МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 13, том 1

Електронне наукове фахове видання

Запоріжжя – 2023 р.

УДК 60/68(08)
Т 13
Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету: електронне наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. – Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. – Вип. 13, том 1. – 516 с.

ISSN 2220-8674

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,
Протокол № 10 від 21квітня 2023 р.

Представлені результати наукових досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, енергетики, електротехніки, електромеханіки, харчових технологій, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, інженерно-технічного персоналу і здобувачів вищої освіти, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

Реферативні бази: Crossref, Google Scholar, AGRIS, НБУ ім. В. І. Вернадського.

Редакційна колегія:

Головний редактор
Кюрчев В. М. чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)
Заступник головного редактора
Надикто В. Т. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (Україна)
Панченко А. І. – д.т.н., проф. (Україна)
Відповідальний секретар
Волошина А. А. – д.т.н., проф. (Україна)
Технічний секретар
Погорельцева Д. О. (Україна)

Beloev Hristo – Dr., professor (Bulgaria)
Ivanovs Semjons – PhD (Latvia)
Olt Jüri – PhD, professor (Eesti)
Pascuzzi Simone – Associate Professor (Italia)
Pavol Findura – PhD, professor (Slovakia)
Szafraniec Andrzej – Dr., professor (Poland)
Qawaqzeh Mohamed – PhD (Jordan)
Вершков О. О. – к.т.н., доц. (Україна)
Гавриленко Є. А. – д.т.н., проф. (Україна)
Галько С. В. – к.т.н., доц. (Україна)
Гнатушенко В. В. – д.т.н., проф. (Україна)
Гумен О. М. - д.т.н., проф. (Україна)
Дейниченко Г. В. – д.т.н., проф. (Україна)
Дідур В. В. – д.т.н., проф. (Україна)
Євлаш В. В. – д.т.н., проф. (Україна)
Журавель Д. П. – д.т.н., проф. (Україна)
Квітка С. О. – к.т.н., доц. (Україна)
Кувачов В. П. – д.т.н., проф. (Україна)
Кузнєцов М. П. – д.т.н., с.н.с. (Україна)
Кюрчев С. В. – д.т.н., проф. (Україна)
Лисенко В. П. – д.т.н., проф. (Україна)
Лисенко О. В. – д.т.н., проф. (Україна)
Лисиченко М. Л. – д.т.н., проф. (Україна)
Ломейко О. П. – к.т.н., доц (Україна)
Лубко Д. В. – к.т.н., доц. (Україна)
Малкіна В. М. – д.т.н., проф. (Україна)
Мацулевич О. Є. – к.т.н., доц. (Україна)
Мірошник О. О. – д.т.н., професор (Україна)
Паламарчук І. П. – д.т.н., проф. (Україна)
Пилипенко Л. М. – д.т.н., проф. (Україна)
Пріс О. П. – д.т.н., проф. (Україна)
Самойчук К. О. – д.т.н., проф. (Україна)
Сердюк М. Є. – д.т.н., проф. (Україна)
Сидоренко О. С. – к.т.н., доц. (Україна)
Скляр О. Г. – к.т.н., проф. (Україна)
Скляр Р. В. – к.т.н., доц (Україна)
Тітова О. А. – д.пед.н., проф. (Україна)
Холодняк Ю. В. – к.т.н., доц. (Україна)
Шоман О. В. - д.т.н., проф. (Україна)
Ялпачик В. Ф. – д.т.н., проф. (Україна)

Відповідальний за випуск - к.т.н., професор Скляр О. Г.

Адреса редакції ТДАТУ:

Юридична:
пр. Б. Хмельницького 18,
м. Мелітополь, Запорізька обл.
72312 Україна

Фактична:
вул. Жуковського, 66,
м. Запоріжжя, Запорізька обл.
69600, Україна

© Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2023

ЗМІСТ

ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

Кюрчев С. В., Самойчук К. О., Ломейко О. П. 1
Методика розрахунку експериментального зразка струминного гомогенізатора молока

Волик Б. А., Теслюк Г. В., Коновий А. В., Лепеть Є. І. 2
Аналітичний огляд методів моделювання засобів механізації обробітку грунту

Панченко А. І., Волошина А. А., Панченко І. А., Волошин А. А. 3
Вплив величини діаметрального зазору на кінематику руху внутрішнього ротора орбітального гідромотора

Журавель Д. П., Бондар А. М. 4
Обгрунтування впливу системи очищення відпрацьованих робочих рідин на надійність гідравлічних систем

Попов С. В., Семенов А. О., Євменов Р. Ю. 5
Експериментальне дослідження удосконаленої конструкції електропневмоклапану пневматичної системи автопоїзду-зерновозу

Козаченко О. В., Сєдих К. В., Волковський О. М. 6
Теоретичний аналіз силової взаємодії дискового робочого органу з грунтовим середовищем

Скляр О. Г., Скляр Р. В., Григоренко С. М. 7
Методика моделювання та оптимізації структури посівних площ

Захаров А. В., Рибалко І. М., Тіхонов О. В., Сайчук О. В. 8
Дослідження зношуючої здатності ґрунтів та її вплив на довговічність робочих органів ґрунтообробних машин

Дідур В. В., Петриченко Є. А., Новик О. Ю. 9
Ультразвук та його застосування в промисловості

Кюрчев С. В., Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О. 10
Ефект зберігання ягід після застосування холоду

Комар А. С., Болтянський Б. В. 11
Конструктивно-технологічне вдосконалення вальцевих грануляторів з плоскою матрицею

Пилипака С. Ф., Клендій М. Б., Драган А. П. 12
Моделювання та дослідження процесу транспортування сипучого матеріалу перевантажувальним патрубком гвинтового конвеєра

Дідур В. В., В'юник О. В., Дашивець Г. І. 13
Аналіз методів очищення олії, віджатої з рослинної сировини

Паляничка Н. О., Верхоланцева В. О., Червоткіна О. О., Ковальов О. О. 14
Обгрунтування розробки лабораторної установки імпульсного гомогенізатора

Ковальов О. О., Самойчук К. О., Фучаджи Н. О. 15
Методологія дослідження параметрів струминних гомогенізаторів молока

Самохвал В. А., Самойчук К. О. 16
Дослідження ефективності роботи обладнання для інтенсифікації відтискання технічних олій в гвинтових прес-екструдерах для виготовлення паливних брикетів

ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Сукманов В. О., Мулько І. С. 17
Дослідження реологічних та органолептичних властивостей курячих нагетсів з низьким вмістом хлориду натрію та додаванням яблука

Кузьміна Т. О., Зубкова К. В., Стоянова О. В., Мамай О. І., Яковенко Т. О. 18
Розробка рецептури фруктових джемів для профілактичного харчування відповідно до вимог міжнародних стандартів

Крижак Л. М., Семко Т. В., Іваніщева О. А. 19
Дослідження особливостей використання штамів пробіотиків у технології виробництва ферментованих м'ясних продуктів

Болгова Н. В., Ільченко Н. О., Губа С. О., Соколенко В. В. 20
Аналіз технології виробництва твердого сиру з рослинними добавками

Горач О. О. 21
Технологічне обладнання для заморожування плодово-ягідної продукції

Дзюндзя О. В., Горач О. В., Резвих Н. І. 22
Технологічні процеси та обладнання для гомогенізації майонезу

Мельник О. Ю., Мазуренко І. К., Степанова Т. М., Кошель О. Ю., Сабадаш С. М. 23
Особливості технології нового батончика желейного

Priss O. P., Sukhenko V. Yu., Bulhakov P. O. 24
Asparagus dry soluble and insoluble matter during storage

Ярмош Т. А., Перцевой Ф. В. 25
Аналіз використання волоського горіха у харчовій промисловості

Губа С. О., Бабенко Б. В., Болгова Н. В., Соколенко В. В. 26
Дослідження рівня обізнаності молоді в питаннях впливу екологічної складової на безпечність харчової продукції

Вареник А. С., Перцевой Ф. В. 27
Використання продуктів переробки конопель у виробництві кондитерських борошняних виробів

Дзюндзя О. В., Погрібняк О. А. 28
Перспективи використання гарбуза у стравах для закладів ресторанного господарства

Д. О. Майборода, О. О. Данченко, Л. М. Здоровцева, М. М. Данченко, *Ю. В. Ніколаєва* 29
Регулювання якості м’яса гусей біологічно активними сполуками вівса посівного

Ф. В. Перцевой, Т. І. Фотіна, О. Ю. Кошель, Т. І. Маренкова 30
Розширення асортименту паштетів збагачених на культивовану грибну сировину при кейтеринговому обслуговуванні

І. Л. Заморська 31
Вміст та форми вологи у заморожених ягодах суниці садової функціонального призначення

Igor Mazurenko, Yunbo Li, Shao Zhengzheng, Yangui Xie 32
Flour and confectionery products for children. Requirements for quality and safety indicators

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

Попова І. О., Чаусов С. В. 33
Підвищення точності роботи мікропроцесорного пристрою захисту асинхронного двигуна

Юрченко О. Ю., Барсукова Г. В. 34
Процес відновлення акумуляторної батареї комплексним підходом

Волошин В. С., Азархов О. Ю. 35
Роль екосистеми «людина» в енергообміні на планеті

Гулевський В. Б., Постол Ю. О., Мигуля В. В. 36
Перспективи застосування автоматизованого проєктування систем очищення змащувально-охолоджувальних рідин

Бабич М. І., Коробка С. В. 37
Методика обґрунтування параметрів турбіни та деріваційного каналу мікрогідроелектростанції для умов гірської річки

Радько І. П., Наливайко В. А., Окушко О. В. 38
Застосування методів енергозбереження у виробничій діяльності як інструмент підвищення енергоефективності

Боярчук В. М., Коробка С. В., Стукалець І. Г., Бабич М. І., Сиротюк С. В. 39
Методика дослідження ефективності електрохімічного акумулювання електроенергії

Юрченко О. Ю., Барсукова Г. В. 40
Використання імпульсного електричного поля як спосіб покращення показників якості насіння

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ

Холодняк Ю. В., Гавриленко Є. А., Зінов'єва О. Г. 41
Розробка алгоритму моделювання кривих з заданими властивостями

Лубко Д. В., Зінов'єва О. Г. 42
Проектування імітаційної моделі роботи зернового збирально-транспортного комплексу

Сіциліцин Ю. О. 43
Використання AWS і Heroku для розробки паралельних і розподілених додатків в університетських лабораторіях

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 обґрунтована 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 олив, яка дозволить значно скоротити їх витрату для АПК України [1-6].

Аналіз останніх досліджень. Якість робочих рідин характеризується такими загальними фізико-хімічними властивостями,

© Д. П. Журавель, А. М. Бондар

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 я якої необхідно нагріти оливу, щоб пари її утворили з повітрям вибухову суміш, яка спалахує при піднесенні до неї полум'я. Температура спалаху характеризує вогненебезпечність 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

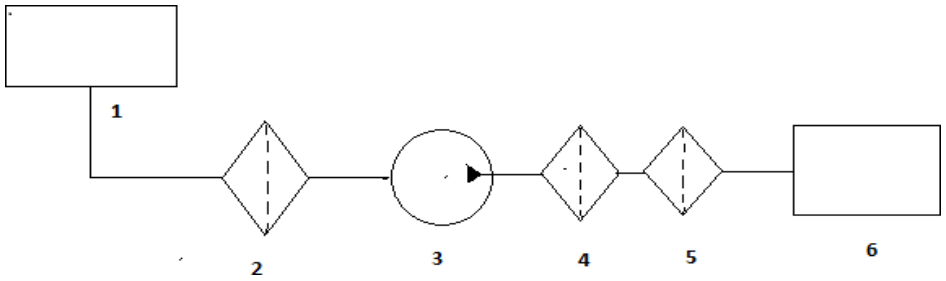
очищення (ГФГО) 2 за допомогою гідронасосу 3. Гравітаційний фільтр грубого очищення складається із корпусу, вхідного і вихідного патрубка, кришки і набору пластин, які виконують функцію гравітаційного очищувача. На цих пластинах під дією гравітаційної сили затримуються грубі механічні домішки. Після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

Перколяційні фільтри адсорбери складаються із корпусу, вхідного і вихідного патрубка, 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 УВОМ-200 для очищення відпрацьованих робочих рідин для гідравлічних систем

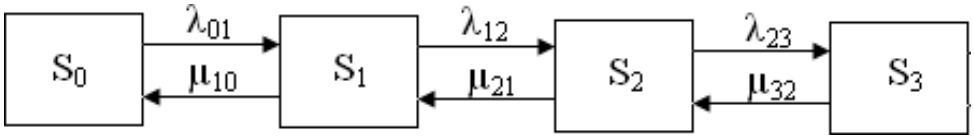
Розглянемо систему для очищення відпрацьованої гідравлічної оливи, яка складається з ГФГО (2), насосу і двух ПФА (4,5), з'єднаних послідовно (рис. 2).



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

Дослідувальна 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 λ (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:

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

де $t_б$ – 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.

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

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:

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

Імовірність відмови ГФГО визначається за формулою:

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

Імовірність 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:

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

Розраховуємо імовірність знаходження досліджуваних фільтрів в справному стані:

$$P_{0п} = \frac{1}{1+\frac{0{,}333}{3}+\frac{0{,}167\cdot 0{,}333}{2\cdot 1}+\frac{0{,}083\cdot 0{,}167\cdot 0{,}333}{3\cdot 2\cdot 1}} = \frac{1}{1+0{,}111+0{,}0278+0{,}00077} = 0{,}87827$$

Розраховуємо ймовірність відмови фільтрів ПФА і ГФГО:

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

- для ПФА-1:

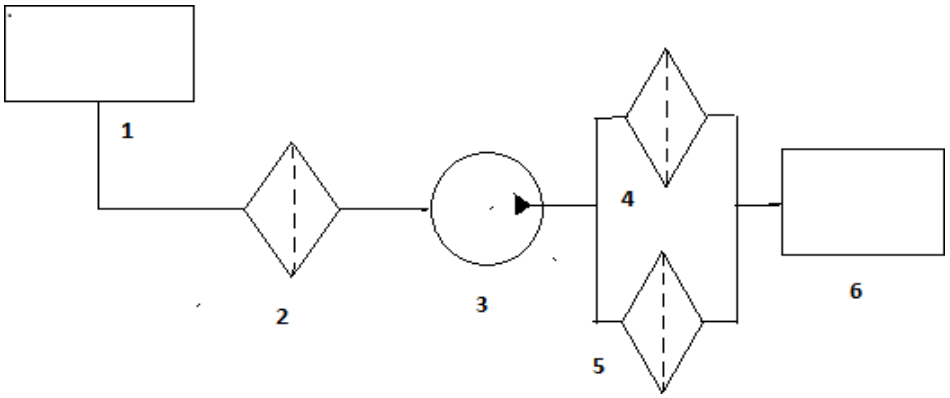
$$P_{2п} = \frac{0{,}167\cdot 0{,}333}{2\cdot 1}\cdot 0{,}87827 = 0{,}02442.$$

- 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 двух ПФА (4,5),

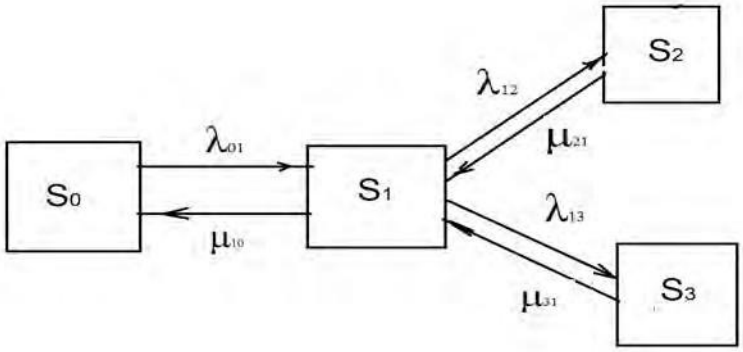
з’єднаних паралельно (рис. 4).



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 олив при паралельному з’єднанні фільтрів

Проведемо математичний розрахунок ймовірностей находження системи фільтрів з паралельним підключенням ПФА-1 і ПФА-2 у робочому стані $P_{0пр}$. Опускаючи диференціальну частину правила Колмогорова (рівняння граничних ймовірностей) і переходячи на алгебрагічну форму запишемо:

$$P_{0пр} = \frac{1}{1+\frac{\lambda\lambda_{01}}{\mu_{10}}+\frac{\lambda\lambda_{12}\cdot\lambda\lambda_{01}}{\mu_{21}\cdot\mu_{10}}+\frac{\lambda\lambda_{13}\cdot\lambda\lambda_{01}}{\mu_{31}\cdot\mu_{10}}} \quad (9)$$

Імовірність відмови ГФГО виходячи із формули (1)

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

Імовірність відмови ГФГО і ПФА-1 знаходимо по формулі:

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

Імовірність відмови ГФГО і ПФА-2знаходимо по формулі:

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

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

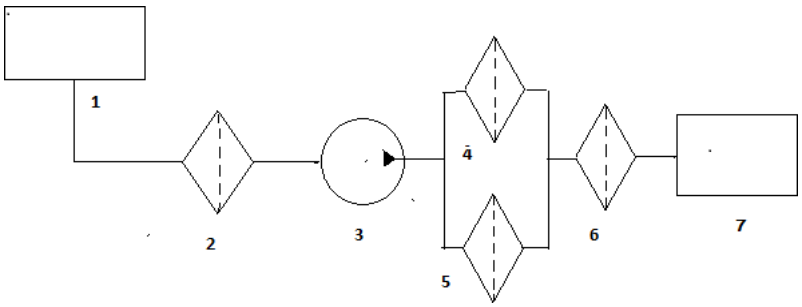
$$P_{0пр} = \frac{1}{1 + 0.111 + 0{,}00926 + 0{,}00926} = 0{,}88535.$$

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

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

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

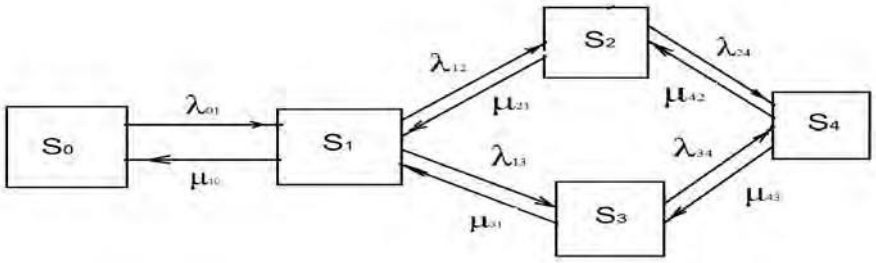
Розглянемо систему для очищення відпрацьованої гідравлічної оливи, яка складається з ГФГО (2), гідронасосу і двух ПФА (4,5), з'єднаних паралельно і одного ПФА (6) з'єднаного послідовно (рис. 6).



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 олив, з комбінованим (паралельно і послідовно) з'єднанням ПФА

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



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; S_4 - 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.

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

Запишемо розподіл інтенсивності відмов :

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

$$\lambda_{24} = {}^{1}\!/_{12} = 0{,}0833,\ \lambda_{13} = {}^{1}\!/_{12} = 0{,}0833.$$

Для досліджуваної схеми комбінованого підключення фільтрів інтенсивність відновлення буде такою:

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

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 імовірності 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 імовірність 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	Ймовір-ність без-відмовної роботи системи, p_0	Ймовір-ність відмови ГФГО, p_1	Ймовір-ність відмови ПФА-1, p_2	Ймовір-ність відмови ПФА-2, p_3	Ймовір-ність 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 імовірністю 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.* 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*. 2018. Вип. 18, т. 2. С. 105–118.

3. Журавель Д. П. Підвищення ефективності використання мобільної сільськогосподарської техніки шляхом забезпечення оптимального складу сумішевих біодизельних пальних. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2018. Вип. 8, т. 2. С. 91–107.

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

5. Мілько Д. О. Методика складання раціону великої рогатої худоби на основі поживної цінності кормових компонентів. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2019. Вип. 10(109). С. 91–96.

6. Бондар А. М. Використання біологічної оливи для сільськогосподарської техніки. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2019. Вип.10(109). С. 125–131.

7. Gritsaenko G., Gritsaenko I., Bondar A. Mechanism for the Maintenance of Investment in Agriculture. *Modern Development Paths of Agricultural Production.* 2019. P. 29– 40.

8. Samoichuk K., Viunyk O., Milko D., Bondar A. 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. Milko D., Samoichuk K., Postol Yu. 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. Milko D., Sclyar O., Sclyar R., Pedchenko G. Results of the nutritional preservation research of the alfalfa laying on storage with two-phase compaction. *INMATEH - Agricultural Engineering.* 2020. Vol. 60(1), P. 269–274.

11. Samoichuk K., Palyanichka N., Oleksiienko V., Petrychenko S. 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*. 2021. Вип. 11, т. 1. 15 с. https://doi.org/10.31388/2220-8674-2021-1-6.

13. Бондар А. М. Прогнозування ресурсу трибосистем при використанні сумішевих олив. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2021. Вип. 11, т. 1. 19с. https://doi.org/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*. 2021. Вип. 11, т. 2. С. 85-97. https://doi.org/10.31388/2220-8674-2021-2-16.

15. Zhuravel D. Research of lubricant properties of used tractor motor oils. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2021. Вип. 11, т. 2. 18 с. https://doi.org/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*. 2021. Vol. 6(8 (114)). P. 6–15.

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*.

2022. Вип. 12, т. 2. 13 с. https://doi.org/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. Vol. 15. no 1795. https://doi.org/10.3390/en15051795.

19. Kapłan M., Klimek K., Maj G., Bondar A., Lemeshchenko-Lagoda V., Boltianskyi B., Boltianska L., Syrotyuk H., Syrotyuk S. [et al.] Method of Evaluation of MaterialsWear of Cylinder-Piston Group ofDiesel Engines in the Biodiesel Fuel Environment. *Energies*. 2022. Vol. 15. no 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.* 2020. Вип. 10, т. 1. 9 с. https://doi.org/10.31388/2220-8674-2020-1-3.

21. Журавель Д. П. Раціональне використання біологічних олив для мобільних енергетичних засобів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*. 2020. Вип. 10, т. 1. 17 с. https://doi.org/10.31388 / 2220-8674-2020-1-9.

22. Мороз Н. Н. Структурный анализ надежности зерноуборочного комбайна. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 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.

Електронне наукове фахове видання

Науковий вісник
Таврійського державного агротехнологічного університету

Випуск 13, том 1.

Відповідальний за випуск – к.т.н., професор Скляр О. Г.

Комп’ютерна верстка: Комар А. С.

Підписано до друку 22 квітня 2023 р.
Друкарня ТДАТУ
26,76 умов. друк. арк.