



DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-6

УДК. 631.3:621.892

Д.П. Журавель, д.т.н.

ORCID: 0000-0002-6100-895X

А.М. Бондар, к.т.н.

ORCID: 0000-0002-4761-9084

*Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного*

e-mail: dmytro.zhuravel@tsatu.edu.ua

ПОКРАЩЕННЯ ТА ОЦІНКА ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ВІДПРАЦЬОВАНИХ АВТОТРАКТОРНИХ ОЛИВ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

Анотація. В роботі обґрунтована методика та устаткування для очищення робочих рідин з метою продовження строку їх служби і подальшого забезпечення експлуатаційної надійності гідравлічних систем сільськогосподарської техніки. Розроблено та досліджено математичні моделі надійності системи очищення відпрацьованих гідравлічних олиव. Отримано ймовірності станів, які покладені в основу визначення комплексних показників надійності гідравлічної системи сільськогосподарської техніки. В цілому надійність всієї гідравлічної системи залежить від надійності всіх її елементів, а також від якісних показників робочих рідин. Приведена технічна характеристика установки для очищення відпрацьованих гідравлічних олив та її принцип дії.

Ключові слова: система очищення, надійність системи, відпрацьована гідравлічна олива, фільтрація, граф станів, інтенсивність і ймовірність відмови, інтенсивність відновлення, ресурс.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день Україна використовує більше 1 млн. т/рік свіжих олив, а при умові відсутності нормативу збору, на державному рівні збирає приблизно 500 тис. т/рік відпрацьованих нафтопродуктів, що складає близько до ресурсу споживання олив Німеччиною (660 тис. т/рік). Утворення та накопичення відпрацьованих моторних олив після застосування у двигуні внутрішнього згорання є небезпечною екологічною проблемою як в Україні, так і в світі. Утилізацію відпрацьованих олив можуть здійснювати декількома способами, зокрема використовувати їх як компонент котельних палив. Але найбільш ефективним методом є регенерація з отриманням олив відповідного призначення, так як вартість регенованих олив є на 40 –70 % меншою від вартості



товарних олив. Оскільки велика кількість відпрацьованих олив в Україні утилізують неналежним чином, то проблема створення новітніх технологій регенерації відпрацьованих моторних олив є особливо актуальною для України [1-6].

Аналіз останніх досліджень. 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 [7-10].

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 [11-16].

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 1547-84 і ГОСТ 2477-2014 методом потріскування і випарювання.

Температура застигання визначається згідно ГОСТ 1533-74. 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 4333-87 – 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 20502-75. Метод ДК-2-НАМІ служить 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 [17-19].

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 заїданням трибоспряжень. Найбільше розповсюджені способи оцінки змащувальних олив є механічні

випробування їх на приладах і машинах тертя. Найбільшого розповсюдження отримала чотирьохшарикова машина тертя [20-21].

Формулювання мети статті. Метою статті є розробка методології покращення та оцінки якісних показників відпрацьованих моторних олиव для сільськогосподарської техніки.

Основна частина. 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 олив. 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.

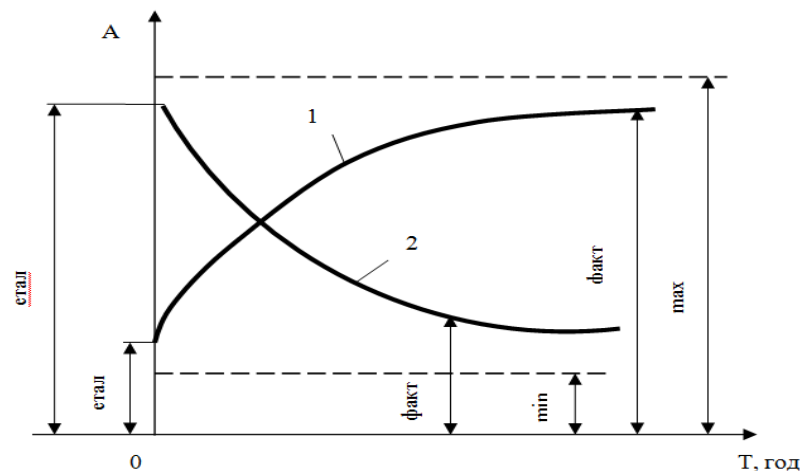


Рисунок 1. Теоретичні залежності розрахунку коефіцієнтів якості моторних олив

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 світлопроникність
	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 i -го коефіцієнта;
 n_i – кількість i -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:

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

де Π – приведений показник;
 Φ – фактичний показник;
 γ – 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 Q - 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 якості 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 оливи, 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 оливи без присадок і карбюраторних двигунів дорівнює 2,0%, для дизелів - 3,0%, для оливи з присадками для дизелів - 4,0%.

Вміст 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 оливи 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.

Для відновлення основних хімотологічних показників відпрацьованих автотракторних олив, нами розроблена установка УВОМ-200, схема гідравлічна функцій на якій наведена на рис.2, а загальний вигляд на рис.3.

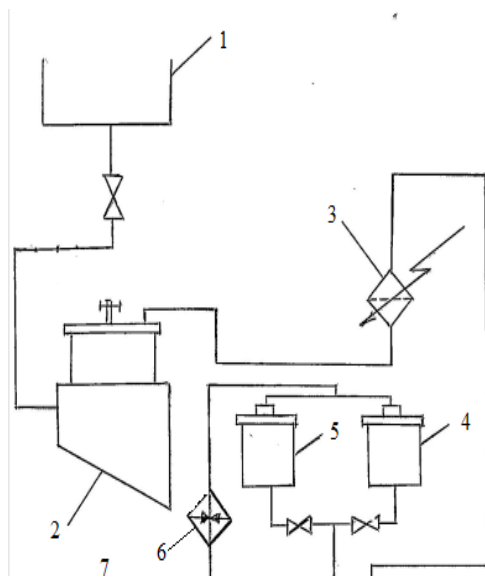


Рисунок 2. Схема гідравлічна функційна установки УВОМ-200



Рисунок 3. Загальний вигляд установки УВОМ-200

1-бак для відпрацьованої оливи; 2-очищувач гравітаційний ОГ-2; 3-фільтр електромагнітний; 4,5-фільтр-адсорбер; 6-випарник легкокиплячих фракцій; 7-бак для відновленої оливи.

Особливість установки полягає в універсальності кожного розробленого апарата для очищення відпрацьованих олив від механічних домішок, води та паливних фракцій. Принцип роботи установки УВОМ-200 полягає в послідовному проходженні відпрацьованої оливи через очищувач гравітаційний ОГ-2 (2), фільтр електромагнітний (3), фільтр-адсорбер (4,5), випарник легкокиплячих фракцій (6), де відбувається його очищення від механічних домішок, паливних фракцій та води.

Очищувач гравітаційний ОГ-2 працює наступним чином: через вхідний патрубок відпрацьована олива примусово або



самопливом потрапляє в центральну трубу, через отвори якої забруднена олива попадає на робочі пластини, ламінарний режим течії рідини і встановлена товщина оливного шару забезпечують осадження частинок понад 30 мкм і більше. Далі рідина накопичується в міжстінному просторі, рівень її зростає і вона піднімається в колектор і через вихідний патрубок надходить на інші елементи блоку очищення. Через кожні 100 літрів рідини, що очищається необхідно регенерувати сам очисник. Для цього необхідно повернути ручку, що знаходиться у верхній частині очищувача на один оборот. В цьому випадку приводиться в рух механізм регенерації і чистики, що знаходяться на робочих пластинках, скидають домішки з робочих поверхонь в накопичувальний бак, з якого через вивантажувальне вікно вони витягуються з очищувача.

В процесі проходження оливи через фільтр електромагнітний відбувається його очищення від феромагнітних частинок, за рахунок створення в електромагнітній системі "котушка-дріб-корпус" значного електромагнітного поля, а саме в місцях контакту сталевих дробинок. При цьому феромагнітні частинки затримуються повністю, а немагнітні частково.

Процес очищення в перколяційних фільтрах-адсорберах полягає в проходженні забрудненої оливи через шар адсорбенту. При цьому відбувається відділення частинок твердо-дисперсної фази, частинок води, органічних сполук сажистого характеру. В якості адсорбенту використовують модифікований кремнезем - один із найважливіших і найпоширеніших мінералів кремнію.

Крім того під терміном кремнезем часто розуміють будь-яку поліморфну модифікацію діоксиду кремнію. Діоксид силіцію зустрічається в природі головним чином у вигляді мінералу кварцу.

Це дуже тверда речовина з температурою плавлення 1728°C. Звичайний пісок складається з дрібненьких кристалітів кремнезему білого кольору.

Робота випарника легкокиплячих фракцій полягає в наступному: попередньо підігріта олива через вхідний патрубок по розподільній трубці розподіляється рівномірно по всій поверхні розігрітого циліндра і утворює плівку рідини не більше 2 мм. За рахунок високої температури іде процес випарювання легких фракцій пального і води, а створюване розрідження інтенсифікує

цей процес. Також створюване розрідження дозволяє запобігти процесу окислення оливи.

Однак існуюча конструкція установки не дозволяє повністю вирішити задачу тонкого очищення моторних оливи з метою подальшого їх використання в тракторних двигунах. Тому в подальшій роботі був використаний мобільний модуль для відновлення відпрацьованих моторних оливи при технічному сервісі сільськогосподарської техніки. Структурна схема технологічного процесу наведена на рис. 4, а загальний вигляд мобільного модуля на рис. 5.



Рисунок 4. Структурна схема мобільного модуля для відновлення відпрацьованих моторних оливи



Рисунок 5. Загальний вигляд мобільного модуля для відновлення відпрацьованих моторних оливи

Технологічна схема являє собою наявність чотирьох блоків: перший блок (БДФ) призначений для видалення частинок твердодисперсної фази за допомогою силових полів і масообмінних процесів. Даний блок дає можливість очищувати оливу до 17 класу чистоти згідно ГОСТ 17216-2001. Другий блок (БДВ) призначений для видалення води і легкокиплячих фракцій пального. При цьому наявність води повинна складати-сліди ГОСТ 2477-65, температура спалаху в відкритому тиглі по ГОСТ 4333-87 повинна бути не нижче 200 °С. Густина по ГОСТ 3900-85 не вище 0,90 г/см³. Третій блок (БХЛ) повинен забезпечувати



дозування очищеної і товарної оливи (50:50), а також дозволяти проводити компанування рідин в полі ультразвукових коливань, при цьому кінематична в'язкість згідно ГОСТ 33-2003 повинна відповідати до рівня 10 мм²/с, лужне число згідно ГОСТ 11362-96 (ИСО 6619-88) не нижче 3,5-6 мг КОН/г (в залежності від змащувального матеріалу). Четвертий блок (БСО) призначений для тонкого очищення оливи, при цьому такий показник, як масова доля механічних домішок по ГОСТ 6370-83 (СТ СЭВ 2876-81) повинен складати 0,015%. Мобільний модуль являє собою комплекс апаратів, який дає змогу використовувати їх окремо.

Результати відновлення основних хімотологічних показників моторних оливи установкою УВОМ-200 і мобільним модулем наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Основні хімотологічні показники моторних оливи

Показники	Моторні оливи			
	Товарне М-10Г2	Відпрацьована	Очищена УВОМ-200	Відновлена мобільним модулем
Вміст води	0,2	0,24	Сліди	0,1
Вміст механічних домішок, %	0,027(зола-0,29, Fe-0,006 Ва-0,52)	0,91(зола-0,17, Fe-0,02 Ва-0,42)	0,006(зола-0,5, Fe-0,002 Ва-0,3)	0,015(зола-0,4, Fe-0,004 Ва-0,41)
Температура спалаху у відкритому тиглі, °С	196	193	197	196
В'язкість кінематична при 100 ⁰ С, сСт	9,8	8,42	8,76	9,10
Водневий показник	10,8	6,14	6,2	11,1
Лужне число, мг КОН/г	5,88	5,26	5,44	5,80
Густина, г/см ³	0,900	0,890	0,892	0,900

Висновки. 1. В результаті відновлення відпрацьованих автотракторних оливи установкою УВОМ-200, основні хімотологічні показники відповідали наступним значенням: вода та паливні фракції - відсутні, а забрудненість механічними домішками зменшилась з 0,91 % до 0,06 %, що відповідає 17 класу



чистоти згідно з ГОСТ 17216-2001. Строк служби відновленої оливи склав 80% по відношенню до товарної.

2. Після очищення відпрацьованої моторної оливи мобільним модулем, основні хімотологічні показники були відновлені на 90% в порівнянні з товарною оливою М-10Г₂ згідно ГОСТ 17479.1-85.

Список використаних джерел

1. Мороз Н. Н. Структурный анализ надежности зерноуборочного комбайна. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. Кіровоград, 2006. Вип. 36. С. 94-100.

2. Diagnostics of Engine oil of Internal Combustion Engine by Electrophysical Method of Control / A. G. Vozmilov et al. *Proceedings - 2018 Global Smart Industry Conference*. GloSIC3. 2018. 8570137.

3. Wolak A., Zajac G. Cold cranking viscosity of used synthetic oils originating from vehicles operated under similar driving conditions. *Advances in Mechanical Engineering*. 2018. Vol. 10, № 11. DOI: 10.1177/1687814018808684.

4. Ishizaki K., Nakano M. Reduction of CO₂ emissions and cost analysis of ultra-low viscosity engine oil. *Lubricants*. 2018. Vol. 6, № 4. 102. DOI: 10.3390/lubricants6040102.

5. Stan C., Andreescu C., Toma M. Some aspects of the regeneration of used motor oil. *Procedia Manufacturing*. 2018. Vol. 22. P. 709-713. DOI: 10.1016/j.promfg.2018.03.102.

6. Ostrikov V. V., Vigdorovich V. I., Safonov V. V., Kartoshkin A. P. Development of a Technological Process and Composition of Flushing Oil for Diesel Engines. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. 2018. Vol. 54, № 1. P. 24-28.

7. Журавель Д. П. Влияние процессов старения и загрязнения моторных масел на изнашивание основных узлов тракторных двигателей. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції*. Мелітополь, 2020. С. 333-338.

8. Журавель Д. П. Забезпечення надійності гідросистем сільськогосподарської техніки шляхом очищення робочих рідин. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*. Мелітополь, 2020. Вип. 10, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-2-3.



9. Журавель Д. П. Количественные и качественные изменения показателей моторных масел в процессе их использования. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції. Мелітополь, 2020. С. 322-327.*

10. Журавель Д. П. Безмоторні методи оцінки якості моторних олив енергетичних засобів. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали II Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції. Мелітополь, 2020. С. 504-510.*

11. Sigaeva D. M., Akhmetov I. V., Uzyanbaev R. M., Gubaydullin I. M. Mathematical model of the production of highly purified stable oils with ultra-high viscosity index. *Journal of Physics: Conference Series*. 2018. Vol. 1096, № 1. 012195. DOI: 10.1088/1742-6596/1096/1/012195.

12. Gryazin V., Bagautdinov I., Kozlov K., Belogusev V. Tool for quality control of lubricants. *Engineering for Rural Development*. 2018. Vol. 17. P. 943-947. DOI: 10.22616/ERDev2018.17.N411.

13. Petukhov S. A., Kurmanova L. S., Erzamaev M. P. Transport diesels oil system operation efficiency increase. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*. 2019. Vol. 2 (434). P. 79-85.

14. Wolak A., Zając G. Changes in the operating characteristics of engine oils: A comparison of the results obtained with the use of two automatic devices. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*. 2018. Vol. 113. P. 53-61. DOI: 10.1016/j.measurement.2017.08.037.

15. Motamen Salehi F., Morina A., Neville A. Zinc Dialkyldithiophosphate Additive Adsorption on Carbon Black Particles. *Tribology Letters*. 2018. Vol. 66, № 3. 118. DOI: 10.1007/s11249-018-1070-6.

16. Alie A., Darwito P. A. Improve of engine oil lifetime by using additional filter A case study at PT Vale Indonesia TBK. *AIP Conference Proceedings*. 2019. 2088. 020004. DOI: 10.1063/1.5095256.

17. Wolak A. Changes in Lubricant Properties of Used Synthetic Oils Based on the Total Acid Number. *Measurement and Control*. 2018. Vol. 51, № 1. P. 65-72. DOI: 10.1177/0020294018770916.

18. A review of the performance and emission characteristics of a stationary diesel engine fueled by schleicheraoleosa oil methyl ester



(Some), blends of neem biodiesel, Rice bran biodiesel, palm and palm Kernel oil, Jatropha oil / A. P. Senthil Kumar et al. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development*. 2019. Vol. 9 (Special Issue 2). P. 857-861.

19. Emima Y., Rajesh M., Rao K. S. Experimental investigation on performance and exhaust emission characteristics of diesel engine using eesame blends with diesel and additive. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2019. Vol. 8, № 1. P. 6-11.

20. Nagy A. L., Knaup J., Zsoldos I. A friction and wear study of laboratory aged engine oil in the presence of diesel fuel and oxymethylene ether. *Tribology - Materials, Surfaces and Interfaces*. 2019. Vol. 13, № 1. P. 20-30. DOI: 10.1080/17515831.2018.1558026.

21. Reddy M. S., Sharma N., Agarwal A. K. Effect of straight vegetable oil blends and biodiesel blends on wear of mechanical fuel injection equipment of a constant speed diesel engine. *Renewable Energy*. 2016. Vol. 99. P. 1008-1018. DOI: 10.1016/j.renene.2016.07.072.

Стаття надійшла до редакції 15.02.2021р.

D. Zhuravel, A. Bondar

Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university

HYDRAULIC SYSTEM RELIABILITY AGRICULTURAL MACHINERY BY CLEANING WORKING LIQUIDS

Summary

The work substantiates the methodology and equipment for cleaning working fluids with the aim of extending their service life and further ensuring the operational reliability of hydraulic systems of agricultural machinery. Oil contamination can lead to: deterioration of hydraulic equipment and reduced efficiency; accelerating the process of oxidation of oil; to oil decomposition, emulsification, rust and corrosion; deformation of the pump and the rod of the hydraulic cylinder; failure of valves; development, wear of seats of spools, their jamming; failure of hydraulic motors and hydraulic pumps; wear, jamming of plunger pairs, rocking nodes; failure of the hydraulic distributor; increased wear of seals of hydraulic cylinders, hydraulic motors, hydraulic pumps, etc.; hydraulic system overheating. Therefore, to extend the life of the oils and machinery mechanisms, it is necessary to carry out their planned replacement or cleaning with the help of special filtering equipment. Mathematical models of the reliability of the system for cleaning used hydraulic oils have been developed and investigated. The probabilities of the states that underlie the definition of complex indicators of the reliability of the hydraulic system of agricultural machinery are obtained. In general, the reliability of the entire hydraulic system depends on the reliability of all its elements, as well as on the quality indicators of the working fluids. The main existing methods of purification of chemical-chemical



indicators of working fluids are substantiated. The technical characteristic of the installation for cleaning used hydraulic oils and its operation principle are given.

Key words: cleaning system, system reliability, spent hydraulic oil, filtration, state graph, failure rate and probability, recovery rate, resource.

Д.П. Журавель, А.Н. Бондарь
Таврический государственный агротехнологический университет имени
Дмитрия Моторного

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРОСИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ПУТЕМ ОЧИСТКИ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ

Аннотация

В работе обоснована методика и оборудование для очистки рабочих жидкостей с целью продления срока их службы и дальнейшего обеспечением эксплуатационной надежности гидравлических систем сельскохозяйственной техники. Разработаны и исследованы математические модели надежности системы очистки отработанных гидравлических масел. Получены вероятности состояний, которые положены в основу определения комплексных показателей надежности гидравлической системы сельскохозяйственной техники. В целом надежность всей гидравлической системы зависит от надежности всех ее элементов, а также от качественных показателей рабочих жидкостей. Приведена техническая характеристика установки для очистки отработанных гидравлических масел и ее принцип действия.

Ключевые слова: система очистки, надежность системы, отработанное гидравлическое масло, фильтрация, граф состояний, интенсивность и вероятность отказа, интенсивность восстановления, ресурс.