

БЕЗМОТОРНІ МЕТОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ МОТОРНИХ ОЛИВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

Д.П. Журавель, д.т.н.,

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна.

Якість моторних олив характеризується такими загальними фізико-хімічними властивостями, як кінематична в'язкість, забруднення, температура застигання і спалаху, корозійні властивості і деякі інші. Дані властивості відіграють вирішальну роль для знаходження меж використання олив під час роботи двигуна [1-5].

В'язкість олив впливає як на режим змащування, так і на експлуатаційні характеристики вузлів і агрегатів – величину крутного моменту, циркуляційні витоки через ущільнення, надійність запуску і т.д. Для визначення кінематичної в'язкості служать капілярні віскозиметри типу Освальда-Пінкевича або ВПЖ-2, що представляють собою У-образну трубку, в одному коліні якої є дві калібровані шарикові ємності, які переходять капіляр, а в другому коліні – розширена ємність для нагрівання оливи.

Забруднення олив – природний процес, який відбувається внаслідок багатогранних процесів. Основною причиною є забруднення оливи сажею і вуглеводневими частками в результаті неповного згоряння палива в камері згоряння двигуна. Окрім цього в оливу попадають металічні домішки в результаті зносу деталей циліндро-поршневої групи. Також забруднення відбуваються із-за попадання домішок з атмосфери при заправці, транспортуванні і неправильному зберіганні. Найбільшого розповсюдження оцінки забрудненості в оливі отримав метод центрифугування на центрифугах, замість стандартного, який здійснюється методом фільтрування через паперовий знезолений фільтр. Вода також є небажаною домішкою в оливі, так як вона при з'єднанні з сіркою дає реакцію, в результаті якої утворюється сірчана і сірчиста кислоти, які підвищують кислотну агресивність оливи. Для справного двигуна вміст води в оливі становить 0,03 ... 0,05%. Перевищення гранично допустимих значень прискорює окислюваність оливи, піддаються гідролізу присадки, порушується колоїдна стабільність забруднень, і внаслідок їх коагуляції блокуються оливні фільтри, погіршуються протикорозійні та протизносні властивості оливи. Вода в певних умовах може зіграти основоположну роль в аварійному виході двигуна з ладу навіть більшою мірою, ніж відсутні в оливі присадки. При заправці свіжої масла в картер двигуна воду в оливі можна і не помітити, якщо вона знаходиться у вільному стані.

З перших же годин експлуатації відбудеться змішування води з оливою в системі змащування, і тоді (навіть якщо наявність води 0,1%) починається різкий процес деструкції присадок. Така олива, потрапляючи по оливним каналах до поршневих кілець, викликає інтенсивне зростання відкладень під кільцями (присадки як би спікається під кільцями, утворюючи дуже тверді відкладення) за рахунок дії високих температур, що може привести до їх поломки. Подібного роду процеси відбуваються і в сполученні вкладиш-шийка колінчастого вала. У двигунах з гранично зношеними деталями ЦПГ такі процеси відбуваються ще більш інтенсивно. У деяких випадках подібного роду відхилення можна спостерігати на датчику системи змащування (зміна тиску), в інших випадках змінюється потужність двигуна. У всіх випадках необхідно негайно припинити роботу, заглушити двигун, злити оливу, змінити фільтр, промити систему змащення і заправити свіжу оливу. Наявність води визначається якісно і кількісно згідно ГОСТ 1547 і ГОСТ 2477 методом потріскування і випарювання.

Температура застигання визначається згідно ГОСТ 1533. В стандартну пробірку наливають оливу і занурюють її в вертикальному положенні в охолоджувальну суміш певної температури. Через п'ять хвилин пробірку на одну хвилину нахилиють під кутом 45° . По рівню зміщення оливи знаходять температуру застигання.

Температура спалаху в відкритому тиглі ГОСТ 4333 – це температура до якої необхідно нагріти оливу, щоб пари її утворили з повітрям вибухову суміш, яка спалахує при піднесенні до неї полум'я. Температура спалаху характеризує вогнебезпечність оливи і вказує на наявність низько киплячих фракцій або домішок пального.

Корозійні властивості олив визначаються згідно ГОСТ 20502. Метод ДК-2-НАМІ лужить для оцінки потенціальної корозійності олив. Прилад ДК-2 уявляє собою ванну для оливи, в якій обертається касета зі вставленими в неї скляними Л-образними формами колбами. В кожну колбу наливають певну кількість оливи і туди ж на склянім тримачі опускають свинцеві пластини. Оскільки баня для оливи встановлено під кутом до горизонту, при обертанні пластини періодично омиваються оливою і повітрям. В приладі ДК-2 процес корозії протікає значно скоріше чим в приладі Пінкевича. Дослід продовжується 10 годин замість 50. Показником корозійних властивостей є втрата маси свинцевих пластин, яка виражена в $г/м^2$.

Змащувальні властивості олив – загальна назва декількох властивостей, які впливають на процес тертя і зношення поверхонь тертя в машинах. В умовах граничного змащування оливи, які володіють значною маслянистістю, забезпечують найменше тертя і знос, а також запобігають заїдання трибоспряжень. Найбільше розповсюджені способи оцінки змащувальних олив є механічні випробування їх на приладах і машинах тертя. Найбільшого розповсюдження отримала чотирьох шарикова машина тертя.

Для оцінки якості можна використовувати оціночні показники до яких пред'являються певні вимоги. Показники становлять систему, яка характеризує і враховує основні фактори, що впливають на старіння оливи. Всі показники виражаються в аналітичному вигляді і описують функціональну залежність зміни стану оливи в двигуні. Оціночні показники працюючої оливи відображають ступінь зношеності його до моменту вибракування. Бракувальні - це такі значення того чи іншого показника якості, при досягненні якого олива вважається непридатною для застосування в двигуні. При досягненні бракувального показника відбувається помітне збільшення швидкості зношування, утворення нагаровідкладень або якась інша зміна, яка безпосередньо впливає на економічність і надійність двигуна.

Кожен із оціночних показників повинен мати фактичне значення при виконанні процесу і еталонну величину, яка встановлюється певними нормами [6-10]. Тому в основу розрахунку оціночних показників покладений принцип порівняння, тобто відношення між фактичними і еталонними показниками. В результаті чого утворюються коефіцієнти досконалості процесу старіння оливи. Орієнтуючись на те, що основні показники якості оливи змінюються по двом основним закономірностям (негативні властивості збільшуються, а позитивні зменшуються), здійснюється розрахунок коефіцієнтів якості оливи.

На рис.1 наведено теоретичні залежності розрахунку коефіцієнтів якості моторної оливи.

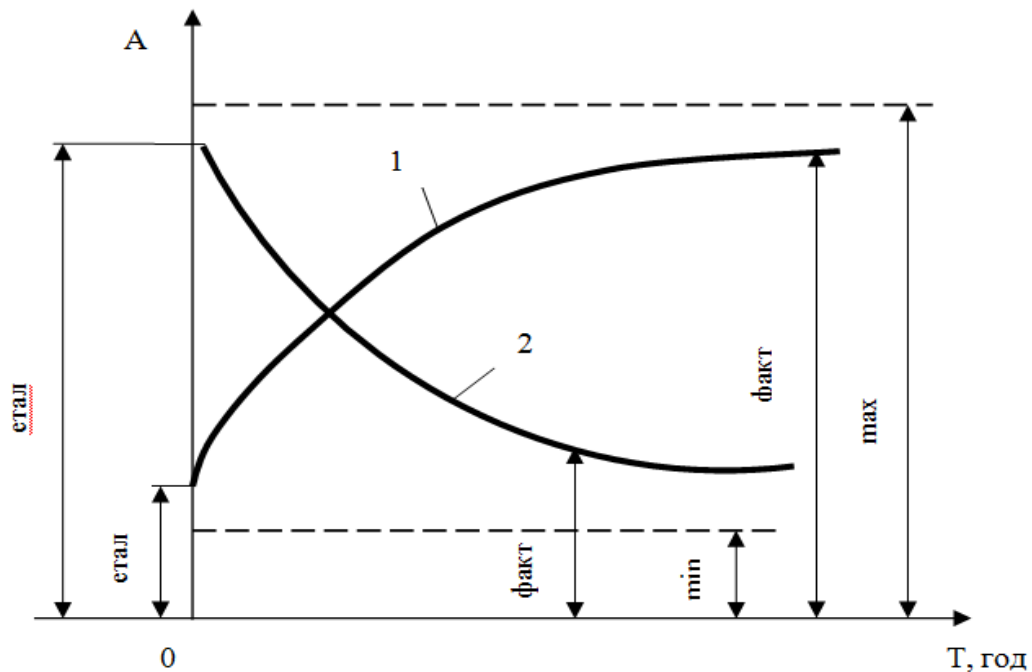


Рис.1. Теоретичні залежності розрахунку коефіцієнтів якості моторної оливи

Будь-яка товарна олива має вихідні величини, які приймаються за еталонні. По мірі роботи двигуна, олива втрачає свої початкові властивості, фактичні значення показників змінюються і досягають якихось мінімальних або максимальних значень, які приймаються за бракувальні. Коефіцієнти досконалості процесу старіння оливи можуть оцінюватись простими формулами, які для процесів, що відбуваються за кривою 1, виражені відношенням еталонних величин, тобто величин, які відповідають значенням товарних олив до фактичних величин, отриманих за певний період експлуатації енергетичних засобів, тобто:

$$S_1 = \frac{A_e}{A_\phi} \quad (1)$$

Для процесів, якщо відбуваються за кривою 2 необхідно брати відношення фактичних значень параметрів до еталонних. Тоді коефіцієнти якості оливи записуються в наступному вигляді:

$$S_2 = \frac{A_\phi}{A_e} \quad (2)$$

Використовуючи дані міркування, можна записати формули деяких коефіцієнтів, які характеризують якісні зміни працюючих моторних олив. Дані коефіцієнти наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Критерії оцінки якості моторних олив

Група	№ п/п	Найменування коефіцієнта	Розрахункова формула	Позначення
1	1	Коефіцієнт в'язкості	$\eta_\vartheta = \frac{\nu_e}{\nu_\phi}$	ν_e, ν_ϕ - еталонна і фактична в'язкості, сСт
	2	Коефіцієнт концентрації іонів водню	$\eta_{pH} = \frac{pH_\phi}{pH_e}$	pH ϕ , pH e - фактична і еталонна концентрація іонів водню, г-ІОН/л
	3	Коефіцієнт кислотності	$\eta_K = \frac{K_e}{K_\phi}$	K_e, K_ϕ - еталонна і фактична кислотності, мг КОН/г
	4	Коефіцієнт світлопроникності	$\eta_{СП} = \frac{СП_e}{СП_\phi}$	СП e , СП ϕ - еталонна і фактична світлопроникненість
	5	Коефіцієнт наявності заліза в оливі	$\eta_{F_e} = \frac{F_{e_e}}{F_{e_\phi}}$	F_{e_e}, F_{e_ϕ} - еталонна і фактична наявність заліза в оливі, %
	6	Коефіцієнт забруднення нерозчинним осадом	$\eta_x = \frac{X_e}{X_\phi}$	X_e, X_ϕ - еталонна і фактична наявність нерозчинного осаду в оливі, %
2	1	Коефіцієнт витрата оливи на угар	$\eta_y = \frac{y_\phi}{y_e}$	y_e, y_ϕ - еталонна і фактична витрата оливи на угар, %
	2	Коефіцієнт довговічності	$\eta_y = \frac{\tau_e}{\tau_\phi}$	τ_e, τ_ϕ - еталонний і фактичний строк

				служби оливи, год
--	--	--	--	-------------------

Узагальнений коефіцієнт якості оливи змінюється сторону зменшення від величини, яка дорівнює 1,0 до її бракувального значення і знаходиться за формулою:

$$\Theta = \frac{\sum \Pi_i \cdot n_i}{n_i}, \quad (3)$$

де Π_i – величина і-го коефіцієнта;
 n_i – кількість і-х коефіцієнтів.

Група 1 об'єднує показники якості оливи, які безпосередньо впливають на знос поверхонь тертя деталей двигуна.

Група 2 – показники, які опосередковано характеризують процес старіння оливи.

Для знаходження показника періодичності оливи використовують теорію приведених показників, де закон приведення виражається формулою:

$$\Pi = \frac{\Phi}{Y}, \quad (4)$$

де Π – приведений показник;
 Φ – фактичний показник;
 Y – питомий показник.

На підставі цього основним показником, який служить для визначення тривалості роботи оливи, може бути тривалість роботи, яка приведена до режиму номінального навантаження двигуна. Цим показником є приведений час, який виражений відношенням:

$$T_{пр} = \frac{Q}{G_{Tmax}}, \quad (5)$$

де – загальна витрата пального, кг;
 G_{Tmax} - максимальна витрата пального, кг/год.

По мірі старіння оливи відбувається зміна коефіцієнтів і спостерігається їх прагнення до нуля. Причому ці зміни відбуваються в перші години роботи, а в наступний період швидкість зниження відбувається більш плавно по кривій, прагне до мінімального значення і має експоненціальний вигляд. Характерно, що чим ближче значення коефіцієнтів до одиниці, тим краща олива, тим більший її функціональних властивостей і тим довше воно може використовуватись в роботі. Чим ближче значення показників до нуля, тим гірша олива, тим швидше вона піддаватиметься заміні і вибракуванню. При визначенні коефіцієнтів яко-

сті необхідно звернути увагу на зміну коефіцієнта лужності і коефіцієнта забрудненості оливи механічними домішками. Ці коефіцієнти в процесі старіння оливи раніше, ніж інші, приближаються до бракувальних. І вони є основними для підготовки оливи до її заміни. Заміну оливи необхідно здійснювати при досягненні показниками певних рекомендованих значень.

Найбільш оптимальним відхиленням в'язкості для олив, які працюють в двигунах, є відхилення її на 20 - 25%, Граничне значення відхилення допускається до 25 - 30%, що відповідає зміні в'язкості на 2 - 3 мм²/с.

За нормами експлуатації на суднові й тепловозні двигуни мінімальне значення температури спалаху оливи у відкритому тиглі дорівнює 160-170⁰ С. Така ж вимога поширюється на оливи, що працюють на тракторних і комбайнових двигунах.

Величина кислотного числа для свіжих масел (без присадок) зазвичай не перевищує - 0,15 - 0,20 мг КОН / г, але при роботі двигуна швидко зростає, досягаючи значень 2,0 - 2,5 мг КОН / г. Оливи з кислотністю до 2,0 мг КОН / г при відсутності води мають незначну корозійну дію в двигунах з сталевалюмінієвими підшипниками, але в двигунах з свинцевистими підшипниковими сплавами кислотність оливи, яка дорівнює 0,5 - 0,6 мг КОН / г, є вже неприпустимою.

Мінімальний рівень лужності оливи в картері, який забезпечує нейтралізацію кислих продуктів згоряння сірнистого пального, не повинен бути нижче чисельного значення вмісту сірки в пальному (у відсотках). Концентрацію водневих іонів прийнято характеризувати величиною водневого показника рН. Для нейтрального середовища рН = 7,0, для кислого - рН < 7,0, для лужного рН > 7,0. Витрата присадки контролюється по зниженню рН. Для двигунів, працюючих на пальному з вмістом сірки до 1%, нижня межа рН допускається до 5 г - іон / л.

В якості бракувального показника для зміни оливи рекомендується коксованість по Конрадсону, яка для олив без присадок і карбюраторних двигунів дорівнює 2,0%, для дизелів - 3,0%, для олив з присадками для дизелів - 4,0%.

Зміст нерозчинних в бензині домішок визначається методом центрифугування, виявляється в 2-4 рази більше, ніж при визначенні механічних домішок в оливі і, отже, бракувальному норма повинна бути також відповідно збільшена. Нерозчинні в бензині домішки повинні бути не вище 2,5-3,0%. Вміст води в оливі до 0,5% вважається недопустимим.

Диспергуюча здатність олив визначається методом «п'ятна» і характеризується коефіцієнтом К, тобто відношенням зовнішнього діаметра зони дифузії до внутрішнього. При К > 1,35 спостерігається повна відсутність активної присадки в дизельній оливі. Якщо величина К <

1,35, то дизельна олива тракторів містить граничний рівень механічних домішок і її необхідно замінити.

Витрата оливи на угар на ряді вітчизняних дизелів є декілька завищена і досягає 3,5-4,0% від витрати пального.

Довговічність оливи залежить від умов експлуатації двигуна. Граничне значення часу, до якого дозволяється робота дизельної оливи, може досягати 480 мото-годин і вище.

Список літератури.

1. Журавель Д.П. Моделювання процесів зміни кількісних і якісних показників моторних масел при їх використанні. Праці ТДАТА. Вип.2, т.14. Мелітополь, 2000. С. 37-40.

2. Журавель Д.П. Эффективность использования восстановленных моторных масел в тракторных двигателях. Труды ТГАТА. Вип.1, т.18. Мелітополь, 2001. С. 24-28.

3. Журавель Д.П. Исследование смазочной способности масел в сопряжениях автотракторных двигателей. Отраслевое машиностроение. Труды ТГАТА. Вып. 2, т.1. Мелітополь, 1997. С. 46-48.

4. Журавель Д.П. Моделирование триботехнических процессов в сопряжениях автотракторных двигателей. Отраслевое машиностроение. Труды ТГАТА. Вып. 1, т.6. Мелітополь, 1998. С. 38-43.

5. Журавель Д.П. Метод оценки состояния триботехнических свойств моторных масел. Отраслевое машиностроение. Труды ТГАТА. Вип.1, т.13. Мелітополь, 1999. С. 65-67.

6. Журавель Д. П. Методологія підвищення надійності сільськогосподарської техніки при використанні біопально-мастильних матеріалів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.05.11. Тавр. держ. агротехнол. ун-т. Мелітополь, 2018. 44 с.

7. Журавель Д.П., Новік О.Ю., Бондар А.М., Петренко К.Г. Триботехніка. Курс лекцій з навчальної дисципліни для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування». Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 280 с.

8. Журавель Д. П. Вплив забрудненості абразивом біопаливо-мастильних матеріалів на енергоємність поверхневих шарів металів вузлів і агрегатів мобільної техніки. Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. Херсон, 2017. Вип. 5. С.56-65.

9. Журавель Д. П. Оцінка зносу трибоспрямижень в середовищі біопаливо-мастильних матеріалів. Праці ТДАТУ. Мелітополь, 2012. Вип. 12. т.2. С. 28-33.

10. Журавель Д. П., Юдовинський В.Б. Моделювання хімотологічних та триботехнічних процесів в спряженнях тертя. Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Мелітополь, 2007. Вип. 7, т. 3. С. 30-38.