



DOI: 10.31388/2220-8674-2023-1-4

УДК 621.892: 631.3.004

Д. П. Журавель, д.т.н., проф.

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, тел.: 096-878-24-53

ОБГРУНТУВАННЯ ВПЛИВУ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ РОБОЧИХ РІДИН НА НАДІЙНІСТЬ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ

Анотація. в роботі обгрунтована методика та устаткування для очищення робочих рідин та проведена оцінка впливу з'єднання фільтрів на надійність гідравлічних систем. Розроблено та досліджено математичні моделі надійності системи очищення відпрацьованих гідравлічних олив. 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. Встановлено, що найбільш ефективною системою з'єднання фільтрів слід вважати комбіноване з'єднання, що складається з одного гравітаційного фільтра грубого очищення і трьох перколяційних фільтрів адсорберів. Максимальною імовірністю знаходження фільтрів в справному стані є система з комбінованим з'єднанням фільтрів, ($p_0 = 0,8984$)

Ключові слова: система очищення, надійність системи, відпрацьована гідравлічна олива, фільтрація, з'єднання фільтрів, інтенсивність і ймовірність відмови, інтенсивність відновлення, ресурс.

Постановка проблеми. Не дивлячись на глибокі зміни якісних показників при роботі робочих рідин в гідравлічних системах, основний її вуглеводневий склад змінюється незначно. Якщо з оливи видалити всі механічні домішки і продукти окислення, загальна кількість яких зазвичай не перевищує 4-6 %, то знову можна отримати очищену оливу хорошої якості. А саме на цьому принципі основана система повторного використання оливи, яка дозволить значно скоротити їх витрату для АПК України [1-6].

Аналіз останніх досліджень. Якість робочих рідин 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 сільськогосподарської техніки [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 тощо. Забруднення олив – природний процес, який відбувається внаслідок багатогранних процесів. Основною причиною є забруднення оливи металічними домішками в результаті зносу деталей. Також забруднення відбуваються із-за попадання домішок з атмосфери при заправці, транспортуванні і неправильному зберіганні. 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 справної функціональної системи 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. Температура спалаху в відкритому тиглі – 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. Показником корозійних властивостей є втрата маси свинцевих пластин, яка виражена в $г/м^2$ [11-16].

Конкретний метод очищення вибирається виходячи з характеру забруднення, загального складу оливи і необхідного ступеня очищення. При комплексному забрудненні може бути використано кілька стадій очищення оливи з використанням різних методів. В першу чергу проводять очищення від найбільш великих і найбільш легко відокремлюваних забруднень, після чого слідує стадія тонкого очищення. Якщо установка очищення орієнтована на роботу з різними сортами оливи і видами їх забруднень, то в її склад можуть входити апарати очищення різних конструкцій, що підключаються в роботу по необхідності в залежності від конкретного випадку [17-22].

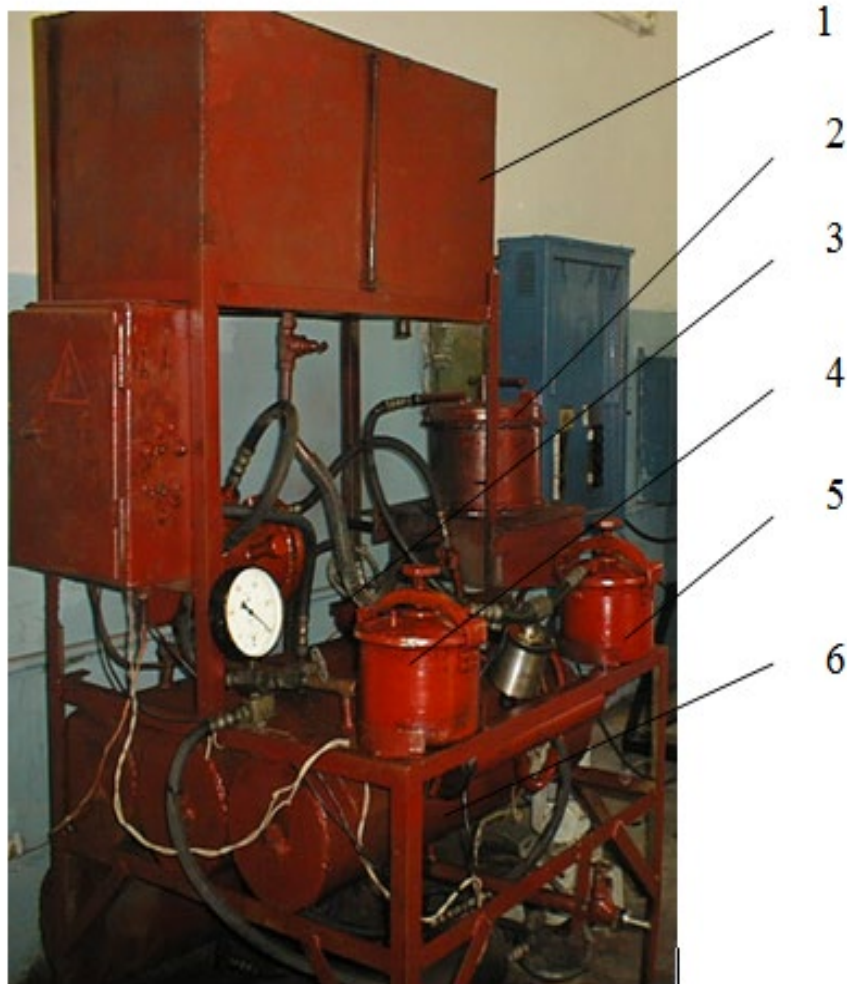
Формулювання мети статті. Обґрунтування методики та устаткування для очищення робочих рідин та проведення оцінки впливу з'єднання фільтрів на надійність гідравлічних систем.

Основна частина. Нами розроблена установка УВОМ-200 для очищення робочих рідин, загальний вигляд якої наведено на рис.1.

Принцип дії установки полягає в наступному: відпрацьована робоча рідина із бака 1 поступає в гравітаційний фільтр грубого

очищення (ГФГО) 2 за допомогою гідронасосу 3. Гравітаційний фільтр грубого очищення складається із корпусу, вхідного і вихідного патрубків, кришки і набору пластин, які виконують функцію гравітаційного очищувача. На цих пластинах під дією гравітаційної сили затримуються грубі механічні домішки. Після чого робоча рідина поступає в перколяційні фільтри адсорбери (ПФА) 4 і 5.

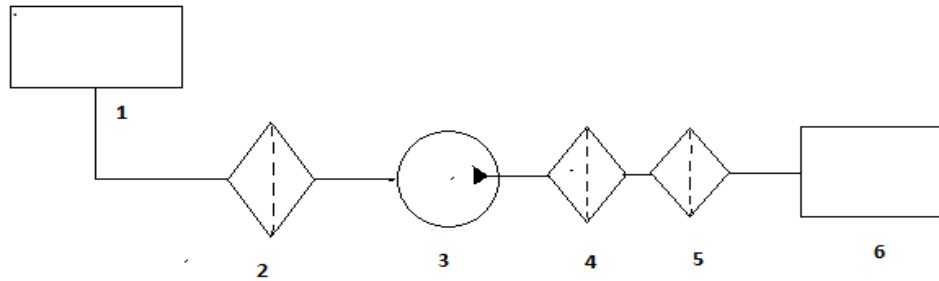
Перколяційні фільтри адсорбери складаються із корпусу, вхідного і вихідного патрубків, кришки і фільтруючого пакету. В якості адсорбенту використовувався модифікований кремнезем, який є широко розповсюдженим природним матеріалом. Процес очищення полягає в проходженні забрудненої оливи через шар адсорбенту. При цьому відбувається відділення частинок твердодисперсної фази, води та органічних з'єднань золистого характеру.



1 – бак для забрудненої оливи; 2 – гравітаційний фільтр грубого очищення (ГФГО); 3 – гідронасос; 4, 5 – перколяційний фільтр адсорбер (ПФА); 6 – бак для очищеної оливи

Рисунок 1. Загальний вигляд установки УВOM-200 для очищення відпрацьованих робочих рідин для гідравлічних систем

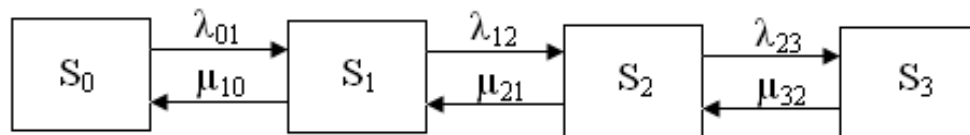
Розглянемо систему для очищення відпрацьованої гідравлічної оливи, яка складається з ГФГО (2), насосу і двох ПФА (4,5), з'єднаних послідовно (рис. 2).



1-бак для забрудненої оливи; 2-ГФГО; 3-гідронасос; 4-ПФА-1; 5-ПФА-2; 6-бак для очищеної оливи

Рисунок 2. Принципіальна схема системи очищення відпрацьованих робочих рідин з послідовно з'єднаними ПФА

Виконаємо теоретичну оцінку надійності системи очищення відпрацьованих робочих рідин при послідовному з'єднанні фільтрів. Систему очищення представимо у вигляді графа станів, який наведено на рис. 3.



S_0 - справний стан системи очищення; S_1 - вихід з ладу ГФГО; S_2 - вихід з ладу ПФА-1; S_3 - вихід з ладу ПФА-2

Рисунок 3. Граф станів системи очищення відпрацьованих робочих рідин при послідовному з'єднанні фільтрів

Досліджувальна система має 4 стани, які описані вище. Всі переходи системи зі стану S_a в S_b відбуваються під впливом найпростіших потоків подій з інтенсивностями $\lambda(a, b)$.

Так, перехід системи зі стану S_0 в S_1 буде відбуватися під впливом потоку відмов першого вузла, а зворотній перехід зі стану S_1 в S_0 - під впливом потоку відновлення, або "закінчення ремонтів" першого вузла і т.п.

Потік відмов фільтрів приймаємо як найпростіший, і час між відмовами в цьому потоці розподіляється по показовому закону і визначається параметрами інтенсивності відмов:

$$\lambda = \frac{1}{t_6}, \quad (1)$$

де t_6 – середній час безвідмовної роботи фільтра.



Час між відновленнями також розподіляється по показовому закону і також визначається параметрами інтенсивності відновлення:

$$\mu = \frac{1}{t_p}, \quad (2)$$

де t_p – середній час відновлення справного стану заміною фільтра.

Використовуючи правило Колмогорова (рівняння граничних ймовірностей), запишемо систему диференціальних рівнянь ймовірностей станів для рис.3.

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dp_0}{dt} = -\lambda_{01}p_0 + \mu_{10}p_1 \\ \frac{dp_1}{dt} = \lambda_{01}p_0 - \lambda_{12}p_1 + \mu_{12}p_2 - \mu_{10}p_1 \\ \frac{dp_2}{dt} = \lambda_{12}p_1 - \mu_{21}p_2 - \lambda_{23}p_2 + \mu_{32}p_3 \\ \frac{dp_3}{dt} = \lambda_{23}p_2 - \mu_{32}p_3 \end{array} \right. \quad (3)$$

Якщо ліві частини рівнянь прирівняти до нуля, то отримаємо систему алгебраїчних рівнянь граничних станів. Використовуючи нормувальну умову:

$$p_0 + p_1 + p_2 + p_3 = 1, \quad (4)$$

а також умову, що при $t = 0$, $p_0 = 1$, отримаємо вирази для визначення ймовірності знаходження досліджуваних фільтрів в справному стані:

$$p_{0\Pi} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} + \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{21}\mu_{10}} + \frac{\lambda_{23}\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{32}\mu_{21}\mu_{10}}} \quad (5)$$

Ймовірність відмови ГФГО визначається за формулою:

$$p_{1\Pi} = \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} p_{0\Pi} \quad (6)$$

Ймовірність відмови ПФА-1 визначається за формулою:



$$P_{2П} = \frac{\lambda_{12}\lambda_{01}}{\mu_{21}\mu_{10}} P_{0П} \quad (7)$$

Імовірність відмови ПФА-2 визначається за формулою:

$$P_{3П} = \frac{\lambda_{23}\lambda_{12}\lambda_{10}}{\mu_{32}\mu_{21}\mu_{10}} P_{0П} \quad (8)$$

Якщо взяти за пропускну здатність установки 0,3 л/хв, то інтенсивності відмов розподіляться таким чином:

$$\lambda_{01} = 1/3 = 0,333, \lambda_{12} = 1/6 = 0,167, \lambda_{23} = 1/12 = 0,083.$$

Інтенсивності відновлення розподіляться таким чином:

$$\mu_{10} = 3, \mu_{21} = 2, \mu_{31} = 1.$$

Розраховуємо імовірність знаходження досліджуваних фільтрів в справному стані:

$$\begin{aligned} P_{0П} &= \frac{1}{1 + \frac{0,333}{3} + \frac{0,167 \cdot 0,333}{2 \cdot 1} + \frac{0,083 \cdot 0,167 \cdot 0,333}{3 \cdot 2 \cdot 1}} = \\ &= \frac{1}{1 + 0,111 + 0,0278 + 0,00077} = 0,87827 \end{aligned}$$

Розраховуємо ймовірність відмови фільтрів ПФА і ГФГО:

$$P_{1П} = \frac{0,333}{3} \cdot 0,87827 = 0,09749.$$

- для ПФА-1:

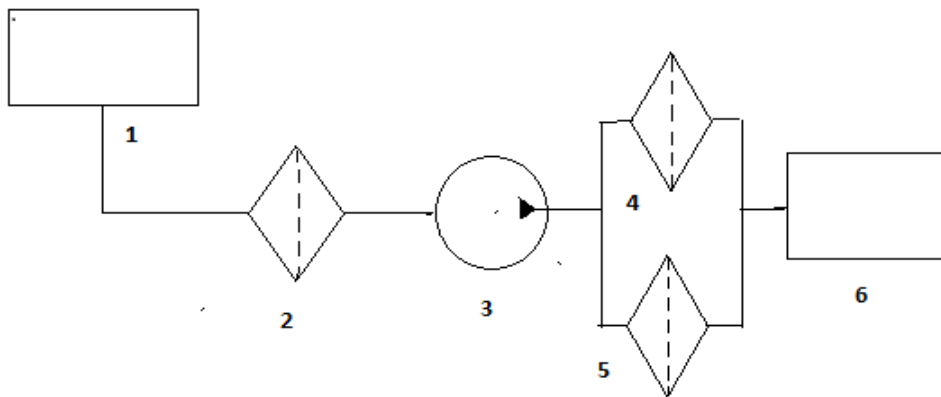
$$P_{2П} = \frac{0,167 \cdot 0,333}{2 \cdot 1} \cdot 0,87827 = 0,02442.$$

- для ПФА-2:

$$P_{3П} = \frac{0,083 \cdot 0,167 \cdot 0,333}{3 \cdot 2 \cdot 1} \cdot 0,87827 = 0,00002027.$$

Розглянемо систему для очищення відпрацьованої гідравлічної оливи, яка складається з ГФГО (2), гідронасосу і двох ПФА (4,5),

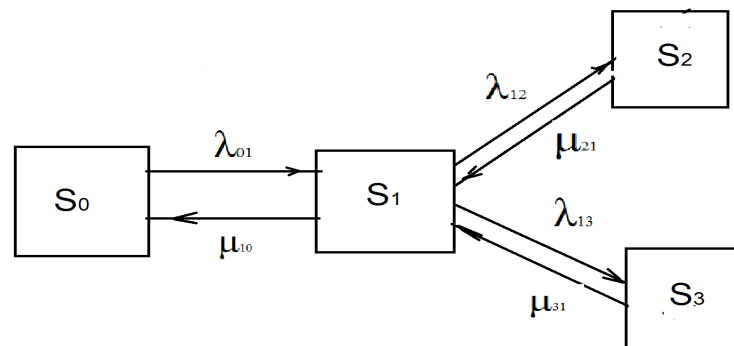
з'єднаних паралельно (рис. 4).



1 - бак для забрудненої оливи; 2 - ГФГО; 3 - гідронасос; 4 - ПФА-1; 5 - ПФА-2; 6 - бак для очищеної оливи

Рисунок 4. Принципіальна схема системи очищення відпрацьованих робочих рідин, з паралельним з'єднанням ПФА

Виконаємо теоретичну оцінку надійності системи очищення відпрацьованих робочих рідин при паралельному з'єднанні фільтрів. Систему очищення представимо у вигляді графа станів, який наведено на рис. 5.



S_0 - справний стан системи очищення; S_1 - вихід з ладу ГФГО; S_2 - вихід з ладу ПФА-1; S_3 - вихід з ладу ПФА-2

Рисунок 5. Граф станів системи очищення відпрацьованих гідравлічних оливи при паралельному з'єднанні фільтрів

Проведемо математичний розрахунок ймовірностей знаходження системи фільтрів з паралельним підключенням ПФА-1 і ПФА-2 у робочому стані P_{opr} . Опускаючи диференціальну частину правила Колмогорова (рівняння граничних ймовірностей) і переходячи на алгебраїчну форму запишемо:

$$P_{opr} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} + \frac{\lambda_{12} \cdot \lambda_{01}}{\mu_{21} \cdot \mu_{10}} + \frac{\lambda_{13} \cdot \lambda_{01}}{\mu_{31} \cdot \mu_{10}}} \quad (9)$$

Ймовірність відмови ГФГО виходячи із формули (1)



$$P_{1\text{пр}} = \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} \cdot P_{0\text{пр}} \quad (10)$$

Імовірність відмови ГФГО і ПФА-1 знаходимо по формулі:

$$P_{2\text{пр}} = \frac{\lambda_{12} \cdot \lambda_{01}}{\mu_{21} \cdot \mu_{10}} \cdot P_{0\text{пр}} \quad (11)$$

Імовірність відмови ГФГО і ПФА-2 знаходимо по формулі:

$$P_{3\text{пр}} = \frac{\lambda_{13} \cdot \lambda_{01}}{\mu_{31} \cdot \mu_{10}} \cdot P_{0\text{пр}} \quad (12)$$

Якщо взяти за пропускну здатність установки 0,3 л/хв, то інтенсивності відмов розподіляться таким чином:

$$\lambda_{01} = 1/3 = 0,333, \lambda_{12} = 1/6 = 0,167, \lambda_{23} = 1/6 = 0,167.$$

Для досліджуваної схеми паралельного підключення фільтрів інтенсивність відновлення буде наступною:

$$\mu_{10} = 3, \mu_{21} = 2, \mu_{31} = 2.$$

Розрахуємо $P_{0\text{пр}}$ – ймовірність знаходження досліджуваних фільтрів в справному стані:

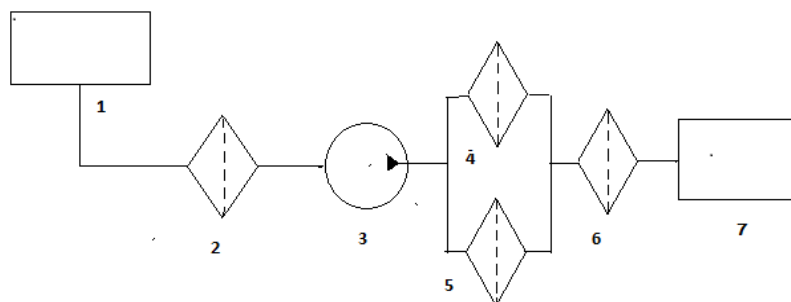
$$P_{0\text{пр}} = \frac{1}{1 + 0,111 + 0,00926 + 0,00926} = 0,88535.$$

Розрахуємо $P_{1\text{пр}}, P_{2\text{пр}}, P_{3\text{пр}}$, - імовірність відмов фільтрів при паралельному з'єднанні:

$$P_{1\text{пр}} = \frac{0,333}{3} \cdot 0,88535 = 0,09827.$$

$$P_{2\text{пр}} = P_{3\text{пр}} = \frac{0,167 \cdot 0,333}{2 \cdot 3} \cdot 0,88535 = 0,00821.$$

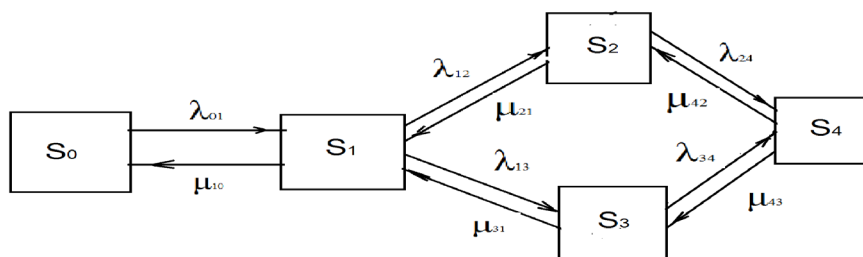
Розглянемо систему для очищення відпрацьованої гідравлічної оливи, яка складається з ГФГО (2), гідронасосу і двох ПФА (4,5), з'єднаних паралельно і одного ПФА (6) з'єданого послідовно (рис. 6).



1 - бак для забрудненої оливи; 2 - ГФГО; 3-гідронасос; 4 - ПФА-1; 5 - ПФА-2; 6 - ПФА-3; 7 - бак для очищеної оливи

Рисунок 6. Принципіальна схема системи очищення відпрацьованих гідравлічних оливи, з комбінованим (паралельно і послідовно) з'єднанням ПФА

Згідно алгоритму попереднього дослідження складаємо граф стану для комбінованої систем рис.6):



S₀ - справний стан системи очищення; S₁ - вихід з ладу ГФГО; S₂ - вихід з ладу ПФА-1; S₃ - вихід з ладу ПФА-2; S₄ - вихід з ладу ПФА-3

Рисунок 6. Граф станів системи очищення відпрацьованої гідравлічної оливи при комбінованому з'єднанні фільтрів

Запишемо формулу для визначення імовірності безвідмовної роботи системи з комбінованим з'єднанням ПФА.

$$P_{0к} = \frac{1}{1 + \frac{\lambda_{01}}{\mu_{10}} + \frac{\lambda_{12} \cdot \lambda_{01}}{\mu_{21} \cdot \mu_{10}} + \frac{\lambda_{13} \cdot \lambda_{01}}{\mu_{31} \cdot \mu_{10}} + \frac{\lambda_{24} \lambda_{12} \cdot \lambda_{01}}{\mu_{42} \cdot \mu_{21} \cdot \mu_{10}} + \frac{\lambda_{34} \lambda_{13} \cdot \lambda_{01}}{\mu_{43} \cdot \mu_{31} \cdot \mu_{10}}} \quad (13)$$

Запишемо розподіл інтенсивності відмов :

$$\lambda_{01} = 1/3 = 0,333, \quad \lambda_{12} = 1/6 = 0,167, \quad \lambda_{13} = 1/6 = 0,167.$$

$$\lambda_{24} = 1/12 = 0,0833, \quad \lambda_{34} = 1/12 = 0,0833.$$

Для досліджуваної схеми комбінованого підключення фільтрів інтенсивність відновлення буде такою:

$$\mu_{10} = 3, \quad \mu_{21} = 2, \quad \mu_{31} = 2, \quad \mu_{42} = 1, \quad \mu_{43} = 1.$$



Розраховуємо ймовірність безвідмовної роботи системи з комбінованим з'єднанням ПФА.

$$P_{0к} = \frac{1}{1 + 0,111 + 0,00926 + 0,00926 + 0,00077} = 0,8984.$$

Далі аналогічно з попередніми розрахунками, розраховуємо ймовірності відмов фільтрів при комбінованому з'єднанні:

$$P_{1к} = \frac{0,333}{3} \cdot 0,8984 = 0,09972.$$

$$P_{2к} = P_{3к} = \frac{0,167 \cdot 0,333}{2 \cdot 3} \cdot 0,8984 = 0,00832.$$

$$P_{4к} = \frac{0,0833 \cdot 0,167 \cdot 0,333}{2 \cdot 3} \cdot 0,8984 = 0,000693.$$

Розрахунки ймовірностей безвідмовної роботи системи p_0 і ймовірність відмов фільтрів $p_{1...4}$ наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Розрахунки ймовірностей безвідмовної роботи системи p_0 і ймовірність відмов фільтрів $p_{1...4}$

Схеми з'єднання фільтрів в системі очищення	Ймовірність безвідмовної роботи системи, p_0	Ймовірність відмови ГФГО, p_1	Ймовірність відмови ПФА-1, p_2	Ймовірність відмови ПФА-2, p_3	Ймовірність відмови ПФА-3, p_4
Послідовне з'єднання фільтрів ПФА	0,87827	0,09749	0,02442	0,0000203	-
Паралельне з'єднання фільтрів ПФА	0,88535	0,09827	0,00821	0,00821	-
Комбіноване з'єднання фільтрів ПФА	0,8984	0,09972	0,00832	0,00832	0,000693

Висновки. 1. Максимальною ймовірністю знаходження фільтрів в справному стані є система з комбінованим з'єднанням фільтрів, ($p_0 = 0,8984$).

2. Виходячи з отриманих теоретичних даних, можна зробити



висновок, що найбільш ефективною системою з'єднання фільтрів слід вважати комбіноване з'єднання, що складається з одного гравітаційного фільтра грубого очищення і трьох перколяційних фільтрів адсорберів.

3. В результаті очищення відпрацьованих робочих рідин для гідравлічних систем установкою УВОМ-200, його забрудненість зменшилась з 0,91 % мас., що відповідає 19 класу чистоти згідно ГОСТ 17216-2001.

Список використаних джерел

1. Журавель Д. П. Підвищення довговічності функціональних систем сільськогосподарської техніки при використанні біопаливно-мастильних матеріалів. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. Серія: техніка та енергетика АПК. К., 2018. Вип. 282. С.279–292.

2. Журавель Д. П. Моделювання процесу зношування прецизійних пар паливних систем мобільної техніки при експлуатації на біодизелі. *Праці ТДАТУ*. Вип. 18.т.2. Мелітополь, 2018. С. 105–118.

3. Журавель Д. П. Підвищення ефективності використання мобільної сільськогосподарської техніки шляхом забезпечення оптимального складу сумішевих біодизельних паливних. *Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання*. Вип.8. Т.2. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. С. 91–107.

4. Журавель Д. П. Моделювання працездатності тракторного агрегату при експлуатації на біодизелі. *Праці ТДАТУ*. Вип. 19.Т.3. Мелітополь, 2019. С. 57–68.

5. Мілько Д. О. Методика складання раціону великої рогатої худоби на основі поживної цінності кормових компонентів. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник / ННЦ «ІМЕСГ»*. Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 91–96.

6. Бондар А. М. Використання біологічної оливи для сільськогосподарської техніки. *Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодержавний збірник*. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2019. Вип. № 10 (109). С. 125–131.

7. Galina Gritsaenko, Igor Gritsaenko, Andrei Bondar. Mechanism for the Maintenance of Investment in Agriculture / Modern Development Paths of Agricultural Production. *Springer Nature Switzerland AG.*, 2019. P. 29–40.

8. Kyrylo Samoichuk, Olga Viunyk, Dmytro Milko, Andrii Bondar Research on milk homogenization in the stream homogenizer with separate cream feeding. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2020. Vol. 14. P. 142–148.

9. Dmitry Milko, Kyrylo Samoichuk, Yulia Postol Revealing new



patterns in resourcesaving processing of chromium-containing ore raw materials by solidphase reduction. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2020. Vol. 1/12(103). P. 24–29.

10. Dmytro Milko., Oleksandr Sclyar., Radmila Sclyar., Ganna Pedchenko. Results of the nutritional preservation research of the alfalfa laying on storage with two-phase compaction. *INMATEH - Agricultural Engineering*. National Institute Of Research-Development For Machines And Installations Designed To Agriculture And Food Industry - INMA Bucharest, Vol. 60, no.1 / 2020. P. 269–274.

11. Kyrylo Samoichuk, Nadiya Palyanichka, Vadim Oleksiienko, Serhii Petrychenko. Improving the quality of milk dispersion in a counter-jet homogenizer. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2020. Vol. 14. P.633–640.

12. Бондар А. М. Покращення та оцінка якісних показників відпрацьованих автотракторних олив для сільськогосподарської техніки. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання*. ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 15 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-6.

13. Бондар А. М. Прогнозування ресурсу трибосистем при використанні сумішевих олив. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання*. ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. 19 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-10.

14. Бондар А. М., Дашивець Г. І., Паніна В. В. Обґрунтування швидкісних параметрів роботи машино-тракторного агрегату. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання*. ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 2. С. 85-97. 13 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-16.

15. Dmytro Zhuravel. Research of lubricant properties of used tractor motor oils. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання*. ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 2. 18 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-2-5.

16. Kuznetsov M., Lysenko O., Chebanov A. Ensuring power balance in a hybrid power system with a backup generator. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6 (8 (114)), 2021 Pp. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245557>.

17. Бондар А. М., Дашивець Г. І., Паніна В. В. Методика обробки емпіричних даних якісних показників роботи колісної машини. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання*. ТДАТУ; гол. ред.



д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Мелітополь: ТДАТУ, 2022. Вип. 12, том 2. 13 с. DOI: 10.31388/2220-8674-2022-2-2.

18. Samoichuk, K.; Petrychenko, S.; Bondar, A.; Hutsol, T.; Kubo' n, M.; Niemiec, M.; Mykhailova, L.; Gródek-Szostak, Z.; Sorokin, D. Modeling of Diesel Engine Fuel Systems Reliability When Operating on Biofuels. *Energies*, 2022, 15, 1795. <https://doi.org/10.3390/en15051795>.

19. Каплан, М.; Klimek, K.; Maj, G.; Bondar, A.; Lemeshchenko-Lagoda, V.; Boltianskyi, B.; Boltianska, L.; Syrotyuk, H.; Syrotyuk, S.; et al. Method of Evaluation of Materials Wear of Cylinder-Piston Group of Diesel Engines in the Biodiesel Fuel Environment. *Energies*, 2022, 15, 3416. <https://doi.org/10.3390/en15093416>.

20. Журавель Д. П. Вплив технічного обслуговування і ремонту на надійність машин та обладнання при використанні біологічних рідин. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. Вип. 10. Том 1. Мелітополь, 2020. 9 с. DOI:10.31388/2220-8674-2020-1-3.

21. Журавель Д. П. Рациональне використання біологічних олив для мобільних енергетичних засобів. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного. Вип. 10. Том 1. Мелітополь, 2020. 17 с. DOI:10.31388 / 2220-8674-2020-1-9.

22. Мороз Н. Н. Структурный анализ надежности зерноуборочного комбайна. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* Кіровоград: КНТУ, 2006. Вип. 36. С. 94–100.

Стаття надійшла до редакції 02.03.2023 р.

D. Zhuravel, A. Bondar

Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university

JUSTIFICATION OF THE INFLUENCE OF THE WASTE WORKING FLUIDS CLEANING SYSTEM ON RELIABILITY HYDRAULIC SYSTEMS

Summary

The paper substantiates a technique and equipment for cleaning working fluids in order to extend their service life and further ensure the reliability of the hydraulic systems of agricultural machinery. To extend the service life of oils and machine mechanisms, it is necessary to carry out their planned replacement or cleaning using special filtering equipment. When cleaning by physical methods, the oil does not undergo any chemical changes, and the process is carried out using a certain physical effect. The field of gravitational or centrifugal forces, electric or magnetic field, etc. can be used. Various heat exchange processes, filtration and vibration are also used. Methods of this group usually act as an initial stage of cleaning, at which mechanical impurities, liquid pollutants (including water) and gas inclusions are removed. The most common physical methods



of cleaning include the following items: Oil filtration consists in passing contaminated oil through a volume of filter material, the porous or mesh structure of which allows it to pass oil components and retain mechanical and part of liquid inclusions. The degree of purification depends on both the size of the separated particles and the size of the pores or mesh cells. As a filter material, metal or plastic nets, ceramics, fabrics, paper and more complex composite materials can be used. The filtration apparatus is called a filter. Correct selection of filter material allows you to adjust the filter for both coarse and fine cleaning. The main disadvantage of this process is the need to regenerate filter baffles that are prone to clogging during use, or to dispose of them if it is impossible to restore their serviceability. Mathematical models of the reliability of the system for cleaning waste hydraulic oils have been developed and investigated. The probabilities of the states underlying the determination 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 working fluids. The main existing methods of purification of chemical and chemical parameters of working fluids are substantiated. It has been established that the most effective system for connecting filters should be considered a combined connection consisting of one coarse gravity filter and three percolation filters of adsorbers.

Key words: cleaning system, system reliability, used hydraulic oil, filtration, filter connection, intensity and probability of failure, recovery rate, resource.