

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Літвінець Владислав Миколайович

УДК 629.3.063.6

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ
ПЛУНЖЕРНИХ ПАР ПАЛИВНИХ НАСОСІВ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____В.М. Літвінець

Керівник роботи

Савченко В.М.

к.т.н., доцент

Житомир – 2022

АНОТАЦІЯ

Літвінець Владислав Миколайович. Підвищення зносотійкості плунжерних пар паливних насосів. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2022.

В магістерській роботі отримані результати показали, що полімерний адсорбент не впливає на показники якості дизельного палива, які регламентуються ДСТУ. На процес зневоднення палива у фільтр-вологовідділювачі найбільший вплив має маса полімерного адсорбенту та температура палива. При збільшенні маси полімерного адсорбенту на 1 г збільшується кількість води, що утримується фільтром на 26...51 г, збільшення температури палива на 10°C призводить до збільшення кількості утримуваної фільтром води на 5...7 г.

В роботі встановлено, що наявність 1% води в паливі посилює зношування плунжерних пар приблизно в 2,2 рази, що еквівалентно наявності абразиву в паливі в кількості близько 0,00002%. За їх спільної наявності – зношування посилюється приблизно 4,6 разу.

У процесі експлуатаційних досліджень паливної системи трактора оснащеної фільтром-вологовідділювачем встановлено, що кількість води, накопичена у фільтрі грубого очищення палива, та фільтрі-вологовідділювачі за 375 мото-год, у середньому по групі з восьми тракторів склала 136,29 мл та 147 98 мл відповідно. У паливній системі без використання фільтр-вологовідділювача кількість накопиченої води у фільтрі тонкого очищення за 375 мото-год. становило в середньому 11,92 г, що на 86 % вище значень отриманих при використанні фільтр-вологовідділювача.

Ключові слова: адсорбент, фільтр, вода, паливо, плунжерна пара.

ANNOTATION

Litvinets Vladislav Mykolayovych. Improving the wear resistance of plunger pairs of fuel pumps. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2022.

The results obtained in the master's thesis showed that the polymer adsorbent does not affect the quality of diesel fuel, which is regulated by DSTU. The mass of polymer adsorbent and fuel temperature have the greatest influence on the process of fuel dehydration in the filter-bicycle separator. When increasing the mass of the polymeric adsorbent by 1 g increases the amount of water retained by the filter by 26 ... 51 g, increasing the fuel temperature by 10 ° C leads to an increase in the amount of water retained by the filter by 5...7 g

The paper found that the presence of 1% water in the fuel increases the wear of the plunger vapors by approximately 2.2 times, which is equivalent to the presence of abrasive in the fuel in the amount of about 0.00002%. In their joint presence - wear increases approximately 4.6 times.

During operational studies of the tractor fuel system equipped with a filter-dehumidifier, it was found that the amount of water accumulated in the coarse filter and dehumidifier filters for 375 motor-hours, on average for a group of eight tractors was 136.29 ml and 147 98 ml in accordance. In a fuel system without the use of a filter-dehumidifier, the amount of accumulated water in the fine filter for 375 motor hours. was an average of 11.92 g, which is 86% higher than the values obtained using a filter-dehumidifier.

Key words: adsorbent, filter, water, fuel, plunger steam.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	18
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....	28
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	38
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	40

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. При вдосконаленні дизелів велика увага приділяється паливній системі та паливній апаратурі, тому що від якості її роботи значною мірою залежать довговічність та економічність двигунів.

Практика показує, що найбільше відмов дизелів, до 50 %, відбувається внаслідок порушення роботи паливної апаратури.

Паливна система дизелів, що серійно випускаються, практично не захищена від впливу змінного клімату. У процесі роботи тракторів під впливом багатьох чинників, зокрема і природно-кліматичних, параметри технічного стану паливної апаратури залишаються незмінними й у експлуатації спостерігаються значні відхилення їхню відмінність від номінальних значень. Вихід тієї чи іншої параметра межі встановлених допусків призводить до відмови паливної системи та дизеля загалом.

Паливна апаратура дизелів також дуже чутлива до чистоти палива, в якому можуть міститися різні види забруднень: тверді, рідкі, газоподібні, мікроорганізми та продукти їхньої життєдіяльності. Забрудненість палива призводить до забивання паливних фільтрів та прискореного зносу, і в окремих випадках заклинювання прецизійних пар паливної апаратури. При негативній температурі мікрокраплі води призводять до обмерзання фільтрів, що може призвести до припинення подачі палива. Крім того, вода сприяє процесу корозії.

Загалом до 50% випадків порушення працездатності дизельної паливної апаратури відбувається внаслідок забрудненості палива.

ПНВТ є найдорожчим та найвідповідальнішим елементом паливної апаратури дизеля. Результати досліджень щодо впливу вмісту води в паливі на працездатність плунжерних пар ПНВТ рядного типу показують, що вміст води в паливі до 3 % не призводить до помітного погіршення працездатності плунжерних пар, що настає внаслідок погіршення протизносних та протизадирних властивостей палива. Воно спостерігається при вмісті води в

паливі понад 3% і може призвести до прискореного зношування пар та їх заклинювання. Разом з тим, при вмісті води у паливі понад 0,5 % вже спостерігається їхнє корозійне руйнування.

На пунктах зберігання нафтопродуктів сільськогосподарських підприємств фактичний вміст води у дизельних паливах може сягати 3% і більше.

За дотримання технічних умов експлуатації та застосування ефективних систем очищення палива можна в кілька разів знизити знос прецизійних деталей паливної апаратури, суттєво підвищити безвідмовність її роботи, причому це може бути досягнуто за відносно невеликих витрат.

Однак, навіть при найсуворішому дотриманні технічних умов застосування палив та експлуатації паливної апаратури, у паливних системах дизельних двигунів відбувається досить значне утворення води внаслідок конденсації вологи та гігроскопічних властивостей самих палив. Також спостерігається подальше проникнення води в контур високого тиску, незважаючи на наявність системи очищення палива.

Тому зниження обводненості дизельних палив у паливних системах мобільних машин є дуже актуальним завданням.

Для цих цілей існують різні присадки, які застосовуються для покращення властивостей палив у присутності води (головним чином низькотемпературних). Вони відносно дорогі та їх доставка та застосування у сільському господарстві дуже складна. Крім того, вони покращують лише кілька необхідних властивостей палива у присутності води, але не усувають всіх її шкідливих проявів.

В авіації, раніше, для запобігання обводнюванню палив у баках літаків застосовувалися різні масообмінні методи зневоднення, які показали свою ефективність. Але їхнє застосування так і залишилося у вигляді далеко незавершених наукових досліджень. Досить повно також не досліджено впливу води на технічний стан плунжерних пар ПНВТ.

Слід зазначити, що з усіх масообмінних методів зневоднення найефективнішим і найдешевшим і в той же час з появою сучасних полімерних адсорбентів найбільш прийнятним для його використання в системах паливоподачі дизелів є адсорбція.

Таким чином, дослідження в галузі зневоднення дизельного палива дуже актуальні.

У запропонованій роботі розглянуто дослідження зменшення зношування плунжерних пар паливних насосів зниженням обводненості дизельного палива.

У зв'язку з цим метою цієї роботи є зменшення зносу плунжерних пар паливних насосів зниженням обводненості дизельного палива.

Для реалізації зазначеної мети необхідно вирішити такі завдання:

1) теоретично обґрунтувати конструктивні параметри фільтр-вологовідділювача та вплив обводненості палива на знос плунжерних пар;

2) розробити конструкцію та виготовити фільтр-вологовідділювач, що дозволяє знизити обводненість палива в паливній системі двигуна;

3) досліджувати процес зневоднення палива у фільтрів вологовідділювача;

4) досліджувати вплив обводнення палива на технічний стан плунжерних пар паливних насосів високого тиску;

5) дослідити інтенсивність зміни обводненості дизельного палива в експлуатаційних умовах із застосуванням розробленого фільтр-вологовідділювача та провести техніко-економічну оцінку модернізації паливної системи двигуна.

Об'єкт дослідження – процес зношування плунжерних пар паливних насосів.

Предмет дослідження – закономірність зміни триботехнічних характеристик поверхонь тертя плунжерних пар паливних насосів від фізико-хімічних властивостей палива.

Методи дослідження. Аналіз літературних джерел здійснювався аналітико-монографічним методом. В процесі досліджень використовувалися

загальнонаукові методи пізнання, методи хімотології, трибології та прикладної фізики. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики з використанням прикладних програм.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Савченко В. М., Савченко Л.Г. **Літвінець В.М.** Вплив води на фізико-хімічні і експлуатаційні властивості палива. Збірник тез доповідей XXII Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки". 16–18 жовтня 2021 року. МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Ніжинський агротехнічний інститут». Київ. Ніжин. 2021. С. 137-139.

2. Савченко В., Шклярчук Ю., Павлюк І., **Літвінець В.**, Новицький О., Бугайчук В. Механізми мікролегування конструкційних сталей бором. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2021. С. 37.

3. **Літвінець В.М.** Чинники, що впливають на надійність паливних систем. Збірник тез VII-ї всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 31 березня 2021 року. Житомир : ЖАТК. С. 222.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для сільськогосподарських підприємств представляють розроблені заходи для підвищення зносостійкості плунжерних пар паливних насосів.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 16 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 41 сторінка комп'ютерного тексту, містить 18 рисунків та 8 таблиць.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Плунжерні пари ПНВТ

Особливі умови роботи деталей, що становлять прецизійні пари дизельної паливної апаратури, зумовлюють високі вимоги до матеріалів, що застосовуються для їх виготовлення, і термічної обробки.

Матеріали повинні мати високу твердість, зносостійкість, корозійну стійкість, хорошу оброблюваність, збереження стабільності та розмірів у процесі тривалої експлуатації [1-9].

Деталі плунжерних пар тракторних та комбайнових дизелів, на наших заводах, виготовляють із шарикопідшипникової сталі ШХ15, сталі ХВГ та азотованої сталі 25Х5М. Більшість зарубіжних фірм плунжери та втулки виготовляють із азотованих сталей типу 25Х5М та 38ХМЮА, деякі фірми виготовляють ці деталі з мартенсито-старіючої сталі [11].

Велика увага приділяється також точності їх виготовлення та якості збирання. Виробництво плунжерних пар регламентується ГОСТ 10578-86 "Насоси паливні дизелів та плунжерні пари до них". В даний час ТНВД рядного типу мають найбільш широке поширення на дизелях сільському господарстві [4], серед яких модифікації типу УТН-5 займають не останнє місце.

Втулки та плунжери плунжерних пар УТН-5-1111410-А4, які встановлюються у ПНВТ типу УТН-5, виготовляються із сталі ХВГ ГОСТ 5950-73. Твердість деталей після термічної обробки становить HRC 60...65.

Після остаточної механічної обробки деталей плунжерної пари УТН-5-1111410-А4 (втулок та плунжерів) вони повинні задовольняти наступним вимогам:

втулки:

- діаметр робочого циліндричного отвору 8,5 (+0,06; мінус 0,01) мм;

- конусність не більше 0,0005 мм на кожні 20 мм довжини;
- відхилення від геометричної форми до 0,0005 мм;
- шорсткість робочої поверхні $R_a = 0,040$.

плунжери:

- діаметр робочої циліндричної поверхні 8,5 (+0,03) мм;
- конусність не більше 0,0006 мм на кожні 20 мм довжини;
- відхилення від геометричної форми до 0,0004 мм;
- шорсткість робочої поверхні $R_a = 0,040$.

Робочі поверхні плунжерів і втулок, а також верхня торцева поверхня втулки, що сполучається, повинні мати відблиск. Сліди механічної обробки не допускаються.

Після цього готові плунжери та втулки піддають селективному складанню. Для чого їх сортують за розмірами робочих циліндричних поверхонь 8,5 мм на 30 розмірних груп (через кожні 0,001 мм) та комплектують плунжерні пари з втулок та плунжерів однієї розмірної групи.

Таким чином, при селективному складанні плунжерних пар (з деталей однієї розмірної групи) у поєднанні плунжер - втулка забезпечується початковий зазор 0,001 ... 0,002 мм і не більше.

У зібраній плунжерній парі переміщення плунжера у втулці має бути плавним, без прихоплення. Плунжер, висунутий на 1/3 довжини робочої поверхні з втулки, повинен плавно і безупинно опускатися під дією власної маси при будь-якому куті повороту навколо осі щодо втулки, встановленої вертикально.

Після складання плунжер і втулка складають прецизійну пару, в якій заміна будь-якої будь-якої деталі не допускається.

Потім, зібрані пари піддають гідравлічному випробуванню сумішшю дизельного палива (ГОСТ 305-82) та індустриального масла І-20А (ГОСТ 20799-85). В'язкість суміші повинна бути 9,9...10 мм²/с за температури 20°С. Готову

суміш ретельно фільтрують, а деталі пари промивають у чистому дизельному паливі.

Гідравлічні випробування плунжерних пар проводять з використанням приладу КІ – 759 при герметично закритому отворі втулки з боку ущільнювального торця діаметром 8,5 та навантаженні плунжера вантажем, що відповідає тиску суміші надплунжерному просторі 20 МПа. Положення плунжера щодо втулки при цьому відповідає максимальній подачі палива.

Тривалість переміщення плунжера до повного витіснення відповідного обсягу суміші через зазор між плунжером і втулкою має бути в межах 15...50 с, а значення гідравлічної щільності при паралельних випробуваннях повинно коливатися в межах ± 3 с.

Після цього пари розбиваються на дві групи щільності: перша група має бути в межах 15...30 секунд, друга – в межах 30...50 секунд. При встановленні пар у ТНВД використовуються пари однієї групи густини.

У процесі експлуатації, технічний стан плунжерних пар також контролюються. Але оскільки визначення істинних розмірів зносу втулок і плунжерів дуже важко, крім того, визначальним є сумарний зазор у поєднанні, то в більшості випадків використовують різні непрямі показники технічного стану плунжерних пар: продуктивність (подача палива), щільність і т.д.

На першому етапі на початку експлуатації зміна показників роботи прецизійних пар ТА відбувається не тільки за рахунок «природного» зносу в поєднанні, під яким розуміється зношування внаслідок тертя та руху палива, а й у результаті зміни геометричних форм робочих поверхонь прецизійних деталей, що викликаються перерозподілом складальних та монтажних мікродеформацій.

З другого краю етапі – лише рахунок «природного» зносу.

При цьому, природно, інтенсивність зношування на першому етапі набагато вища, ніж на другому, за аналогією зношуванням в інших деталях, але у прецизійних пар немає так званого аварійного зношування, тому що допустимі зазори в поєднанні дуже малі, і вони вибраковуються набагато раніше.

За даними низки досліджень [4, 11], доробка плунжерних пар може тривати від 10 до 120 годин, залежно від режиму їх роботи, ступеня забрудненості палива та дисперсності абразиву. За даними Держстату, при нормальній роботі системи фільтрації палива, термін служби пар становить в середньому близько 3149 мото-год. [13].

Встановлено також [2], що при зносі плунжерних пар різко падає їх продуктивність в першу чергу на пускових оборотах і при сумарному зазорі в 15 мкм, пара насоса рядного типу плунжерна вже не забезпечує необхідну подачу палива в умовах пуску, хоча на номінальних оборотах вона працює нормально. Для плунжерних пар насосів розподільного типу це значення становить 7 мкм.

Можна сказати, що зі збільшенням зазору в плунжерній парі типу УТН-5 від 1...2 мкм до 15 мкм призведе її до вибракування.

У роботі [4] узагальнено відомості про вплив абразиву на знос плунжерних пар, інтенсивність та характер якого значно залежать насамперед від розміру частинок.

Якщо розміри частинок забруднень у паливі менші за зазор у плунжерній парі, то ймовірність попадання їх у зазор висока. Вони пролітають крізь зазор з паливом, що просочується, з великою швидкістю, але тільки дряпають сполучення і трохи посилюють процес гідроабразивного зношування. Інтенсивність зношування при цьому найнижча.

Якщо розмір частинок можна порівняти із зазором, то ймовірність попадання їх у зазор менше, але все ж таки висока, і при попаданні, вони будуть викликати більш інтенсивне зношування внаслідок часткового защемлення між робочими поверхнями деталей. У цьому спостерігається етап приробітку.

Якщо розмір частинок більше зазору, то ймовірності їх попадання в зазор немає, але вони можуть защемлятися кромкою плунжера та зношувати робочі поверхні. При цьому також спостерігається перший (напрацювальний) етап, але при цьому інтенсивність зношування нижче попереднього, внаслідок малої ймовірності защемлення частинок кромкою плунжера.

Таким чином, приробітний етап плунжерних пар закінчується тоді, коли зазор у їх сполученні стає більшим за розмір абразиву в паливі.

При початковому зазорі в парі плунжерної пари 1 ... 2 мкм і при відсутності абразиву в паливі, приробіток відбувається вже в перші години роботи, знос при цьому незначний. При розмірі абразиву до 2 мкм, доробок йде дуже інтенсивно, і закінчується приблизно через 10 годин. При розмірі абразиву до 4 мкм, доробок йде менш інтенсивно, і закінчується приблизно через 20 годин. При великих розмірах частинок абразиву (8 ... 12 мкм) приробіток йде ще менш інтенсивно: так як зазор у поєднанні збільшується до розмірів, що перевищують розміри абразиву (15 мкм), то плунжерна пара занепадає приблизно через 120 годин роботи.

Можливе заклинювання деталей прецизійних пар, у тому числі і плунжерних, багато дослідників пояснюють такими причинами [10]: схоплювання металів у поєднанні; зміна розмірів (збільшення діаметра плунжера та зменшення отвору втулки) та попадання в їх зазори великих твердих частинок.

Процес схоплювання металів у поєднанні відбувається внаслідок руйнування поверхонь та їх контакту, зминання, підпалу та окиснення. Ці явища багато в чому обумовлюються руйнуванням рідиною, що рухається внаслідок ерозії і кавітації, абразивного стирання, корозійного руйнування, пластичною деформацією і наклепом. При цьому передбачається, що однорідні метали мають велику тенденцію до схоплювання (взаємного зчеплення).

Зміна розмірів прецизійних деталей пояснюється структурними змінами, які у матеріалі, з якого виготовлені пари, і навіть монтажними деформаціями.

Попадання в пару деталей прецизійних пар великих твердих частинок може викликати їх заклинювання.

Таким чином, ймовірність заклинювання нових плунжерних пар набагато вища, ніж старих, крім того, у них інтенсивність зношування набагато вища, що пояснюється процесами приробітку, що відбуваються в них.

Дослідження спрямовані вивчення впливу забруднень у паливі з їхньої технічний стан найзручніше вести під час припрацювання, тобто. використовувати для дослідження нові плунжерні пари. А як оцінки цього стану використовувати метод статичного опресовування, так як він найбільш чутливий при проміжку в плунжерній парі до 5 мкм.

Вплив абразиву в паливі на зношування плунжерних пар ПНВТ досліджено, але не має достатнього узагальнення [11]. Вплив води на їх зношування вивчено недостатньо.

Вплив абразиву в паливі на роботу дизелів ТА вивчено досить повно в порівнянні з впливом води. Особливо це стосується працездатності, ресурсу та довговічності прецизійних пар. Про це говорить той факт, що, на думку деяких дослідників, зношування плунжерних пар ТНВТ носить переважно абразивний характер [13], а, на думку інших [12] – причиною відмови плунжерних пар, приблизно, у 47 % випадків є вода, і тільки , приблизно, у 12% випадків – абразив. На наш погляд, це можна пояснити великим спільним впливом води та абразиву в паливі на зносостійкі властивості останнього, в результаті якого посилюється ріжуча здатність частинок абразиву.

1.2. Чинники, що впливають на експлуатаційну надійність паливних систем

Практика показує, що у сільському господарстві до 50% відмов дизелів посідає паливну систему [2]. Однією з основних причин порушення її працездатності є забрудненість палива, яку доводиться до 50 % випадків [4]. Забруднення палива значно підвищує знос як деталей паливної апаратури, а й деталей двигунів. Тому в двигунобудуванні та галузях, що експлуатують двигуни, питанню вдосконалення паливної системи і зокрема систем очищення палива приділяється велика увага.

Забруднене паливо необхідно довго (при 20 °С протягом 4...5 діб) [12] відстоювати або фільтрувати перед заправкою в баки. Для його подальшого очищення в паливній системі дизелів передбачені спеціальні відстійні зони в паливних баках, сітки на паливозабірних трубках з бака, фільтри грубої та тонкої очистки.

Паливні насоси високого тиску та форсунки – основні та найбільш складні та дорогі агрегати паливної системи, які визначають потужнісні та паливо-економічні показники двигуна, його надійність, шумність, димність, токсичність.

Вони мають прецизійні пари з дуже малими зазорами, що виготовляються з високою точністю, розміри та геометричні форми яких забезпечуються в межах десятих часток мікрометра. Наприклад, плунжерні пари ТНВД виготовляються із середніми зазорами 0,5...2 мкм.

Вони особливо чутливі до забруднюючих домішок у паливі та вимагають його високого очищення.

До основних агрегатів відносяться також паливopідкачувальні насоси. Інші агрегати та вузли паливної системи: фільтри, перепускні клапани та трубопроводи – є допоміжними та забезпечують працездатність основних агрегатів, тобто. їхня безвідмовність і довговічність. У роботі [14] були проведені дослідження з експлуатаційних відмов ПНВТ розподільного типу, які встановлюються на тракторних та комбайнових дизелях. Дані наведено у табл. 1.1 та 1.2.

З наведених даних видно, що частку експлуатаційних відмов ПНВТ розподільного типу, зі всього числа відмов, що припадають на паливну апаратуру, припадає від 26,7 до 45,1 %.

Причиною цього від 25,9 до 47,1% випадків є наявність вода у паливі [14].

Таблиця 1.1 – Причини експлуатаційних відмов ПНВТ розподільчого типу

Причини відмов	Тракторних ПНВТ, що були в експлуатації	ПНВТ, що надійшли на ремонт	
		Тракторних	Комбайнових
Експлуатаційні відмови у тому числі через:	26,3 %	25,7 %	46,1 %
наявності води у паливі;	48,1 %	41,5 %	25,9 %
наявності забруднень у паливі;	12,8 %	13,2 %	5,9 %
порушення мастила;	30,3 %	24,6 %	22,8 %
незадовільного зберігання	–	22,5 %	47,5 %
Інші причини	12,8 %	2,3 %	0,8 %

Таблиця 1.2 – Найменування відмов

Назва відмови	Кількість, %	Причина
Заклинювання плунжера	27,7	Вода або бруд у паливі
Заклинювання поршня насоса, що підкачує	14,3	Вода в паливі
Заклинювання валика приводу дозатора	13,2	Вода або бруд у паливі
Порушення роботи двигуна на неодруженому ході	7,7	Вода в паливі
Передчасне зношування підшипників та інших деталей насоса	17,1	Відсутність масла
Повна корозія насоса	14,2	Забрудненість олії
Інші	12,8	Ослаблення затяжки гайок

Висновки по розділу. Мета та завдання досліджень

Аналіз літературних джерел показав, що до 50% відмов дизелів посідає паливної апаратури. Зношування та заклинювання прецизійних пар паливної апаратури відбувається внаслідок забрудненості палива абразивом та водою.

За дотримання технічних умов експлуатації та застосування ефективних систем очищення палива можна у кілька разів зменшити знос прецизійних деталей паливної апаратури, істотно підвищити безвідмовність її роботи, причому це може бути досягнуто за відносно невеликих витрат.

Однак, навіть при найсуворішому дотриманні технічних умов застосування палив та експлуатації паливної апаратури, у паливних системах дизелів

відбувається досить значне утворення води внаслідок конденсації вологи та гігроскопічних властивостей самих палив. Для боротьби із забрудненням палив застосовуються різні методи та засоби очищення. Широкого поширення набули масообмінні методи зневоднення, які показали свою ефективність. Таким методом є адсорбційне очищення, актуальність якого ще більше зросла з появою сучасних полімерних адсорбентів.

Зважаючи на недостатньо вивчений вплив обводненості палива на процес зміни працездатності прецизійних деталей паливної системи, впровадження методів зневоднення з використанням сучасних полімерних адсорбентів у реальні технології та процеси становить значний теоретичний та практичний інтерес.

У зв'язку з цим метою цієї роботи є зменшення зносу плунжерних пар паливних насосів зниженням обводненості дизельного палива.

Для реалізації зазначеної мети необхідно вирішити такі завдання:

- 1) теоретично обґрунтувати конструктивні параметри фільтр-вологовідділювача та вплив обводненості палива на знос плунжерних пар;
- 2) розробити конструкцію та виготовити фільтр-вологовідділювач, що дозволяє знизити обводненість палива в паливній системі двигуна;
- 3) досліджувати процес зневоднення палива у фільтрів вологовідділювача;
- 4) досліджувати вплив обводнення палива на технічний стан плунжерних пар паливних насосів високого тиску;
- 5) дослідити інтенсивність зміни обводненості дизельного палива в експлуатаційних умовах із застосуванням розробленого фільтр-вологовідділювача та провести техніко-економічну оцінку модернізації паливної системи двигуна.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Методика лабораторних досліджень впливу полімерного адсорбенту на показники якості проб дизельного палива

У ході даних лабораторних досліджень проводився аналіз проб дизельного палива після контакту з полімерним адсорбентом на відповідність вимогам ДСТУ [7].

Всі дослідження проводилися за методиками ДСТУ, на лабораторному обладнанні, що рекомендується [1, 3, 4, 7, 8, 9].

Контролювалися такі фізико-хімічні показники якості дизельного палива:

1. Фракційний склад:

- 50% переганяється за температури, °С. За ДСТУ

- 96% переганяється при температурі, °С.

2. В'язкість кінематична, при 20°C, мм²/с (ст): За ДСТУ

3. Температура застигання, °С. За ДСТУ 20287

4. Температура помутніння, °С. За ДСТУ 5066

5. Температура спалаху, що визначається в закритому тиглі, °С. За ДСТУ 6356

7. Масова частка сірки, %. За ДСТУ 19121

8. Масова частка меркаптанової сірки, %. За ДСТУ 17323

9. Зміст сірководню: За ДСТУ 17323

10. Випробування на мідній пластині: За ДСТУ 6321

11. Вміст водорозчинних кислот і лугів: За ДСТУ 6307

12. Концентрація фактичних смол, мг на 100 см³ палива За ДСТУ 8489

13. Кислотність, мг КОН на 100 см³ палива. За ДСТУ 5985

14. Йодна кількість, г. йоду на 100 г палива. За ДСТУ 2070

15. Зольність, %.	За ДСТУ 1401
16. Коксування 10%-го залишку, %.	За ДСТУ 19932
17. Зміст механічних домішок.	За ДСТУ 6370
18. Зміст води.	За ДСТУ 2477
19. Коефіцієнт фільтрації.	За ДСТУ 19006
20. Щільність за 20°C, кг/м ³ .	За ДСТУ 3900

2.2. Методика визначення технічного стану плунжерних пар

Технічний стан плунжерних пар оцінювали за їх гідравлічною густиною на приладі КП-1640А (КІ-759) ДЕРЖСНІТІ. Конструкція даного приладу та принцип його роботи широко відомі.



Рис. 2.1. Загальний вид обладнання для перевірки гідравлічної щільності плунжерних пар ПНВТ 1 – прилад КІ-759; 2 – плунжерна пара; 3 – секундомір електронний

Він служить визначення тривалості просочування певної дози дизельного палива (або суміші палива з індустріальним маслом) крізь зазор між плунжером і втулкою. Паливо стискається у надплунжерному просторі з певним зусиллям за допомогою важеля. Маса важеля та його розміри підібрані так, що він розвиває зусилля, що додається до плунжера, 12,5 кг с.

При цьому в надплунжерному просторі пари типу УТН-5 з діаметром плунжера 8,5 мм створюється тиск близько 2 МПа. Тривалість просочування рідини, в секундах, є критерієм визначення щільності пари.

Перед випробуваннями плунжерна пара ретельно промивалася у дизельному паливі. Температура у приміщенні була постійною 15 °С. Прилад заповнювався дизельним паливом з в'язкістю за цієї температури 6сСт та щільністю 850 кг/м³.

При випробуваннях плунжер щодо втулки встановлювався у положення, що відповідає максимальній подачі палива за допомогою спеціального повідця, що додається до стенду.

Значення гідравлічної щільності пари визначалося як середнє арифметичне між десятима паралельними випробуваннями, розбіжність між якими не перевищувала ± 1 секунди.

2.3. Методика стендових досліджень впливу розробленого фільтра-вологівідділювача на процес зневоднення дизельного палива в умовах, що імітують експлуатацію

На другому етапі також проводилися стендові дослідження впливу розробленого фільтраловідділювача на процес зневоднення дизельного палива в умовах, що імітують експлуатаційні.

Для цих досліджень використовували спеціальну установку, виготовлену на кафедрі «Ремонт машин». Параметри даної установки максимально наближені до системи подачі трактора.

Основною складовою лабораторної установки є фільтр-вологівідділювач, який містить корпус 1 зі штуцерами 2 та 3 для підведення та відведення палива, в центрі корпусу на різьбленні повернуть фільтруючий елемент, що складається з пакета 4 адсорбційних касет 5, частково заповнених (на 1/150 об'єму касети) водопоглинаючим матеріалом 6 і закріпленого в нижній частині пакета 4 за допомогою різьблення усіченого конуса 7, з металеві сітки, краї якої завальцьовані сталевими кільцями.



Рис. 2.3. Загальний вигляд лабораторної установки

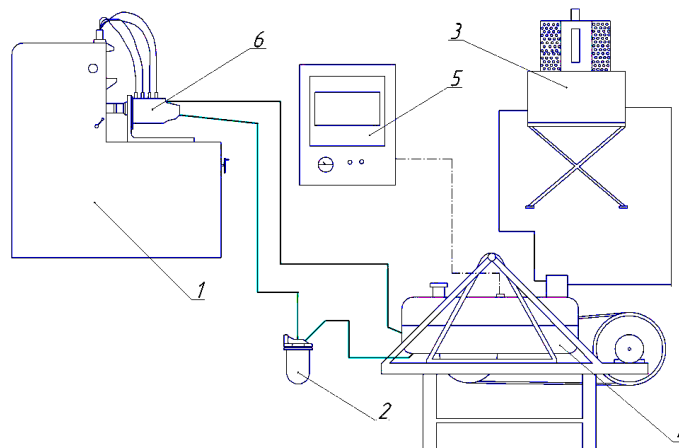


Рис. 2.4. Схема лабораторної установки: 1 – стенд СДТА-1; 2 – фільтр-вогловідділювач; 3 – термостат ТС-24; 4 - пристрій коливальний; 5 – потенціометр КСП-4; 6 - ТНВД

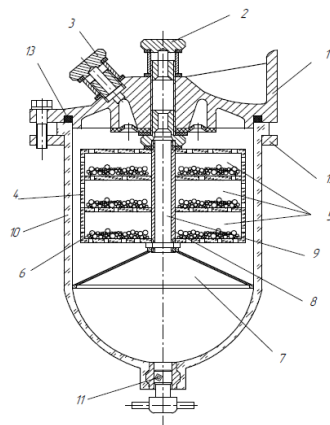


Рис. 2.5. Фільтр-вогловідділювач: 1 – корпус; 2; 3 – штуцери підведення відведення палива; 4 – пакет; 5 – адсорбційна касета; 6 – адсорбент 10 – склянка відстійника; 11 - пробка зливу відстою; 12 – кільце; 13 – прокладка

Касети виготовлялися з прозорого матеріалу для зручності спостереження станом адсорбенту 6, а їх стінки мають отвори для проходження палива. Для центрування касет використовується стрижень 8, що має осьове свердління канал 9 для проходження палива. Склянка відстійника 10 (для зручності спостереження за станом фільтра – прозорий), що має у своїй нижній частині пробку 11 для зливу відстою, притискається до корпусу 1 кільцем 12 через прокладку 13.



Рис. 2.6. Загальний вигляд фільтра-вологовідділювача

Фільтр-вологовідділювач працює наступним чином. Паливо надходить у корпус 1, через штуцер підведення палива 2, пройшовши по центральному каналу 9, потрапляє в нижню частину склянки відстійника, далі проходить крізь сітчастий усічений конус 7 фільтруючого елемента, де відбувається очищення палива від механічних домішок і частково від води, .

Потім це частково очищене паливо проходить крізь пакет 4 адсорбційних касет 5 і взаємодіючи з водопоглинаючим матеріалом 6 повністю очищається від води. Згодом очищене від води паливо надходить каналами до відводить штуцеру 3, через який воно направляється в паливну систему.

До складу лабораторної установки також входять стенд для регулювання паливної апаратури СДТА-1, паливний насос високого тиску УТН-5, пристрій коливальний, виготовлений на кафедрі «Кафедра процесів, машин і обладнання в агроінженерії».

Бак має ємність 120 л і розміри 950×600×210. Схема з даного пристрою представлена на рисунку. Бак 1 жорстко закріплений на рамі 2, яка за допомогою осі підвішена шарнірно на жорстких стійках 3.

У рух бак з рамою наводяться за допомогою моторредуктора 4, клиноременної передачі та кривошипно-шатунного механізму. Клиноременна передача включає два шківів 5 і 6, варіатор 9 і два клинових ременя 7 і 8, а кривошипно-шатунний механізм - кривошип 10 і шатун 11.



Рис. 2.7. Загальний вигляд коливального пристрою

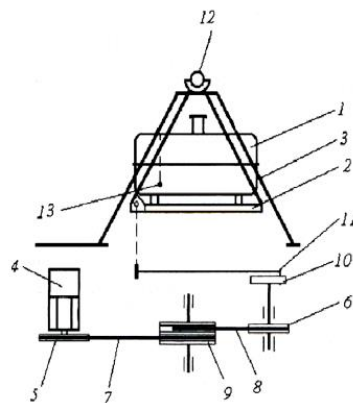


Рис. 2.8. Схема коливального пристрою: 1 – паливний бак; 2 – платформа; 3 – стійки; 4 – мотор-редуктор; 5, 6-шківів; 7, 8 – клинові ремені; 9 – варіатор; 10 - кривошип; 11 – шатун; 12 – шарнірний вузол; 13 – місце встановлення термопари

Мотор-редуктор є єдиним механізмом, до складу якого входять: трифазний асинхронний електродвигун, потужністю 0,75 кВт, і редуктор, що знижує, частота обертання на виході становить 1 с.

За допомогою варіатора рівномірно можна задавати період коливань бака шляхом зміни передавального числа клинопасової передачі: період коливань бака змінюється в межах від 0,5 до 2 с, амплітуда коливань постійна - 0,02 м.

Фільтр-вологовідділювач кріпиться за допомогою кронштейна до рамки стенда для регулювання паливної апаратури. Штуцер підведення палива з'єднується з паливним баком, а штуцер відведення – з паливним насосом високого тиску, встановленим на стенді СДТА-1 за допомогою паливної магістралі.

Введення води в паливо здійснювалося краплинним способом, за допомогою спеціально виготовленого пристрою, що дозує. При цьому способі введення води, щоб уникнути осідання крапель у ємності, трубопроводах і т.д. подача води у паливо проводиться безпосередньо перед фільтром-вологовідділювачем, як показано на схемі.

Одночасно з подачею палива до фільтра проводиться введення води дозуючим пристроєм після відкриття запірної крана. При цьому вся вода потрапляє в потік палива та досягає фільтра, а не осідає на елементах стенду.

Для підігріву та охолодження палива у баку був використаний термостат ТС-24. У ньому підігрівалася або охолоджувалась льодом вода, яка циркулювала по змішувачу, встановленому в баку.

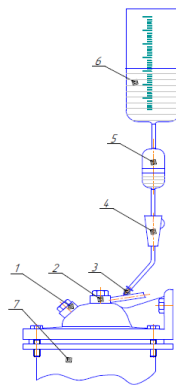


Рис. 2.9. Схема введення води у паливо: 1 – штуцер відведення палива; 2 – штуцер підведення палива; 3 – голка; 4 – кран запірний; 5 – дозатор; 6 – мірна склянка; 7 – фільтр-вологовідділювач

Вимір температури, палива в баку, передбачений у точці 13 за допомогою хромель-копелевої термопари та потенціометра КСП-4.

У дослідженні використовувалося дизельне паливо марки Л-0,2-62 за ДСТУ.

Температура та вологість повітря в лабораторному приміщенні мали наступні значення $20 \pm 2^\circ\text{C}$ та 80...85 % відповідно.

Перед початком кожного досвіду в бак установки заливали свіжу порцію палива, яке відстоювали протягом 96 годин.

Кількість води, що вводиться в паливо, становила 2 % за обсягом, кількість палива, що заливається, - 10 л.

По закінченні кожного досвіду проводився злив відстою з фільтра-вологовідділювача та вилучення полімерного адсорбенту.

Кількість води, поглиненої полімерним адсорбентом, контролювалося масовим методом шляхом зважування на лабораторних вагах моделі ВЛР-200.

Паралельно контролювалася кількість води, що міститься в відстою, що зливається.

Оцінка впливу основних факторів на інтенсивність зневоднення палива при використанні запропонованої конструкції фільтра-вологовідділювача із застосуванням полімерного адсорбенту була встановлена шляхом регресійного аналізу результатів багатофакторного експерименту, основними факторами варіювання в якому виступали наступні змінні:

X_1 – температура палива у баку, $^\circ\text{C}$;

X_2 – частота обертання валу ПНВТ, хв^{-1} ;

X_3 - маса полімерного адсорбенту, г.

Згідно з теоретичними викладками як функція відгуку була обрана адсорбційна здатність полімеру.

Аналіз досліджень режиму роботи систем паливоподачі тракторів дозволили визначити значення рівнів факторів та режим проведення досліджень.

З метою скорочення кількості дослідів експеримент проводили за планом, близьким до D-оптимального з досвідом у центрі плану.

Таблиця 2.3 – Рівні та інтервали варіювання факторів

Рівні факторів	Чинники у натуральному вигляді			Чинники у кодованому вигляді		
	X ₁	X ₂	X ₃	x ₁	x ₂	x ₃
Основний	42	976	2	0	0	0
Верхній	821	1150	3	+1	+1	+1
Нижній	1	855	1	-1	-1	-1
Інтервал варіювання	41	126	1	1	1	1

Таблиця 2.4 – План трьохфакторного експерименту другого порядку, близький до D-оптимального з досвідом у центрі плану

№ досліді	Значення факторів			№ досліді	Значення факторів		
	x ₁	x ₂	x ₃		x ₁	x ₂	x ₃
1	-1	-1	-1	8	0	0	0
2	-1	-1	1	9	0	0	1
3	1	0	0	10	0	1	0
4	-1	1	-1	11	1	-1	-1
5	-1	1	1	12	1	-1	1
6	0	-1	0	13	1	0	0
7	0	0	-1	14	1	1	-1
				15	1	1	1

Для полегшення обробки одержаних результатів застосовували кодування факторів. Кодування факторів здійснювалося за такими формулами:

$$x_j = \frac{x_j - X_{j0}}{I_j} \quad 2.1$$

$$x_{j0} = \frac{X_j^{max} + X_j^{min}}{2} \quad 2.2$$

$$x_j = \frac{X_j^{max} - X_j^{min}}{2} \quad 2.3$$

де x_j - кодоване значення j -го фактора;

X_j - натуральне значення j -го фактора;

X_{j0} – натуральне значення рівня;

X_j^{min} - натуральне значення нижнього рівня;

X_j^{max} - натуральне значення верхнього рівня;

I_j - інтервал варіювання j -го фактора:

j – номер фактора.

Досліди проводилися у триразовій повторності з довірчою ймовірністю 0,95. За результат досвіду приймалося середньоарифметичне значення адсорбційної спроможності.

Висновки по розділу

В другому розділі магістерської роботи розроблена методика проведення експериментальних досліджень

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

3.1. Результати стендових досліджень щодо впливу обводненості палива на технічний стан плунжерних пар ПНВТ

Результати впливу води, що містяться в паливі, і абразиву на зміну гідравлічної щільності плунжерних пар представлені в додатку. Заміри зміни гідравлічних щільностей пар в 1-му та 2-му дослідях (при їх роботі на чистому та обводненому паливі) проводилися через 120 годин напрацювання, а в 3-му та 4-му дослідях (при їх роботі на забрудненому абразивом та абразивом) водою паливі) – через 40 годин. Така різниця в інтервалах продиктована великою різницею інтенсивності зміни їх щільностей.

При обробці експерименту кількість дослідів $N=4$ (робота пар на чистому, обводненому, забрудненому абразивом та забрудненому абразивом та обводненому одночасно паливі). Кількість дублювання досвіду $n=12$ (кількість плунжерних пар, що брали участь в одному досвіді).

Попередня обробка результатів показала, що інтенсивність зміни гідравлічної густини пар, $\Delta P/\Delta t$, (де ΔP – зміна гідравлічної густини плунжерних пар за період напрацювання Δt) не підпорядковується нормальному закону розподілу.

Тому її замінили відносною інтенсивністю зміни гідравлічної густини:

$$W = \frac{\Delta P}{P_n \Delta t} \quad 3.1$$

де W – відносна інтенсивність зміни гідравлічної густини пари, год^{-1} ;

P_n - початкове значення гідравлічної густини пари, с.

Оскільки величина W виражає відносну інтенсивність зміни гідравлічної щільності пари, вона буде характеризувати відносну інтенсивність зміни її технічного стану або відносну величину її зношування за цей період.

Результати обробки представлені у додатках.

Для кожного досвіду (або рядка матриці планування експерименту) було знайдено середнє арифметичне значення функції відгуку (або середньої пайової швидкості зношування), визначено статичну дисперсію S^2_i та помилка досвіду S_i . Критерії згоди U , F та G виявилися не більше, відповідних їм, табличних значень β , F_T і G_T , але це свідчить про те, що це величина підпорядковується нормальному закону розподілу.

Далі були обчислені коефіцієнти рівняння регресії, відповідні даної матриці планування, визначено їх дисперсії та помилки та перевірено їх значимість.

Дисперсія їхньої адекватності та відповідний цьому F – критерій виявилися рівними нулю.

Результати досвіду у зручнішому вигляді наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати дослідження впливу води у паливі на технічний стан плунжерних пар

Номер досвіду		1	2	3	4
Вміст води у паливі, % за масою	C_e	0	5	0	5
Зміст абразиву у паливі, % за масою	C_a	0	0	0,003	0,003
Середнє арифметичне значення відносної інтенсивності зношування, 1/год	W	0,0001	0,0007	0,0166	0,0236

Рівняння регресії у кодованому вигляді таке:

$$W=0,0019X_1+0,0099X_2+0,0016X_1X_2+0,0103 \quad 3.2$$

Розкодуємо вираз (4.2) і перетворюємо його:

$$W=0,00012C_e+5,53334C_a+0,42667C_eC_a+0,00010 \quad 3.3$$

де W - відносна інтенсивність зношування плунжерних пар, c^{-1} ; C_e – вміст води у паливі, % за масою; C_a – вміст абразиву у паливі, % за масою.

З табл. 3.2 і вирази видно, що за відсутності вільної води та абразиву в паливі ($C_e=0$ і $C_a=0$), все-таки спостерігається незначне зношування плунжерних пар навіть при напрацюванні за такий короткий час. Це можна пояснити тим, що в перші години роботи плунжерних пар у поєднанні плунжер втулка спостерігається перерозподіл мікродеформацій внаслідок їх затягування і виникає так зване прискорене припрацювання.

За результатами досліджень можна сказати, що у зазначених вище інтервалах варіювання вплив абразиву в паливі на знос плунжерних пар у 5,2 рази значніший, ніж вплив води. Але присутність такої кількості абразиву в паливі (від 0 до 0,003%) спостерігається практично завжди в запылених умовах роботи, незважаючи навіть на систему його фільтрації.

Присутня у паливі вода, враховуючи ефект її взаємодії, значно посилює зносостійкі властивості цієї кількості абразиву: при її вмісті у паливі близько 2,5...3 % на 30...40 %. У роботах було сказано, що вміст води в паливі понад 3% призводить до значного погіршення змащувальних властивостей палива. Отримані результати підтверджують це кількісно.

3.2. Результати стендових досліджень впливу розробленого фільтра-вологівідділювача на процес зневоднення дизельного палива

В результаті реалізації багатофакторного експерименту з вивчення впливу основних факторів (температури палива, маси полімерного адсорбенту, частоти обертання валу паливного насоса) на інтенсивність зневоднення дизельного палива при використанні запропонованої конструкції фільтра-вологівідділювача із застосуванням полімерного адсорбенту отримані значення параметра оптимізації.

В результаті математичної обробки результатів експерименту на ЕОМ отримано рівняння регресії (поліном другого ступеня) у кодованому вигляді.

$$Y = -2,4587 x_1^2 + 5,7823 x_2^2 - 12,3482 x_3^2 - 5,4576 x_1 x_2 + 12,2811 x_1 x_3 - 0,8644 x_2 x_3 + 23,6436 x_1 + 9,4386 x_2 + 38,3577 x_3 + 99,1627 \quad 3.4$$

Рівняння регресії, наведене до натуральних значень факторів:

$$M_{n.с} = -0,0015 t^2 + 0,0004 n^2 - 12,3482 m^2 - 0,0011 t n + 0,3070 t m - 0,0069 n m + 1,1673 t - 0,5875 n + 81,9043 m + 192,4714 \quad 3.5$$

де $Y(M_{n.с})$ параметр оптимізації (маса поглиненої води), г;

$x_1(t)$ – температура палива у баку, °С;

$x_2(n)$ – частота обертання валу ПНВТ, хв^{-1} ;

$x_3(m)$ – маса полімерного адсорбенту, г.

Перевірка рівняння (3.1) за критерієм Фішера підтвердила гіпотезу про його адекватність за рівня статистичної значущості $\alpha = 0,05$.

Відносний рівень впливу факторів та їх співвідношень представлений на гістограмі, де величина кожного коефіцієнта позначена стовпчиком відповідної висоти (рис. 3.1).

З аналізу рис. 3.1 видно, що в області експерименту найбільшою мірою маса поглиненої полімером води залежить від зміни маси полімерного адсорбенту та температури палива в баку.

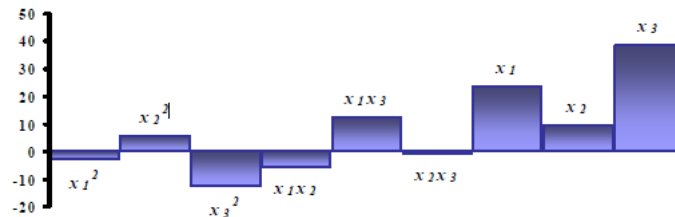


Рис. 3.1. Гістограма відносного рівня впливу факторів та їх співвідношень Використовуючи рівняння (3.4) та зафіксувавши одночасно два фактори з трьох на основному рівні, отримані залежності щодо впливу кожного фактора окремо на кількість води, поглиненої полімерним адсорбентом.

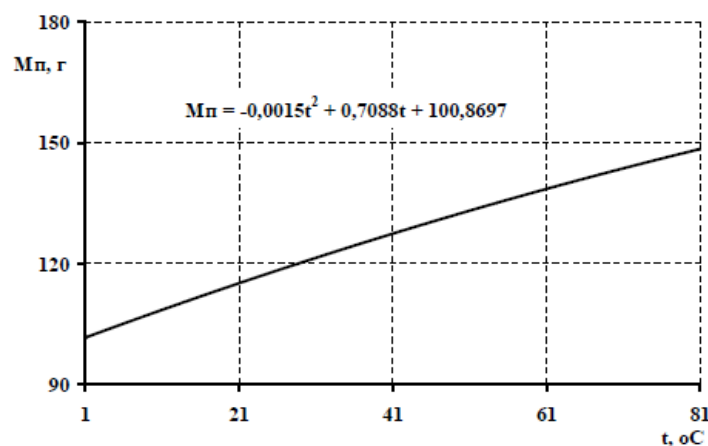


Рис. 3.2. Залежність маси поглиненої води від температури палива Аналіз залежності, наведеної на рис. 3.2 показує, що при збільшенні температури палива на 10 С маса води поглиненої полімерним адсорбентом збільшується на 5...7 г.

Це тим, що із збільшенням температури підвищується швидкість протікання масообмінних процесів.

Збільшення частоти обертання валу паливного насоса (рис. 3.3) призводить до збільшення маси води, поглиненої полімерним адсорбентом.

Дану залежність можна пояснити тим, що при збільшенні частоти обертання валу паливного насоса відбувається зниження величини циклової подачі палива і як наслідок зниження швидкості проходження палива через фільтр-вологовідділювач, що збільшує час контакту полімерного адсорбенту з паливом, що очищається і сприяє збільшенню маси поглиненої полімерним адсорбентом води.

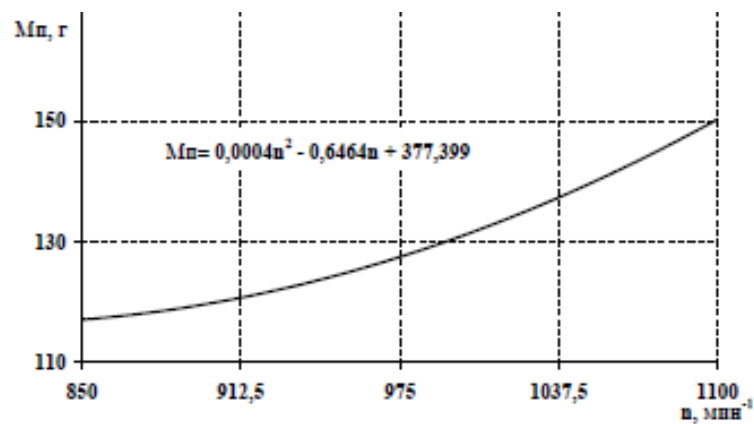


Рис. 3.3. Залежність маси поглиненої води від частоти обертання валу ТНВД

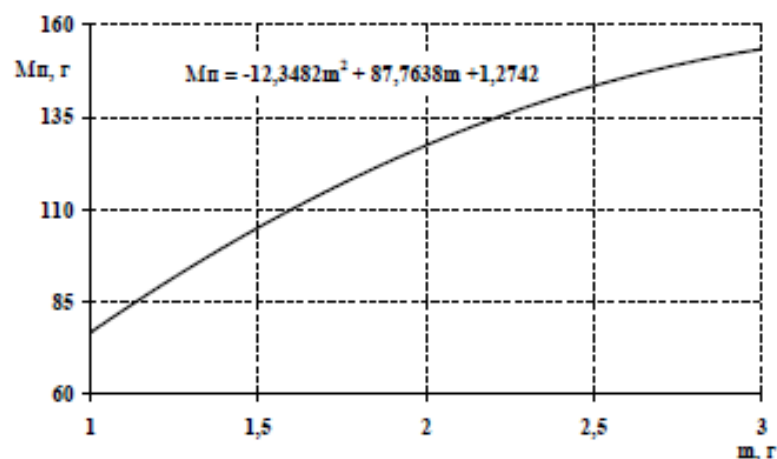


Рис. 3.4. Залежність маси поглиненої води від полімерного адсорбенту

Збільшення маси полімерного адсорбенту (див. рис. 3.4) на 1 г, також позитивно впливає на процес зневоднення палива, сприяючи зростанню

кількості утримуваної фільтром води на 26...51 г, що пояснюється зростанням числа центрів адсорбції.

При розгляді спільного впливу факторів графічні залежності кількості поглиненої води (рис. 3.5, 3.6) дозволяють встановити, що при збільшенні маси полімерного адсорбенту від 1 до 3 г кількість води, поглиненої полімерним адсорбентом, збільшується на 52,2 г і 101,3 г при температурі палива. 1⁰С та 81⁰С відповідно.

Збільшення частоти обертання валу паливного насоса від 850 до 1100 хв¹, що відповідає зниженню подачі палива з 90 до 75 мм³/цикл, при збільшенні маси полімерного адсорбенту з 1 до 3 г, призводить до збільшення кількості води, що поглинається полімерним адсорбентом на 75 г.

Так як температура палива і частота обертання валу паливного насоса є факторами, що залежать від режиму та умов експлуатації, і варіювання цих факторів є небажаним, тоді як зміна маси полімерного адсорбенту можлива, і її значення залежатиме лише від геометричних параметрів вологовідділювача.

Таким чином, з трьох факторів, що розглядаються, лише маса полімерного адсорбенту є найбільш керованим.

3.3. Результати експлуатаційних досліджень ефективності роботи систем паливоподачі, оснащених фільтром-вологовідділювачем

Експлуатаційні дослідження тракторів оснащених розробленим фільтром-вологовідділювачем проводилися в господарствах різних галузей. Загалом у дослідженнях було задіяно 16 тракторів. На восьми з них було встановлено розроблені фільтри (друга група).

Оцінку ефективності проводили за параметрами дизельного палива, відібраного з паливної системи тракторів, що брали участь у дослідженнях.

За весь період експлуатаційних досліджень було відібрано 96 проб дизельного палива Л-0,2-62, найвищий сорт за ДСТУ.

Результати визначення фізико-хімічних показників палива (масової частки води ГОСТ 2477-65) відібраного з фільтрів тонкого та грубого очищення паливної системи тракторів (додаток 7) оброблялися за допомогою програми Statistica.

Динаміка накопичення вільної води у відстої, що зливається з фільтрів, паливної системи тракторів Т-150К/ТЗ-150К-09.

Встановлено, що без участі фільтра-вологовідділювача кількість накопиченої води у фільтрі тонкого очищення за 375 мото-год. становило в середньому 11,92 г, у паливних системах оснащених фільтром-вологовідділювачем ця величина склала 1,67 г. Верхній рівень стовпців гістограм (рис. 4.9, 4.10) відповідає сумарній кількості води накопиченої у фільтрах паливних систем тракторів за 375 мото-год.

Ця кількість коливалася від 144,19 до 154,28 мл у групі тракторів зі штатною паливною системою, і від 146,05 до 154,24 мл у групі тракторів з паливними системами, оснащеними фільтрами-вологовідділювачами.

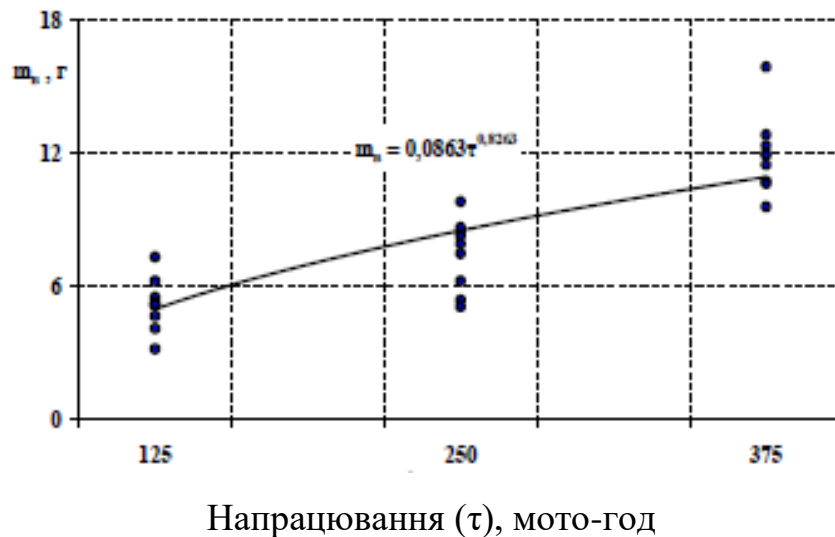


Рис. 3.5. Залежність кількості води у фільтрі тонкого очищення штатної паливної системи від напрацювання

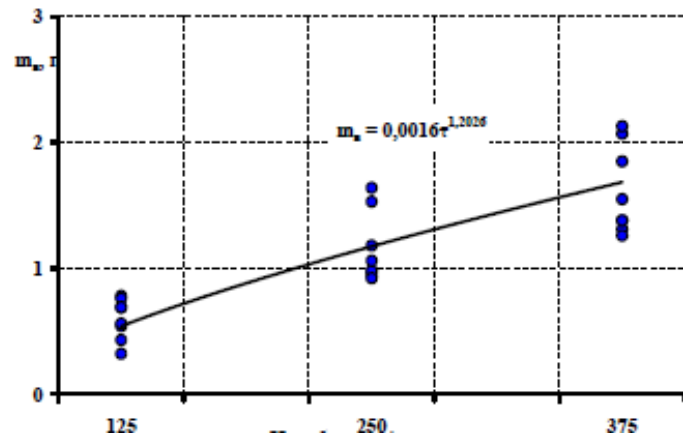


Рис. 3.6. Залежність кількості води у фільтрі тонкого очищення паливної системи оснащеної фільтром-вологовідділювачем від напруцювання

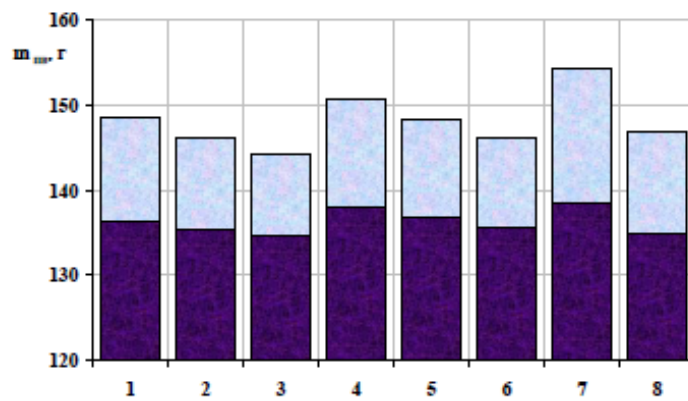


Рис. 3.7. Сумарна кількість води, накопичена у фільтрах штатної паливної системи за 375 мото-год.

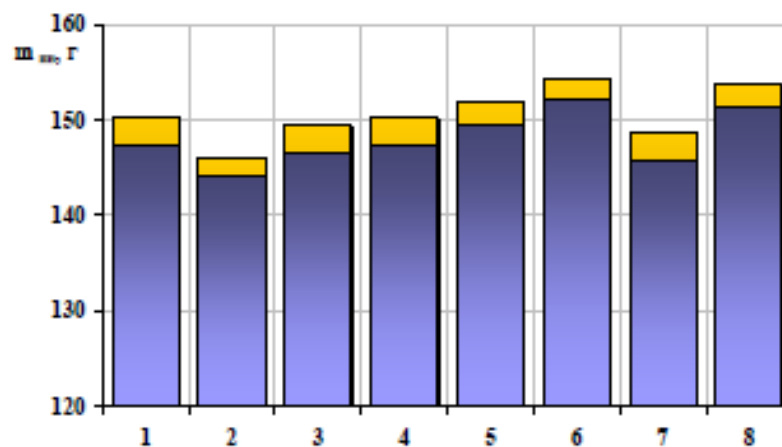


Рис. 3.8. Сумарна кількість води, накопичена у фільтрах модернізованої паливної системи за 375 мото-год.

Нижній рівень стовпців гістограми відповідає кількості води, накопиченому у фільтрі грубої очистки палива, і фільтрі-вологовідділювачі, яке в середньому по групі з восьми тракторів склало 136,29 мл і 147,98 мл відповідно.

3.4 Аналітична оцінка впливу розробленого фільтра-вологовідділювача на ресурс плунжерних пар трактора

За залежностями накопичення води, отриманими в результаті обробки даних аналізу проб палива, проведено аналітичну оцінку впливу розробленого фільтра-вологовідділювача на ресурс плунжерних пар паливного насоса.

Відповідно до [6] ресурс пар тертя визначається величиною інтенсивності зношування, яка для плунжерних пар залежить від ступеня зневодненості палива.

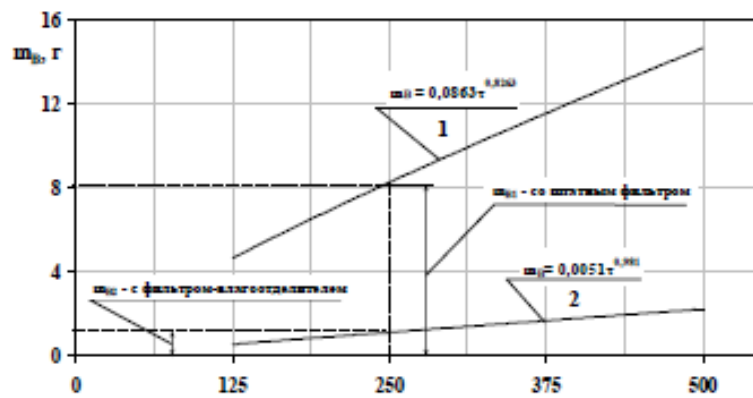


Рис. 3.9. Залежно від напрацювання вмісту води (m_B) у паливі, відібраному з фільтрів тонкого очищення паливної системи тракторів: 1 – зі штатним фільтром; 2 – оснащених фільтром-вологовідділювачем

Визначимо вплив на ресурс плунжерних пар фільтра-вологовідділювача, використовуючи залежності накопичення води, у паливі, отримані в ході обробки експериментальних даних:

при роботі зі штатним фільтром

$$m_{B1} = 0,0863 \tau^{0,8263} \quad (3.6)$$

при роботі з фільтром-вологовідділювачем

$$m_{B2} = 0,0016 \tau^{1,2026} \quad (3.7)$$

де τ - напрацювання мото-год.;

m_{B1} – кількість води, накопичена у фільтрі тонкого очищення при роботі зі штатним фільтром, г;

m_{B2} – кількість води, накопичена у фільтрі тонкого очищення при роботі з фільтром-вологовідділенням, г.

Прирівнюючи вирази (3.6) та (3.7), і провівши математичні перетворення, отримуємо відношення кількості m_{B2} до кількості m_{B1} : $1,14/8,27 = 0,14$.

Висновки по розділу

Таким чином, застосування розробленого фільтра-вологовідділювача дозволяє знизити обводненість палива, а, отже, підвищити ресурс плунжерних пар паливного насоса на 86 % порівняно з використанням штатної паливної системи.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналізуючи дані, отримані в ході експерименту можна виявити, що швидкість і період насичення полімеру обернено пропорційні розмірам гранул. Максимальна швидкість водопоглинання не залежить від розміру гранул і спостерігається в початковий період насичення, потім поступово знижується. Період насичення гранул полімеру до об'єму чітко визначається їх розміром. Так, повне насичення гранул розміром 0,5...1 мм відбувається за 40 хв, гранул розміром 1...2 мм – 150 хв, гранул розміром 2...3 мм – 180 хв, гранул 3...5 мм – 210 хв.

2. Отримані результати показали, що полімерний адсорбент не впливає на показники якості дизельного палива, які регламентуються ДСТУ.

3. На процес зневоднення палива у фільтр-вологівідділювачі найбільший вплив має маса полімерного адсорбенту та температура палива. При збільшенні маси полімерного адсорбенту на 1 г збільшується кількість води, що утримується фільтром на 26...51 г, збільшення температури палива на 10°C призводить до збільшення кількості утримуваної фільтром води на 5...7 г.

4. Наявність 1% води в паливі посилює зношування плунжерних пар приблизно в 2,2 рази, що еквівалентно наявності абразиву в паливі в кількості близько 0,00002%. За їх спільної наявності – зношування посилюється приблизно 4,6 разу.

5. У процесі експлуатаційних досліджень паливної системи трактора оснащеної фільтром-вологівідділювачем встановлено, що кількість води, накопичена у фільтрі грубого очищення палива, та фільтрі-вологівідділювачі за 375 мото-год, у середньому по групі з восьми тракторів склала 136,29 мл та 147 98 мл відповідно.

У паливній системі без використання фільтра-вологівідділювача кількість накопиченої води у фільтрі тонкого очищення за 375 мото-год. становило в

середньому 11,92 г, що на 86 % вище значень отриманих при використанні фільтра-вологовідділювача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Костецкий Б. И. Трение, смазка и износ в машинах. Киев : Техніка. 1970. 396 с.
2. Костецкий Б. И. Износостойкость деталей машин. Киев, Москва : МАШГИЗ, 1950, 168 с.
3. Аулін В. В., Тихий А. А. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами : монографія. Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2017. 278 с.
4. Замота Т.Н. Улучшение макрогеометрии цилиндрических поверхностей трения при электрохимико-механической доводке. *Политранспортные системы: материалы VII Всерос. науч.-техн. конф., Красноярск, 25-27 ноября 2010 г.* Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2010. С. 235-240.
5. Ищенко А.А. Анализ существующих способов защиты от коррозионных повреждений металлоконструкций машины непрерывного литья заготовок. Міжвузівський тематичний збірник наукових праць «*Наука та виробництво*». 2017г. №17. С.24– 29.
6. Хрущов М. М. Абразивное изнашивание. Москва : Наука. 1970. 251 с
7. Крагельский И. В. Трение и износ. Москва : Машиностроение. 1968. 480 с.
8. Лавренко Я.І. До питання визначення ресурсу конструктивних елементів при змінних навантаженнях. *НТУУ «КПІ» Серія Машинобудування*. 2009. №56. С. 88-92.
9. Безъязычный В.Ф. Технологическое обеспечение эксплуатационных показателей деталей машин. Москва : Машиностроение. 2001. 217 с.
10. Мелничук П.П. Технологія машинобудування: Підручник. Житомир : ЖДТУ. 2005. 882 с.

11. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. Киев : Техника. 1970. 395с.
12. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2 / ред. А.М. Дальский, А.Г. Суслов, А.Г. Касилов, Р.К. Мещеряков. Москва : Машиностроение. 2003. 944 с.
13. Сірий І. О. Передумови основного обробітку ґрунту шляхом створення деформацій розтягування-вигину і зсуву. *Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти*. 2016. №. 4. С. 171-181.
14. Сало В. М. Аналіз процесів чизелювання ґрунтів з застосуванням різних комбінацій робочих органів. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2015. №. 45 (1). С. 126-132
15. ДСТУ 2823-94 Зносостійкість виробів. Тертя. зношування та мащення. Терміни та визначення.
16. Цибух А. В., Скрипка Л. С. Модель визначення переміщень від втомнісного зносу в кінематичних парах механічної частини електроприводу. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка*. 2017. Вип. 186 С. 93-94.