоні виходу контактних зразків із контакту за допомогою безконтактного вимірювача температури. Навантаження (P_1) вважається обраним, якщо процеси активного зношування контрольного рухомого

зразку (ролик) починаються за температури вузла тертя, що не є вищою за температуру краплевипадіння ЗМ, який підлягає випробуванню.

Для створення можливості оцінки здатності ЗМ підвищувати опір поверхонь тертя зразків до переходу в катастрофічні режими зношування, випробування проводяться циклічно в двох режимах навантажень у три цикли ($P_1 \rightarrow P_2 \rightarrow P_1$) із загальною тривалістю одного циклу випробувань у кожному режимі не менше, ніж одна година, як це видно з таблиці 1. В кожному режимі навантажень для кожного ЗМ випробування повторюються по три рази, при цьому кожного разу на нових зразках. Контрольне зважування ретельно очищених від ЗМ та продуктів зносу лабораторних зразків виконується щогодини.

Таблиця 1

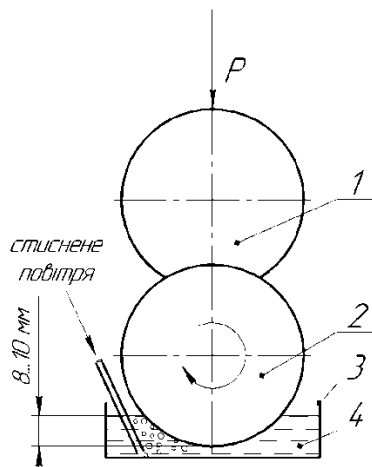
Режими зміни навантажень	
Навантаження, Н	Час випробувань, хв
P_1	60
P_2	60
P_1	60
Загалом	180 (3 год)

Найкращим доцільно вважати ЗМ, при використанні якого показник деградації здатності ЗМ підвищувати опір поверхонь тертя до переходу в катастрофічні режими зношування у відсотковому виразі має найменше значення. У подібний спосіб доцільно проводити випробування ЗМ, в тому числі для стаціонарних та пересувних рейкозмашувачів, за однієї відмінності, що за контрольну величину беруть втрату маси нерухомого зразку (колодки).

Перевага серед подібних віддається ЗМ, під час випробування якого на чотирьохкульковій машині тертя (протягом години, при навантаженнях в 196 Н і 392 Н) на поверхні тертя виявляється наявність сервовітної плівки, яка перетікає по поверхні тертя в напрямку ковзання.

Властивості рідких ЗМ на чотирьохкульковій машині тертя досліджуються у подібний спосіб без відмінностей за схемою, наведеною на рисунку 1.

Властивості рідких ЗМ на машині тертя СМЦ-2 досліджуються за схемою, наведеною на рисунку 3.



**Рисунок 3 – Схема дослідження рідких ЗМ на машині тертя СМЦ-2:
1 – колодка; 2 – ролик; 3 – кювета; 4 – мастильний матеріал**

Щодо обґрунтування необхідності переходу промислових підприємств України до енергосусефективного підходу у питаннях відбору змащувальних матеріалів за критерієм «Ціна за змащувальний матеріал з відповідними фізико-хімічними властивостями» на прикладі відбору змащувального матеріалу для пари тертя «ребень (реборда) колеса (бандажу колеса) – рейка» залізничного та рейкового транспорту. Відомо, що існують випадки, коли заводи-виробники елементів вузлів тертя взагалі не рекомендують які саме ЗМ застосовувати, прикладом цього є надвідповідальна пара тертя «ребень (реборда) колеса (бандажу колеса) – рейка».

В цьому випадку власники тягового рухомого складу – залізничні господарства вимушені обирати ЗМ, які рекомендовані виробниками бортових систем лубрикації (надалі – БСЛ), якими обладнані (планується обладнати) локомотиви, що призводить до застосування в якості ЗМ для лубрикації контактних поверхонь пари «колесо-рейка» в одному випадку «осьової оливи марки Л» [8] та індустріальної оливи

марки I-40 [9], які навіть за призначенням, а не то що за трибологічними властивостями, не відповідають умовам експлуатації та особливостям зазначеної пари тертя.

В іншому випадку виробники БСЛ рекомендують ЗМ Рельсол-М та Рельсол-ГС, які за своїми трибологічними властивостями поступаються сучасним аналогам, схильні до загусання в патрубках та форсунках БСЛ за низьких температур навколишнього середовища та мають нестабільні фізико-хімічні показники.

Не складно зрозуміти, що це все призводить до марних капіталовкладень, непродуктивного використання робочого часу залізничного персоналу, не призводить до отримання бажаного енергосусурсоефективного результату від впровадження технології лубрикації контактних поверхонь пари «колесо-рейка» та значно знижує рівень виробничої безпеки рухомого складу. Закордонні зразки ЗМ для зазначеної пари тертя також не класифікуються за трибологічними властивостями та, зазвичай, ідуть в «комплекті» із системами змащення, тобто також рекомендуються виробниками БСЛ. Вартість закордонних систем лубрикації щонайменше вдвічі перевищує вартість вітчизняних аналогів. Ціна закордонних (не найкращих) ЗМ із задовільними трибологічними властивостями доходить до 15 Євро за 1 кг.

Як розібратися у цьому всьому «різноманітті»? В таких умовах, звісно, підприємствам залізничного транспорту та іншим промисловим підприємствам з високим ступенем механізації необхідно якомога швидше переходити до енергосусурсоефективного підходу у питаннях відбору усіх (рідких/пластичних) змащувальних матеріалів за критерієм «Ціна за змащувальний матеріал з відповідними фізико-хімічними властивостями». Разом з цим необхідно адаптувати бортові системи лубрикації локомотивів під ЗМ з найкращими фізико-хімічними та трибологічними властивостями, а не навпаки, та звернутись до виробників систем лубрикації з проханням вказувати в настановах з монтажу та експлуатації систем не марку рекомендованого до застосування ЗМ, а межі фізико-хімічних показників таких ЗМ, які їх системи здатні наносити на відповідні поверхні тертя. У випадку із ЗМ, які рекомендує завод-виробник агрегатів, наприклад, для трансмісійних оливи, слід також дотримуватись зазначеного критерію та обов'язково під час прийняття рішення щодо застосування ЗМ використовувати енергосусурсоефективні підходи та досліджувати основні властивості ЗМ за допомогою експрес методів.

Слід визнати, що змащування гребенів коліс локомотивів підібраним ЗМ [5] значно зменшує знос гребенів. На рисунку 4 наведені результати експериментальних випробувань регенованого гомогенізованого та модифікованого за допомогою наповнювача твердозмащувального (НТ ТУ.У 20.5-42277844-001:2019) виробництва ТОВ «МОДІФІК» мастила «Рельсол-М» виробництва ВАТ «Азмол» (ТУ У 00152365.089:2001, партія № 4, дата виготовлення 23.06.2005) на електровозі ВЛ11/6 в умовах Придніпровської залізниці.



Рисунок 4 – Середній знос по внутрішнім колесам №№ 5 і 6 електровоза ВЛ11/6 (лівим і правим – всього по 4 колесам), що не переточувалися за увесь період випробувань

У спрощеному вигляді порядок допуску ЗМ до застосування передбачає наступні етапи:

- моніторинг ЗМ, відбір проб ЗМ, проведення лабораторних експрес випробувань на предмет підтвердження відповідності основних властивостей ЗМ встановленим показникам, експлуатаційні випробування ЗМ на об'єкті використання;

– прийняття уповноваженим органом підприємства рішення щодо допуску змащувального матеріалу до застосування на об'єкті використання.

Основні засади порядку допуску ЗМ до застосування на виробництві наступні:

– недопущення до застосування ЗМ з невизначеними фізико-хімічними та трибологічними властивостями;

– допуск до відбору щонайменше двох ЗМ;

– лабораторним випробуванням завжди передуватиме відбір ЗМ за вхідними даними заводу-виробника;

– експлуатаційні випробування ЗМ на об'єкті використання обов'язкові лише за умов відсутності рекомендацій заводу-виробника щодо застосування ЗМ відповідної класифікаційної групи.

Висновки. Обґрунтована необхідність переходу промислових підприємств України до енергосресурсоефективного підходу у питаннях відбору змащувальних матеріалів за критерієм «Ціна за змащувальний матеріал з відповідними фізико-хімічними властивостями». Розроблено метод експрес відбору змащувальних матеріалів та основних засад порядку допуску їх до застосування у виробництві.

Перелік посилань

- 1 Гаркунов Д.Н. (2001) *Триботехніка: Учебник 4-е изд.* – М. : «Издательство МСХА», – 616 с.
- 2 Марков Д.П. (2007) *Трибологія і її застосування на залізничному транспорті.* Труды ВНИИЖ.Т – М. : «Интекст», – 408 с.
- 3 Дідик Р.П. (2003). *Дослідження механізму дії геомодифікаторів та розробка геотрибології з метою підвищення ресурсу гірничо-металургійного обладнання: отчет о НИР (заключительный) /* Национальный горный университет. рук. Р. П. Дидык – ГП-294; ГР 0102U003026, № 0204 U000700. – 120 с.
- 4 Проців В.В., Мацук З.М., Козечко В.А. (2019). *Випробування змащувальних матеріалів для гребнезмащувачів та пересувних стаціонарних колійних рейкозмащувачів.* Сборник научных трудов международной конференции «Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта 2019». – Днепр: НТУ «ДП», – С. 80-86.
- 5 *Програма та методика приймальних випробувань. Змащувальні матеріали для гребне- та рейкозмащувачів. Оцінка властивостей змащувальних матеріалів.* НТУ «ДП», АТ «Укрзалізниця», ТОВ «МОДІФІК», м. Дніпро, Дата введення в дію 17.04.2019.
- 6 *Програма-методика. Оцінка протизношувальних властивостей модифікованих змащувальних матеріалів у локомотивних системах лубрикації гребенів бандажів колісних пар тягового рухомого складу.* НТ 30.63.001:2019 ПМ2 // НТУ «ДП», АТ «Укрзалізниця», ТОВ «МОДІФІК», м. Дніпро, Дата введення в дію 03.09.2019.
- 7 ГОСТ 9490-75 Матеріали змащувальні рідкі і пластичні. Метод визначення трибологічних характеристик на чотирьохкульовій машині тертя.
- 8 ГОСТ 610-72 Оливи осьові. Технічні умови.
- 9 ГОСТ 20799-88 Оливи індустріальні. Технічні умови.

АННОТАЦІЯ

Цель. Обоснование необходимости перехода промышленных предприятий Украины на энергоресурсоэффективный подход в вопросах отбора смазочных материалов по критерию «Цена за смазочный материал с соответствующими физико-химическими свойствами» на примере отбора смазочного материала для пары трения «гребень (реборда) колеса (бандажа колеса) – рельс» железнодорожного и рельсового транспорта. Разработка метода экспресс отбора смазочных материалов и основных принципов порядка допуска их к применению на производстве.

Методика исследований. Эксперимент, наблюдения, измерения, обработка экспериментальных данных, статистический и сравнительный анализ.

Результаты исследования. Обоснована необхідність відбору смазочних матеріалів на етапі прийняття рішення об їх застосуванні по критерію «Ціна за смазочний матеріал з відповідними фізико-хімічними властивостями». Розроблена експрес методика відбору.

Научная новизна. В геотрибоэнергетику введено новое понятие – «способность смазочного материала повышать сопротивляемость поверхностей трения к переходу в катастрофические режимы изнашивания» и сопутствующий показатель – «показатель деградации способности смазочного материала повышать сопротивление поверхностей трения к переходу в катастрофические режимы износа». Необходимо как можно скорее переходить к энергосресурсоэффективного подхода в вопросах отбора всех (жидких/пластических) смазочных материалов по критерию «Цена смазочный материал с соответствующими физико-химическими свойствами». Вместе с этим необходимо адаптировать бортовые системы лубрикации локомотивов под смазочные материалы с лучшими физико-химическими и трибологическими свойствами, а не наоборот, и обратиться к производителям систем лубрикации с просьбой указывать в установках по монтажу и эксплуатации систем не Марк рекомендованного к применению смазочных материалов, а пределы физико-химических показателей таких смазочных материалов, их системы способны наносить на соответствующие поверхности трения.

Практическая значимость результатов работы. Промышленным предприятиям Украины предложено осуществить переход к энергоресурсоэффективному подходу на этапе принятия решения о применении смазочных материалов, разработан и внедрен метод экспресс отбора смазочных материалов.

Ключевые слова: смазочный материал, энергоресурсоэффективность, отбор, метод, свойства.

ABSTRACT

Purpose of work. Justification of the need for the transition of industrial enterprises of Ukraine to an energy-resource-efficient approach in the selection of lubricants according to the criterion "Price for a lubricant with appropriate physical and chemical properties" on the example of selection of a lubricant for a friction pair "flange (flange) of a wheel (wheel tire) – rail" and rail transport. Development of a method for express selection of lubricants and the basic principles of the procedure for their admission to use in production.

Research methods. Experiment, observations, measurements, experimental data processing, statistical and comparative analysis.

Research results. The necessity of selection of lubricants, at the stage of making a decision on their use, according to the criterion "Price for a lubricant with appropriate physical and chemical properties" is substantiated. An express selection method has been developed.

Scientific novelty. A new concept has been introduced into geotriboenergy - "the ability of a lubricant to increase the resistance of friction surfaces to the transition to catastrophic wear modes" and the accompanying indicator - "an indicator of degradation of the lubricant's ability to increase the resistance of friction surfaces to the transition to catastrophic wear modes".

Practical significance of work results. Industrial enterprises of Ukraine were offered to make a transition to an energy-resource-efficient approach at the stage of making a decision on the use of lubricants; a method of express selection of lubricants was developed and implemented.

Key words: lubricant, energy efficiency, selection, method, properties.

Рекомендовано до друку: д-р. техн. наук, професором Самусею В.І.