

УДК 629.083

DOI: 10.15587/2312-8372.2019.177316

ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ОЦІНКА МОТОРНИХ ОЛИВ ВАНТАЖНИХ АВТОМОБІЛІВ ЗА ЇХ ТЕРМООКИСЛЮВАЛЬНОЮ СТАБІЛЬНІСТЮ

Гриньків А. В.

1. Вступ

Ефективність машин характеризується процесами, які протікають в спряженнях деталей. Відповідні спряження деталей можуть характеризуватися високою зносостійкістю і самоорганізацією їх поверхневих шарів, що в першу чергу безпосередньо відображається на працездатності розхідного мастильного матеріалу – оливи. Аналіз та оцінка характеристик оливи під час експлуатації дає можливість поетапного вирішення завдання підвищення експлуатаційної надійності систем і агрегатів транспортних машин.

В даний час підвищення надійності систем та агрегатів транспортних машин здійснюється шляхом підбору конструкційних матеріалів, а також формуванням для них оливи. Вирішення завдання підбору конструктивних матеріалів для спряжень деталей досягло значних успіхів, а от вибір мастильного матеріалу для трибоспряжень деталей систем і агрегатів машин відноситься до більш складної проблеми. На ринку мастильних матеріалів існує достатньо велика кількість оливи, застосування яких має низький рівень обґрунтованості. Ресурс роботи оливи прийнято вважати постійним, який характеризується відповідним гарантійним напрацюванням. Даний параметр не враховує експлуатаційні режими та поточний стан спряжень деталей відповідних систем і агрегатів транспортних машин, наявність системи фільтрації оливи, її фактичні властивості під час експлуатації, реннованційні та деструктивні зміни матеріалів.

Протікання процесів деструктивних змін в матеріалах спряжень деталей під час експлуатації значно залежить від властивостей оливи. Основні властивості оливи формуються при додаванні в них добавок і присадок під час їх виробництва та подальшої експлуатації. Експлуатаційні властивості оливи змінюються під час протікання процесів тертя та зношування в спряженнях деталей, що інтенсифікує їх окислення та фізико-хімічні перетворення добавок і присадок. Все це створює передумови для старіння робочих оливи.

Процеси окислення оливи під час експлуатації значною мірою протікають в прилеглих шарах до робочих поверхонь деталей, що обумовлене високими температурами і каталітичним впливом матеріалів поверхневих шарів деталі. Тому важливим та актуальним завданням під час експлуатації транспортних машин є визначення стану робочих оливи методом термоокислювальної стабільності та з'ясування динаміки його зміни.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є процес визначення термічного окислення робочої моторної оливи вантажних автомобілів під час їх експлуатації.

Одними з найбільш проблемних місць є встановлення відповідних режимів окислення робочої моторної оливи та підбір необхідного лабораторного обладнання, а також формування рекомендацій відносно експлуатаційної оцінки досліджуваних олив.

3. Мета та задачі дослідження

Метою досліджень є визначення стану моторних олив вантажних автомобілів за їх термоокислювальною стабільністю.

Для вирішення поставленої мети розробляли наступні завдання:

1. Отримати аналітичні вирази та виявити закономірності зміни процесу окислення моторної оливи відповідної марки під час експлуатації.
2. Встановити доцільність експлуатації моторних олив відповідної марки на основі дослідження їх стану за термоокислювальною стабільністю.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Деструктивні процеси окиснення робочої оливи можливо наближено оцінити за кислотним та лужним числами, а також використанням певного комплексу їх хімотологічного аналізу. Аналіз наукових літературних джерел дав змогу встановити значну кількість методів і обладнання оцінки термоокислювальної стабільності трансмісійних олив [1]. Натомість авторами не отримано закономірності термоокислювальної стабільності робочих моторних олив. Основними діагностичними параметрами робочих моторних олив пропонуються характеристики в'язкості, електропровідності, зміна питомих діелектричних втрат робочих олив для коробок переключення передач [2]. Разом з тим, потрібна більш детальна експлуатаційна оцінка відповідності робочих моторних олив саме за термоокислювальною стабільністю. Основними показниками робочих олив на даний час є період осадоутворення, схильність до лакоутворення, оптична щільність, корозійні властивості, які можливо використати під час прогнозування експлуатаційної надійності транспортних засобів [3]. Однак більшість цих параметрів діагностування стану робочих олив не знайшли широкого використання через відсутність вичерпаних розроблених методик та комплексів їх реалізації під час експлуатації. Значна частина показників дослідження стану робочих моторних олив вимагає використання дорогого обладнання і їх визначають переважно тільки в лабораторних умовах [4]. Тому бажано розробити методико-аналітичний інструментарій для використання доступного обладнання діагностування під час експлуатації робочих моторних олив.

Застосування методів моделювання спряження деталей циліндро-поршневої групи дає змогу більш детально виявити основні напружено-деформовані їх стани, а також дослідити відповідні навантажувально-температурні режими під час протікання процесу тертя [5]. В свою чергу, автори не розглянули питання окиснення робочої оливи та його вплив на експлуатацію дизеля автомобіля. Впровадження широкого кола автоматизованих систем, що функціонують на ефекті прилипання потоку речовини до суміжної робочої поверхні, дає змогу з іншої сторони підійти до питання очищення робочих плинних середовищ [6]. Бажано було, виявити

вплив забрудненості потоків речовини на основні характеристики процесу прилипання їх струменю під час очищення. Вирішення питання контролю процесу тертя в спряженнях деталей з граничним змащенням можливо при використанні різних трибологічних тестів, таких як маятниковий. На основі даних тестів можливо оцінити стан змащення та ефективність оливи в граничних умовах [7]. В свою чергу бажано було, оцінити вплив температурного фактору в трибоспряженнях деталей, а також виявити закономірності окиснення досліджуваної оливи. Особливу увагу приділено промислового контролю стану робочих олив та розробці різнорідних методів діагностування мастильних матеріалів [8]. Натомість автори детально не розглянули оцінки стану оливи з використання процесу фотометрування. Проведення періодичного контролю моторної оливи дає можливість підвищити ефективності формування діагностичної бази дизеля вантажних автомобілів [9]. Однак автори не розробили методичний апарат режимів заміни моторних олив, що є важливим під час експлуатації вантажних автомобілів.

На основі сформованих підходів дослідження стану оливи часто важко зробити правильний висновок щодо працездатності робочої моторної оливи, навіть, коли діагностичні параметри знаходяться в межах їх полів допуску [10]. Під час експлуатаційного аналізу робочої оливи потрібно оцінювати їх функціональний запас, а також давати рекомендації на основі діагностики фактичного стану для подальшої експлуатації.

Значна кількість сервісних компаній заявляють, що вони зіштовхуються з відмовами силових агрегатів, що обумовлені станом оливи. Ці відмови більш за все пов'язані з екстремальними режимами експлуатації, підвищеними робочими температурами, які призводять до збільшення температурного режиму трибоспряжень деталей і олив [11]. Тому бажано розробити експлуатаційний комплекс контролю та оцінки робочих моторних олив з врахуванням температурного режиму. Зміна фізико-хімічних показників моторних олив залежить від палива, яке використовується в даному двигуні. Виявлено низьке накопичення в робочих моторних оливах під час їх експлуатації, показників зносу, а також вуглецевих та лакових відкладень на робочих поверхнях деталей, в двигунах, що працюють на газовому паливі [12]. Дані новоутворення значно впливають на подальше старіння робочої моторної оливи під час експлуатації, але додатково потрібно встановити їх вплив на термоокислювальну стабільність оливи в робочих режимах двигунів. Протягом багатьох років служби експлуатації дизельних двигунів використовували хімотологічний аналіз відпрацьованої оливи для уточнення її ресурсного інтервалу шляхом періодичного моніторингу стану оливи та дизеля в цілому. Для контролю стану моторної оливи були проведені її лінійні вольтамперметричні закономірності під час експлуатації в автопарку вантажних автомобілів [13]. Натомість, вольтамперні характеристики робочої моторної оливи в більшій мірі залежать від наявних в ній металевих частинок зносу. Даний вид контролю стану робочої моторної оливи не повністю відображає процес її старіння.

Використання олив, які не відповідають технічним умовам, невчасна її діагностика та заміна сприяють швидкому розвитку їх окислювального процесу та

мікропітингу деталей, що може привести до поломки силового агрегату [14]. Для попередження виникнення даних ситуацій бажано впровадження методики визначення динаміки зміни стану моторної оливи в технологію технічного сервісу.

Таким чином, на даний момент для дизелів вантажних автомобілів є необхідність розроблення відповідної методики визначення стану оливи для ствердження їх відповідності до експлуатаційних умов. В якості основи для розробки даної методики можливо використати методико-аналітичний апарат дослідження термоокислювальної стабільності робочих моторних оливи підчас їх експлуатації.

5. Методи досліджень

Для дослідження було обрано наступні марки оливи: TEMOL Extra Diesel 15W-40, CF-4/CG та Rovas Truck 15W-40, CI-4/SN. Формування проб досліджуваних марок робочих оливи виконували з вантажних автомобілів КамАЗ 6520, Росія (3 шт.) з інтервалом пробігу (102–116 тис. км) і MAN TGA 6×4, Німеччина (3 шт.) з інтервалом пробігу (86–129 тис. км), що були в рухомому складі підприємства АТП 2004, м. Кропивницький, Україна. Водії транспортних засобів мають водійський стаж більше 7 років, важких порушень та аварійних ситуацій з їх участю не було зафіксовано на підприємстві. Забір проб здійснювався у КамАЗ 6520 через кожні 3,2 тис. км пробігу, при технічному обслуговуванні № 1, а MAN TGA 6×4 через кожні 10,8 тис. км пробігу, тобто проводили 4 дослідження за експлуатаційний період оливи. Проби формували по 250 мл оливи з кожного дизеля за один раз. Місцями для відбору проб були відповідно мірні місця оливи в дизеля відповідної марки транспортної машини.

При визначенні термоокисної стабільності було використано обладнання ТОС-10 (Україна), що складається з механічного і електричного блоків. Механічний блок містить скляний стакан, на якому встановлено нагрівач з теплоізоляцією і розміщено в корпусі та виконано з ручкою. Нагрівач через електричний дріт підключено до електричного блоку. Ємність з досліджуваними зразками оливи встановлювали на платформі з шарнірами і можливістю її зняття. У верхньому положенні платформа фіксується. При цьому в ємність занурюється термopара і скляна мішалка, з'єднана з електродвигуном, що забезпечує її обертання. Електричний блок включає в себе терморегулятор ТРМ-200 (Росія), джерело живлення нагрівача і мікродвигун.

Використано лабораторні ваги ТВЕ-0,21 (Україна) з допустимою масою вимірювання 300 г та значенням похибки 0,01 г. Дані ваги потрібні для визначення маси випаровуючої моторної оливи. Визначення маси проби моторної оливи проводили перед кожним початком і завершенням процесу окислення.

В якості фотометричного обладнання, призначеного для оцінки забрудненості гідравлічних, індустриальних, моторних і трансмісійних оливи використовували пристрій КФК-2 (Росія). За допомогою цього пристрою визначали коефіцієнт поглинання світлового потоку моторної оливи. Під час дослідження коефіцієнту поглинання світлового потоку користувались кюветами довжиною 3 мм. Прилад пропускає стабілізовані монохромні світлові хвилі через шар досліджуваної оливи на фотоприймач. В залежності від концентрації шкідливих домішок і продуктів окислення оливи фотоприймач

приймає різну світлову дозу, яка обернено пропорційна кількості та розміру домішок. Вимірювання оптичної щільності оливи проводили за допомогою приладу КФК-2, що дає можливість визначити оптичну щільність в межах 0–2 од., довжина світлової хвилі 440 нм. Після 15–20 хв у включеному стані КФК-2 в режимі 2 проводили визначення коефіцієнту чутливості приладу. Кювети перед і після кожним вимірюванням обтирали спиртоєфірною рідиною. В мірну склянку наливали 40 мл досліджуваної оливи та розводили її з 4 мл бензолу. Отримані суміші інтенсивно розмішували та наливали в кювети, готували 3 порції по 10 мл кожна. Сформовані проби свіжої оливи необхідні для калібрування приладу під певний вид оливи. При зміщенні стрілки від нульового положення її підводили до нуля за допомогою регулювальних ручок. Після встановлення приладу в нульове значення для свіжої оливи, фотометр був готовий для вимірювання робочих олив. Встановивши пробу робочої оливи в кюветотримачі КМФ-2 (Росія) на розчин в співвідношенні 10:1 робочої оливи та бензолу, по шкалі приладу визначали оптичну щільність досліджуваної оливи. Повторні вимірювання виконували 3 рази поспіль, визначаючи середнє значення оптичної щільності оливи.

Відомо, що стійкість робочих олив до окислення визначає їх антиокислювальні властивості. Висока інтенсивність окислення відбувається на поверхнях деталей, нагрітих до високих температур (від 90 °С). Випробування на термоокислювальну стабільність проводили на приладі ТОС-10, що імітує процеси окислення в робочих спряженнях деталей підчас експлуатації досліджуваних моторних олив в дизелі вантажних автомобілів. Процес дослідження на термоокислювальну стабільність проводили наступним чином: пробу оливи $250 \pm 0,1$ мл заливали в прилад для визначення термоокислювальної стабільності, в якому її підтримували при температурі 180 °С з перемішуванням мішалкою в режимі 350 ± 3 об/хв. Режим обертання мішалки підібрані експериментально, турбулентний режим не допускається, а швидкість окиснення сягає максимуму. Час випробування складав 3 год. Після кожної години проби зважували для визначення маси випаровування оливи і відбирали проби для фотометрування. Залишок об'єму досліджуваної оливи продовжували досліджувати за раніше встановленими режимами.

Фотометрування окиснених олив проводили при товщині шару оливи 2 мм. Граничні значення коефіцієнтів поглинання світлового потоку і випаровуваності досліджуваних марок олив характеризувалися значеннями 0,82 і 0,13, відповідно. Визначено межі зміни цих коефіцієнтів на основі трибологічних досліджень олив за методикою ASTM D 2783. Коефіцієнт випаровуваності характеризується як частка між відповідною масою після i -го окислення (γ) та масою перед i -м окисленням (γ). Кінематичну в'язкість моторної оливи визначали за ДСТУ 33-2003 при використанні віскозиметра ВПЖТ-2 (Росія). Залежності виміру в'язкості при окиснені оливи представлені коефіцієнтом відносної в'язкості, що характеризується як частка між кінематичною в'язкістю на початку i -го окиснення ($\eta^2/\text{с}$) та кінематичною в'язкістю після i -го окислення ($\eta^2/\text{с}$).

Достовірність показань приладів і експериментальних даних при

визначенні коефіцієнтів поглинання світлового потоку та випаровуваності дублювали тричі для відповідних марок робочих моторних оливо. Обробку результатів проводили в програму продукт «Excel 2010», в якій виконували обчислення коефіцієнта детермінації та межі похибки з відносними помилками. Діагностування стану оливи за наведеними методиками має важливе значення для технології технічної експлуатації транспортних підприємств. Тому виконували їх відбір, щоб забезпечити мінімальну кількість часу на реалізацію.

6. Результати дослідження

Підчас експлуатації вантажних автомобілів, що знаходились під спостереженням, з їх дизелів періодично відбирали проби робочої оливи для дослідження та визначення їх термоокиснювальної стабільності. Всі дані технічного стану моторних оливо заносили до табл. 1 та табл. 2. Пробіги транспортних машин відраховували від останнього технічного обслуговування № 2 відповідного року, щоб охопити повний експлуатаційний період відповідної марки оливи.

Таблиця 1

Усереднені дані дослідження стану моторної оливи TEMOL Extra Diesel 15W-40, CF-4/CG (КамАЗ 6520 – 3 шт.) за термоокиснюваною стабільністю підчас експлуатації автомобілів за 2018 р.

Пробіг, тис. км	Коефіцієнт проникності світлового потоку	Коефіцієнт випаровуван ості	Коефіцієнт термоокиснювальної стабільності	Коефіцієнт відносної в'язкості
0	0,38	0,025	0,405	1,0
3,2	0,49	0,05	0,54	1,11
6,4	0,62	0,1	0,72	1,21
9,6	0,75	0,125	0,875	1,36
12,8	0,81	0,138	0,948	1,48

Сформовані експериментальні дані табл. 1 відображені графічно (рис. 1, 2) та отримано їх математичні моделі при коефіцієнті детермінації, який був не меншим 0,95.

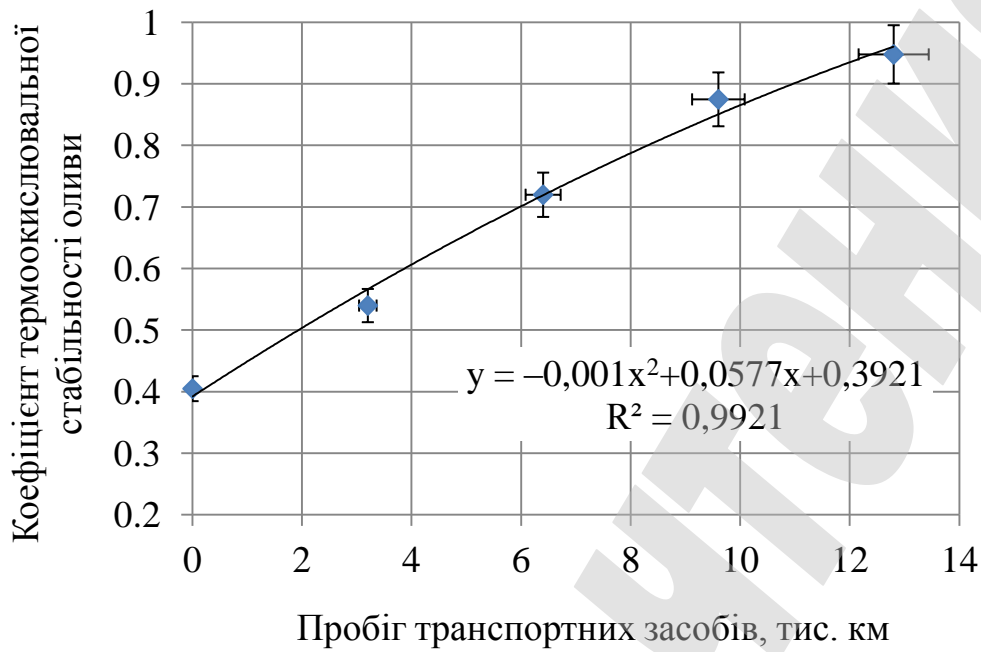


Рис. 1. Зміна коефіцієнта термоокислювальної стабільності моторної оливи TEMOL Extra Diesel 15W-40, CF-4/CG в залежності від пробігу транспортних засобів

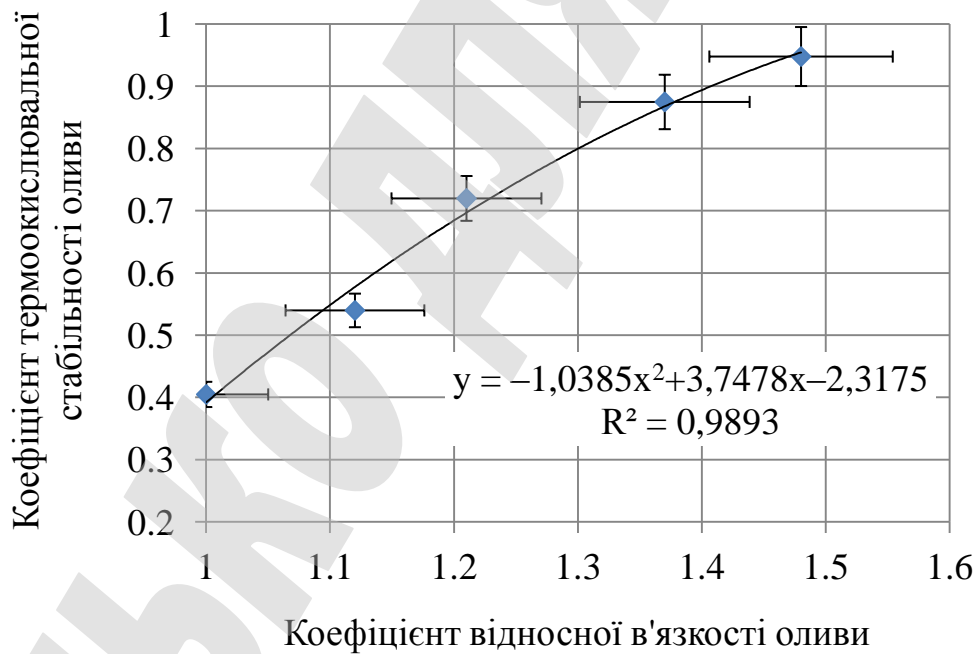


Рис. 2. Зміна коефіцієнта термоокислювальної стабільності моторної оливи TEMOL Extra Diesel 15W-40, CF-4/CG в залежності від коефіцієнта відносної в'язкості оливи

Таблиця 2

Усереднені дані дослідження стану моторної оливи Rovas Truck 15W-40, CI-4/SN (MAN TGA 6×4 – 3 шт.) за термоокиснювальною стабільністю під час експлуатації автомобілів за 2018 р.

Пробіг, тис. км	Коефіцієнт проникності світлового потоку	Коефіцієнт випаровуваності	Коефіцієнт термоокиснювальної стабільності	Коефіцієнт відносної в'язкості
0	0,44	0,0325	0,4725	1
10,8	0,52	0,0625	0,5825	1,04
21,6	0,66	0,095	0,755	1,1
32,4	0,72	0,11	0,83	1,16
43,2	0,78	0,115	0,895	1,27

Сформовані експериментальні дані табл. 2, були піддані регресійному аналізу і відображені графічно (рис. 3, 4). Отримані математичні моделі із зазначеними межами та оцінками. Коефіцієнт детермінації більший або рівний 0,95.

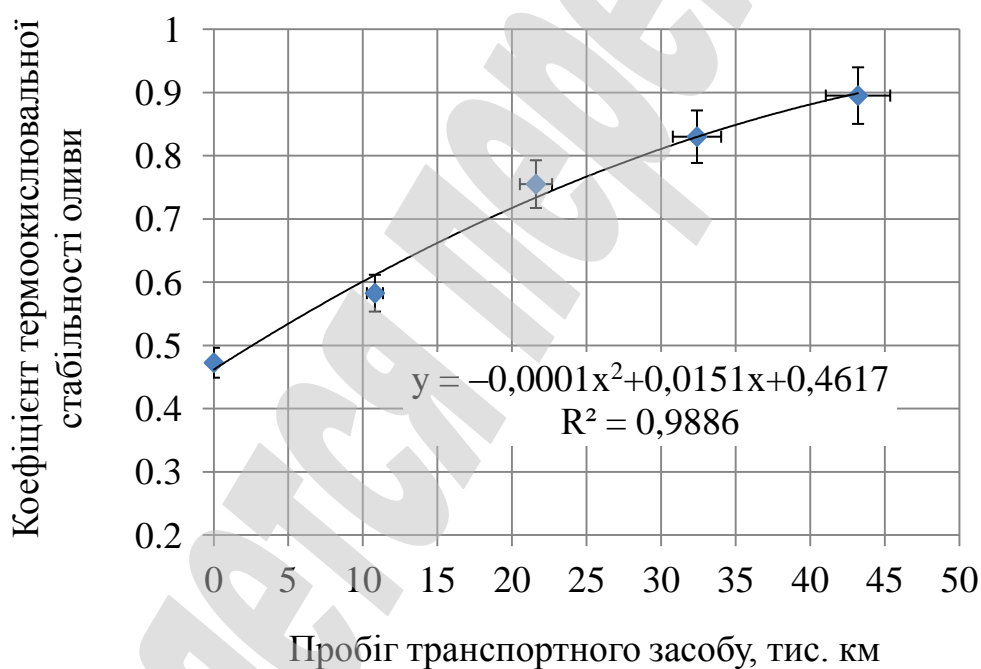


Рис. 3. Зміна коефіцієнта термоокислювальної стабільності моторної оливи Rovas Truck 15W-40, CI-4/SN в залежності від пробігу транспортного засобу

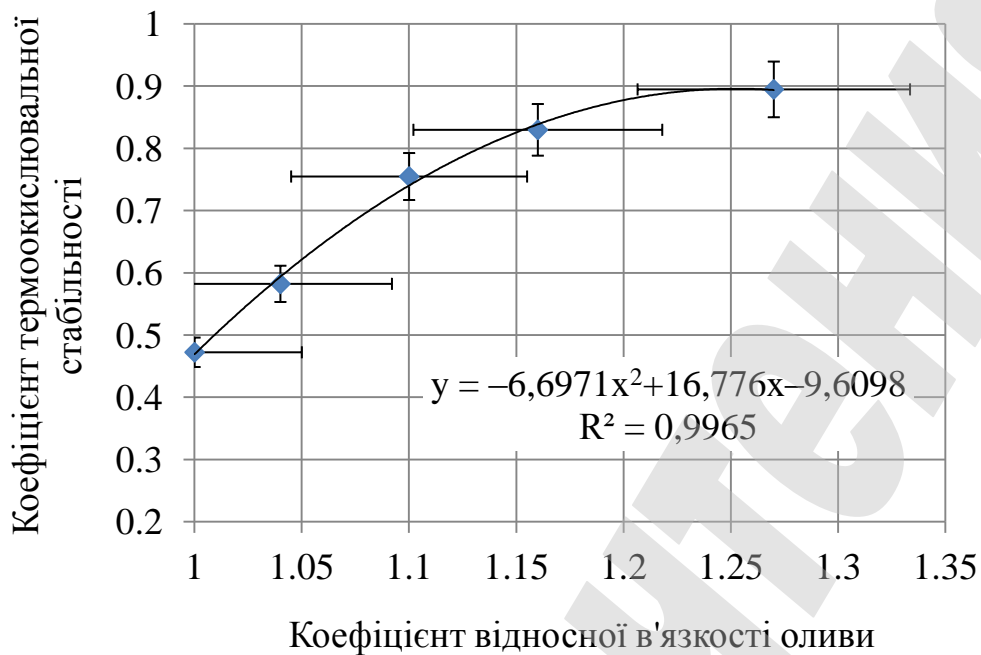


Рис. 4. Зміна коефіцієнта термоокислювальної стабільності моторної оливи Rovas Truck 15W-40, CI-4/SN в залежності від коефіцієнта відносної в'язкості оливи

Зміна термоокислюваної стійкості моторних оливи також відображає зміну відносної в'язкості оливи, що додатково враховує умови спрацювання комплексу присадок, їх додаткових елементів. Чим більше спрацьовуються присадки та функціональні добавки, тим більше починається процес утворення кластерів відпрацьованих включень в робочій оливі. Контроль даних включень та подальша працездатність оливи визначається стійкістю оливи відносно температурного фактору.

Процес окиснення моторної оливи спричиняє зміну оптичних її характеристик, випаровуваності та в'язкості. Тому можливо вважати, що в'язкість змінюється в результаті додаткового потрапляння парів палива, водяних сумішей, охолоджувальних рідин, а також інтенсивного спрацювання комплексу присадок і функціональних добавок. Це спричиняє інтенсивності утворення кластерів зношування робочих оливи та поверхонь матеріалів. Зменшення показника в'язкості моторної оливи забезпечує умови граничного змащування деталей дизеля, що не може забезпечити нормальний режим тертя під час експлуатації. В таких умовах виникає проблема мащення, тому що порції оливи не вистачає для утворення необхідного масляного клину, що сприяє перегріву деталей дизеля і тим самим збільшується інтенсивність процесу окиснення оливи. В такому випадку працездатність робочої моторної оливи доцільно аналізувати за зміною значення коефіцієнта її термоокислювальної стабільності. Даний показник характеризує кількість теплової енергії, яка поглинається наявними, або утвореними кластерами продуктів зношування, окиснення, а також випаровування різних включень в досліджуваних оливах.

Аналізуючи результати термоокислювальної стабільності моторної оливи TEMOL Extra Diesel 15W-40, CF-4/CG на автомобілях КамАЗ 6520 в кількості

3 шт., заміна оливи через кожні 12,8 тис. км забезпечує експлуатаційні умови. Про це свідчить рис. 1, згідно якого математична модель зміни термоокиснювальної стабільності на пробігу 0–12,8 тис. км транспортних засобів не виходить за допустимі межі 0,95 його значення. Даний характер розвитку процесу відображає відповідність оливи досліджуваної марки до режимів експлуатації транспортних машин КамАЗ 6520, в повному обсязі. Але змінювати інтервали пробігу для заміни оливи досліджуваної марки на даному транспортному засобі при усталених експлуатаційних режимах заборонено. Оскільки на пробігу 12,8 тис. км це значення під час експлуатації має резерв лише в 0,2 %, що характерне як критичне. Аналізуючи залежності зміни коефіцієнту термоокиснювальної стабільності оливи від приросту її в'язкості рис. 2, можливо зробити висновок про відповідність досліджуваної марки оливи до навантажувальних режимів дизеля.

Аналізуючи результати дослідження термоокиснювальної стабільності моторної оливи Rovas Truck 15W-40, CI-4/SN на автомобілях MAN TGA 6×4 в кількості 3 шт., виявлено забезпеченість її до умов експлуатації. Зазначене можливо спостерігати на основі відсутності значного приросту математичної моделі на рис. 3, а також недосягнення рівня термоокиснювальної стабільності оливи 0,95 од. під час дослідного напрацювання 0–43,2 тис. км. Оскільки експлуатаційний запас за термоокиснювальною стабільністю даної марки оливи складає 2,5 %, то можна стверджувати про можливість розширення інтервалу заміни оливи на 1,1 тис. км пробігу. Аналіз залежності зміни коефіцієнту термоокиснювальної стабільності оливи від приросту її в'язкості свідчить, що спостерігається відповідність навантажувальним режимам дизеля. Характер розвитку математичної моделі, представлений на рис. 4, відображає поступове спрацювання складових компонентів оливи під час експлуатації. Результати експлуатаційних досліджень підтверджують, що режими експлуатації для даних марок вантажних автомобілів є раціональними і спостерігається відповідність оливи Rovas Truck 15W-40, CI-4/SN до них.

7. SWOT-аналіз результатів досліджень

Strengths. Визначення стану робочої моторної оливи за параметром термоокиснювальної стабільності дає змогу визначити, чи правильно підібрана марка оливи для вантажного автомобіля конкретної марки під час їх експлуатації. Також дане дослідження стану оливи дає можливість оцінити ресурсні інтервали робочих моторних оливи для вантажного автомобіля конкретної марки. Виявлено, що досліджувані марки моторних оливи, проби яких взято з транспортних засобів на підприємстві АТП 2004 (м. Кропивницький, Україна) підібрані правильно, відповідно до умов експлуатації.

Weaknesses. При визначенні стану оливи за термоокиснювальною стабільністю важко даний процес автоматизувати до автономного режиму. Під час її визначення потрібна обґрунтована та фіксована періодичність відбору проб робочої оливи з дизеля вантажного автомобіля. А також методика визначення термоокиснювальної стабільності потребує відповідного часу на підготовку обладнання та дослідних зразків робочої оливи перед кожним дослідженням.

Opportunities. Подальше дослідження даного діагностичного параметру дасть змогу вирішити проблему підбору комплексу присадок і функціональних добавок до олив, а також можливості їх додавання підчас експлуатації. Визначення стану моторної оливи за термоокислювальною стабільністю передбачає встановлення обґрунтованих пробігів транспортних засобів, на яких потрібно додавати в робочу оливу присадки або функціональні добавки для гарантованого терміну її експлуатації.

Threats. При впровадженні експлуатаційної оцінки робочої оливи за термоокислювальною стабільністю на підприємстві необхідні додаткові витрати для укомплектування лабораторії визначення технічного стану олив, а також навчання лаборанта. Найбільш розвиненим аналогом визначення стану робочої оливи є її повний лабораторний хімотологічний аналіз. Даний аналіз дає можливість додатково описувати характер зменшення ресурсу дизелів вантажних автомобілів в цілому.

8. Висновки

1. Виявлено, що моторна олива TEMOL Extra Diesel 15W-40, CF-4/CG на вантажних автомобілях КамАЗ 6520 забезпечує свої функціональні можливості на 0–12,8 тис. км пробігу. Змінювати інтервали пробігу для заміни оливи досліджуваної марки на даних транспортних засобах при усталених експлуатаційних режимах заборонено. Оскільки на пробігу 12,8 тис. км значення коефіцієнту термоокислювальної стабільності підчас експлуатації має резерв порядку 0,2 %, що можна характеризувати як критичне значення.

2. Показано, що моторна олива Rovas Truck 15W-40, CI-4/SN, яка експлуатується на вантажних автомобілях MAN TGA 6×4, за характеристикою її термоокислювальної стабільності відповідає експлуатаційним умовам. Розвиток зміни термоокислювальної стабільності від відносної в'язкості відображає поступове спрацювання присадок і функціональних добавок в робочій оливі. Експлуатаційний запас за термоокислювальною стабільністю даної марки оливи складає 2,5 %, що можна стверджувати про розширення інтервалу її заміни на 1,1 тис. км пробігу.

Література

1. Aulin, V., Hrynkiv, A., Lysenko, S., Rohovskii, I., Chernovol, M., Lyashuk, O., Zamota, T. (2019). Studying truck transmission oils using the method of thermal-oxidative stability during vehicle operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1 (6 (97)), 6–12. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156150>

2. Aulin, V., Hrinkiv, A., Dykha, A., Chernovol, M., Lyashuk, O., Lysenko, S. (2018). Substantiation of diagnostic parameters for determining the technical condition of transmission assemblies in trucks. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2 (1 (92)), 4–13. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.125349>

3. Гриньків, А. В. (2016). Використання методів прогнозування в керуванні технічним станом агрегатів та систем транспортних засобів. *Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*, 29, 25–32.

4. Lutsak, D., Prysyzhnyuk, P., Burda, M., Aulin, V. (2016). Development of a method and an apparatus for tribotechnical tests of materials under loose abrasive friction. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5 (7 (83)), 19–26. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.79913>
5. Аулін, В. В. (2010). Теоретичне обґрунтування зміни режимів тертя в циліндро-поршневій групі ДВЗ. *Проблеми трибології (Problems of tribology)*, 3, 46–54.
6. Aulin, V., Chernovol, M., Pankov, A., Zamota, T., Panayotov, K. (2017). Sowing machines and systems based on the elements of fluidics. *INMATEH – Agricultural Engineering*, 53 (3), 21–28.
7. Dykha, A., Aulin, V., Makovkin, O., Posonskiy, S. (2017). Determining the characteristics of viscous friction in the sliding supports using the method of pendulum. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (7 (87)), 4–10. doi: <http://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.99823>
8. Van Rensselar, J. (2013). Trends in industrial gear oils. *Tribology and Lubrication Technology*, 69 (2), 26–33.
9. Аулін, А. В., Гриньків, В. В. (2016). Методика вибору діагностичних параметрів технічного стану транспортних засобів на основі теорії сенситивів *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*, 5, 109–116.
10. Аулин, В. (2014). Влияние комбинированного физико-химического модифицирования моторного масла на изменения момента трения и потребляемой мощности в сопряжениях образцов и деталей. *Трение и смазка в машинах и механизмах*, 2, 21–28.
11. Панченко, С. В., Грицук, Ю. В. (2012). Особливості моделювання процесів оцінювання поточного і прогнозованого технічного стану автомобіля під час експлуатації в умовах ITS. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*, 2, 3–8.
12. Boikov, D. V., Bugai, T. V., Mal'kov, Y. P. (2007). Features of aging of engine oil in a gas engine. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*, 43 (4), 299–304. doi: <http://doi.org/10.1007/s10553-007-0053-3>
13. Fentress, A., Sander, J., Ameye, J., Toms, A., Dean, S. W. (2011). The Use of Linear Sweep Voltammetry in Condition Monitoring of Diesel Engine Oil. *Journal of ASTM International*, 8 (7), 103442. doi: <http://doi.org/10.1520/jai103442>
14. Волков, В. П., Волкова, Т. В., Грицук, І. В., Аппазов, Е. С., Погорлецький, Д. С., Володарець, М. В., Саравас, В. Є. (2018). Особливості вимірального комплексу для дослідження роботи газомоторного транспортного засобу з системою теплової підготовки в умовах експлуатації. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*, 13, 121–131.