

*Калюжний О. Б.*  
Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна  
*Платков В. Я.*  
Луганський національний аграрний університет,  
Старобільськ, Україна

## **ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ РОБОТИ ФІЛЬТРІВ ОЧИЩЕННЯ БІОПАЛИВ**

На даний час багато уваги приділяється поновлюваним джерелам енергії, які добувають з рослинної сировини. Стосовно до сільськогосподарського виробництва безсумнівний пріоритет належить біопаливу на основі рослинних олій для дизельних двигунів - біодизельного палива, яке з успіхом використовується в ряді країн як альтернатива дизельному паливу [1]. Біопаливом, більш близьким за своїми фізико-хімічними властивостями до вуглеводневого (дизельного) палива, є суміш метилових ефірів жирних кислот ріпакової олії (МЕРО).

На підставі аналізу було визначено, що перспективним альтернативним паливом дизельних двигунів для умов України є біодизельне паливо, яке отримують шляхом змішування рідких вуглеводневих палив і похідних ріпакового масла - метилових ефірів ріпакової олії. При цьому раціональним складом такого бінарного біодизельного палива є 10 % МЄРО + 90 % нафтового дизельного палива (В10) та 30 % МЄРО + 70 % нафтового дизельного палива (В30).

Однак, відмінності фізико-хімічних та експлуатаційних показників нафтового дизельного та біодизельного палив можуть суттєво вплинути на строк служби паперових фільтруючих елементів, якими оснащені фільтри тонкого очищення дизельних двигунів. На жаль процеси фільтрування біопалива раніш не вивчалися.

Залишковий в біодизелі метанол викликає набухання фільтрувального паперу, що призводить до зменшення розмірів порових каналів та збільшення перепаду тисків на фільтруючому елементі і, як наслідок цього, зменшує ресурс роботи фільтра. Крім цього, через втрату міцності фільтруючий елемент може зруйнуватися, не досягнувши граничного перепаду тисків.

Відповідно до [2], у дизельному паливі механічні домішки повинні бути відсутні при визначенні їх кількісним методом за [3] (масова частка механічних домішок до 0,005 % включно оцінюється як їхня відсутність). Однак біодизельне паливо може містити вільну воду, гліцерин, жирні й високомолекулярні органічні кислоти, продукти полімеризації, які викликають забруднення паливних фільтрів.

Доцільно було провести паралельні дослідження процесів фільтрування МЄРО, дизельного палива (ДП) і биопалив В10, В30.

Для визначення забруднення МЕРО, ДП, В10 й В30, проби цих видів палива були відфільтровані через паперовий фільтруючий матеріал ПФДП

( $S = 1,13 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ ) при постійному перепаді тиску ( $\Delta P = 2,5 \text{ кПа}$ ). Встановлено, що при одержанні змішаних палив В10 й В30 відбувалося їхнє помутніння. Осад, затриманий фільтром при фільтруванні різних видів палива, характеризував їхнє забруднення (рис. 1).

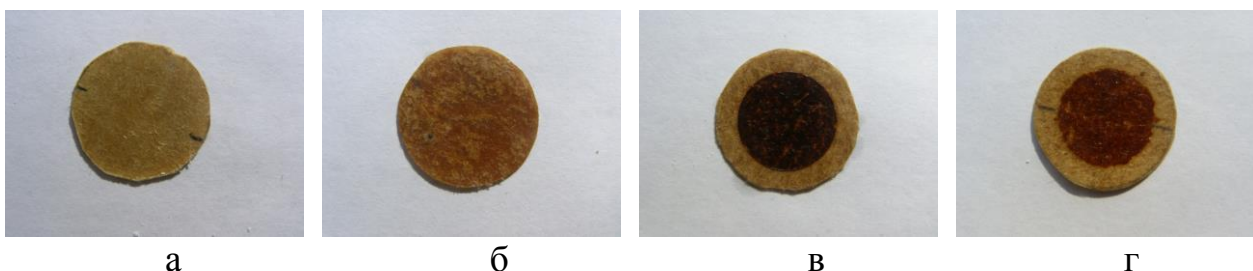


Рисунок 1 – Осад, затриманий фільтром при фільтруванні різних видів палива: а – ДП (осад відсутній), б – МЕРО (осад відсутній, але мають місце жирові плями на поверхні), в – В10 (щільний осад чорного кольору), г – В30 (пухкий осад коричневого кольору)

Відомо [2], що коефіцієнт фільтрування ( $K_{\phi}$ ) ДП для забезпечення тривалої роботи фільтрів повинен бути меншим або рівним 3. Забруднених смолами, сіркою, милами нафтових кислот, механічними домішками, істотно впливає на ресурс роботи фільтра тонкого очищення [4]. Більше значення  $K_{\phi}$  характеризує підвищену здатність палива збільшувати швидкість росту гідравлічного опору фільтрів, а звідси, знижувати ресурс фільтруючих елементів до заміни (рис. 2).

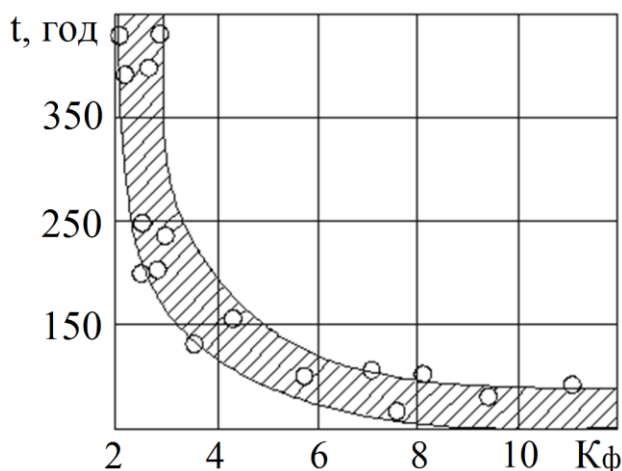


Рисунок 2 – Залежність ресурсу роботи  $t$  наперових фільтруючих елементів ЕПФ-3 на дизелі від коефіцієнта фільтрування палива  $K_{\phi}$

Згідно [5] були визначені  $K_{\phi}$  для ДП, В10 й В30. Проведені дослідження показали, що  $K_{\phi}$  дизельного палива ДП відповідають вимогам ГОСТ 305 ( $K_{\phi \text{ ДП}} = 2,6$ ). В той же час,  $K_{\phi}$  сумішних палив В30 й В10 значно більше за 3 ( $K_{\phi \text{ В10}} = 41,23$ ;  $K_{\phi \text{ В30}} = 12,14$ ). При цьому  $K_{\phi}$  палива В10 у чотири рази вища за

$K_{\phi}$  палива В30. Таким чином, паливо В10 та В30 не можливе використовувати без додаткової підготовки.

Відомо, що фільтрування може супроводжуватися по 4 схемам [2]: повним або частковим закупорюванням пор, утворенням над входом у пори пухких структур у вигляді сводиків або утворенням осаду на поверхні перегородки. Зазначені процеси можуть відбуватися як послідовно в часі, так й одночасно по двох або декількох перерахованих схемах.

Тривала витримка змішаного палива приводить до укрупнення часток, які знаходяться в ньому і утворюють при фільтруванні осад на фільтруючій перегородці [6]. Осад, що утворюється, не перекриває порові канали і не перешкоджає проходженню палива через фільтр.

Щоб визначити мінімальний час витримки, після якого фільтрація буде здійснюватися з утворенням осаду, було вивчено вплив часу витримки на механізм осадження забруднення (рис. 3).

З аналізу експериментальних даних видно:

- змішані палива В10 й В30, безпосередньо після їх виготовлення (час витримки перед фільтруванням  $\sim 25$  хв.), мають високий ступінь забруднення дрібнодисперсними частками механічних домішок, які за розмірами сумірні з розмірами пор фільтруючого елемента (фільтрування механічних домішок відбувається, в основному, за змішаною схемою з повним і частковим закупорюванням пор фільтруючого матеріалу) і практично не фільтруються через паперовий фільтруючий елемент ПФДП ( $K_{\phi В10} = 40,2$ ;  $K_{\phi В30} = 12,1$ );

- із збільшенням часу попередньої витримки в паливі відбувається агломерація часток механічних домішок (осадження домішок на фільтруючому матеріалі спочатку відбувається по всіх чотирьох схемах фільтрації з поступовим переходом до схеми з відкладенням осаду). Видно, що  $K_{\phi}$  палив істотно знижується (до значень  $1,3 \div 1,5$ ), при цьому  $K_{\phi}$  палива В10 знижується більш інтенсивно;

- встановлено, що при витримці палива В10 й В30  $\sim 120$  годин  $K_{\phi} \approx 2,0$ ;

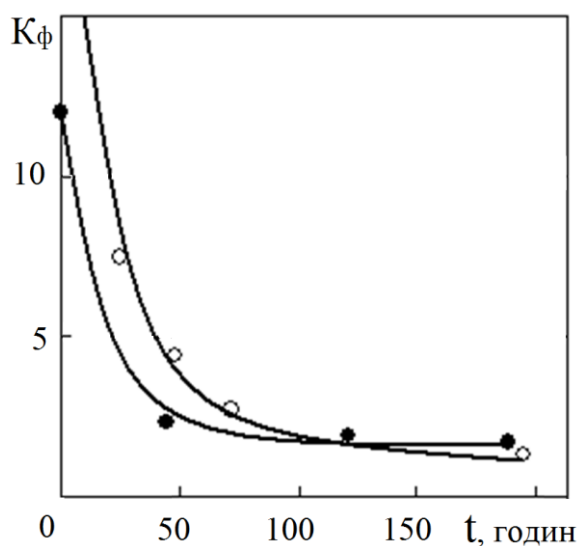


Рисунок 3 – Залежність  $K_{\phi}$  від часу витримки: ○- В10; ● – В30.

- збільшення часу витримки палива В10 з 72 годин до 192 годин істотно поліпшує його фільтрування (коефіцієнт фільтрування  $K_f$  зменшується з 2,7 до 1,3), при цьому фільтрація переходить від комбінації схем утворення сводиков і відкладення осаду до схеми відкладення осаду, що дозволяє провести найбільш глибоке очищення палива, а сам осад починає працювати як додатковий фільтруючий шар.

- збільшення часу витримки палива В30 з 72 години до 192 годин незначно поліпшує його фільтрування (коефіцієнт фільтрування  $K_f$  зменшується з 1,9 до 1,5), при цьому схема фільтрації залишається незмінною (утворення сводиков і відкладення осаду), що не дозволяє здійснити повне очищення палива.

Дизельне паливо й змішані палива після витримки протягом 5 діб були профільтровані через паперовий фільтр ПФДП площею  $S=7,07 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ , при перепаді тиску  $\Delta P = 3,5 \div 4 \text{ кПа}$ , що забезпечувало швидкість фільтрування  $U_f = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$ .

Варто відмітити, що при збільшенні швидкості фільтрування в декілька раз не вдалося підвищити продуктивність фільтрування біодизельного палива (спостерігалось незначне підвищення продуктивності, а після цього різке її зниження аж до повного припинення фільтрування).

Для палив, що пройшли попереднє фільтрування було визначено значення вторинних коефіцієнтів фільтрування  $K_f^*$  ( $K_{фДП}^*=1,44$ ;  $K_{фВ10}^*=1,2$ ;  $K_{фВ30}^*=1,40$ ), що відповідає вимогам ГОСТ 305.

Таким чином, підготовка змішаного палива повинна містити у собі наступні етапи: витримку, після змішування компонентів не менш 120 годин при температурі не менш  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  і з подальшим фільтруванням через паперовий фільтруючий елемент з тонкістю фільтрації 3 мкм при швидкості фільтрування  $U_f = 0,8 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ettl, Johannes; Bernhardt, Heinz; Huber, Georg; Thuneke, Klaus; Remmele, Edgar; Emberger, Peter (2020). Evaluation of pure rapeseed oil as a renewable fuel for agricultural machinery based on emission characteristics and long-term operation behaviour of a fleet of 18 tractors. SN Applied Sciences, 2(10), 1711–. doi:10.1007/s42452-020-03490-8

2. ГОСТ 305-82. Топливо дизельное. Технические условия.

3. ГОСТ 6370. Нефть, нефтепродукты и присадки. Метод определения механических примесей.

4. Григорьев М. А., Борисова Г. В. Очистка топлива в двигателях внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1991. – 208 с.

5. ГОСТ 19006-73. Топливо дизельное. Метод определения коэффициента фильтруемости.

6. Коваленко В. П., Ильинский А. А. Основы техники очистки жидкостей от механических загрязнений. – М.: Химия, 1982. – 272 с.