

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

 DOI 10.51582/interconf.19-20.04.2025.045

Модель формування контрольно-діагностичної системи при ремонті об'ємних агрегатів гідростатичних трансмісій за їх технічним станом

**Мельянцов Петро Тимофійович¹,
Лосіков Олександр Михайлович², Сидоренко Віктор Кононович³**

¹ кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інжинірингу технічних систем;
Дніпровський державний аграрно-економічний університет; Україна

² старший викладач, кафедра галузевого машинобудування;
Український державний університет науки і технологій; Україна

³ старший викладач, кафедра галузевого машинобудування;
Український державний університет науки і технологій; Україна

Анотація.

Об'ємні аксіально-поршневі гідроагрегати гідравлічних трансмісій, котрі надходять на сервісні підприємства для ремонту, мають різний технічний стан, який істотно впливає на якість та кінцеву вартість їх ремонту, що в значній мірі пояснюється відсутністю ефективних операцій їх перед ремонтного діагностування. Мета роботи полягала в отриманні достовірної оцінки та однозначності діагностичної інформації, щодо технічного стану об'ємних аксіально-поршневих гідромашин в системі перед ремонтного діагностування. Для її реалізації розроблено математичну модель процесу двоетапного визначення технічного стану гідроагрегату. В якості мінімізованої цільової функції вибрано річні приведені витрати на ремонт об'ємних агрегатів гідравлічних трансмісій, які припадають на підрозділи перед ремонтного діагностування і розбирання та складання з операційним контролем. Отримані результати вказують на ефективність застосування розробленої моделі контрольно-діагностичної системи при ремонті об'ємних агрегатів гідростатичних трансмісій на сервісних підприємствах.

Ключові слова:

гідростатична трансмісія
об'ємні аксіально-поршневі гідромашини
технологія ремонту
перед ремонтне діагностування
операційний контроль
структурні параметри
надійність
об'ємні втрати
дефектація

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

Вступ. В будівельних, дорожніх та сільськогосподарських мобільних машинах широке застосування знаходять об'ємні гідравлічні трансмісії, основними складовими яких являються аксіально-поршневі гідромашини (насоси, мотори) різноманітних фірм.

Конструктивні вдосконалення мобільних машин через застосування гідравлічних трансмісій, обладнаних аксіально-поршневими гідроагрегатами, ставить додаткові специфічні вимоги до операцій технічного обслуговування, спрямованих на підтримання їхньої функціональності, та ремонтних заходів для відновлення працездатного стану [1].

Водночас, неухильне збільшення колісних та гусеничних транспортних засобів, як вітчизняного так і закордонного виробництва, відчутно погіршує їх надійність через виникнення несправностей, які спостерігаються в гідравлічних трансмісіях [2, 3].

В процесі експлуатації працездатний стан агрегатів гідравлічних трансмісій підтримується проведенням операцій з їх технічного обслуговування, а відновлюється, в результаті відмови, на сервісних підприємствах виконанням поточних та капітальних ремонтів.

Аксіально-поршневі гідромашини поступають до ремонтного фонду сервісних підприємств по різних причинах втрати їх працездатності, які формують різні види і об'єми ремонтних робіт.

Ефективність і якість ремонту об'ємних гідромашин в значній мірі визначається технічною підготовкою спеціалізованого сервісного підприємства, яка характеризується прийнятою системою входного контролю ремонтного фонду об'ємних гідромашин, що ґрунтується на перед ремонтному їх діагностуванню, методами відновлення посадки в спряженнях деталей, способами проведення розбирально-складальних робіт, впровадженням проміжних контрольних-сортувальних операцій в загальному технологічному процесі та ін.

За конструктивними рішеннями аксіально-поршневі гідромашини включають в себе додаткові вузли (насос підживлення, розподільник керування робочим об'ємом, клапанна коробка, торцеві ущільнення, качаючі вузли основних агрегатів та ін.), зміна технічного стану яких або раптова відмова буде обумовлювати втрату працездатності гідравлічної трансмісії в

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

цілому і відповідно відправки основних агрегатів до сервісного центру.

Якісний ремонт аксіально-поршневих гідромашин при мінімальних витратах праці можливий за умови реалізації ефективної системи їх перед ремонтного діагностування для отримання достовірної і однозначної інформації про технічний стан складових агрегатів, що поступають до сервісного підприємства.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Організація операцій перед ремонтного діагностування аксіально-поршневих агрегатів гідростатичних трансмісій базується на застосуванні відомих методів та засобів діагностування агрегатів гідравлічних приводів.

В роботі [4] автори рекомендують контролювати технічний стан деталей спряження «кільцева опора п'яти плунжера-опора люльки» качаючого вузла гідронасоса і «кільцева опора п'яти плунжера-похила шайба» для гідромотора за швидкістю наростання температури корпусу в визначених місцях.

Даний спосіб складно реалізувати при визначенні технічного стану гідроагрегатів при входному контролі їх на ремонтне підприємство, так як до 75% об'єктів ремонту знаходяться в не працездатному стані, що не дозволяє провести для них операції термодинамічного діагностування. Реалізація даного способу для агрегатів, які можливо продіагностувати при проведенні стендових випробувань, надає інтегральну оцінку технічного стану кільцевих опор п'ят плунжера і вказує на необхідність прямого діагностування технічного стану деталей.

Більш інформативним, при визначенні технічного стану деталей спряжень качаючих вузлів гідроагрегатів при входному контролі, являється метод гідравлічного опресування гідромашин. Технічний стан деталей визначається по сумарним об'ємним витокам робочої рідини із дренажних отворів агрегатів [5].

Даний спосіб також надає інтегральну оцінку технічного стану деталей, що потребує застосування додаткових дефектувальних робіт для визначення дійсного технічного стану деталей.

Контроль технічного стану об'ємних агрегатів та гідростатичної трансмісії в цілому за зміною тиску і

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

температури робочої рідини при динамічному режимі роботи розглядається в роботі [6]. Впровадження даного методу діагностування при вхідному контролі об'єктів ремонту ускладнюється різним технічним станом аксіально-поршневих гідромашин, із-за якого не можливо продіагностувати агрегати в динамічному режимі.

В роботі [2], автори відмічають, що в зв'язку з конструктивною складністю аксіальних гідромашин, виникають труднощі з впровадження операцій їх перед ремонтного діагностування, а контроль технічного стану деталей проводиться виконанням дефектувальних робіт. Для їх виконання необхідно провести значний об'єм розбиральних робіт, що значно збільшує трудомісткість ремонту агрегатів.

Складність ефективної реалізації вхідного контролю також обумовлюється відсутністю врахування впливу зовнішніх факторів, які супутні процесам діагностування агрегатів, необхідністю альтернативної постановки діагнозу в поєднанні з низькою метрологічною якістю засобів діагностування, не достатньою обґрунтованістю нормативних значень діагностичних параметрів, які застосовуються при проведенні ремонтних робіт та ін.

Наявність вказаних причин обумовлює появу в системі перед ремонтного діагностування значних за величиною помилок типу «хибна несправність» (помилка першого роду) і «пропуск несправності» (помилка другого роду).

При ремонті аксіально-поршневих агрегатів помилки першого роду приводять до появи не обґрунтованих витрат C^H , які пов'язані з операціями розбирання та складання спряжень, які не мають в цьому потребу, а помилки другого роду приводять до витрат C^n на проведення повторного циклу розбирально-складальних робіт для усунення несправності, які були пропущені при перед ремонтному діагностуванні і виявлені лише при приймальному контролі якості відремонтованої продукції. Для умов накладення помилок другого роду при перед ремонтному діагностуванні і помилок другого роду при приймальному контролі, несправність агрегатів залишається не усуненою.

Крім того, при проведенні ремонтних робіт на сервісному підприємстві, кожне робоче місце має спеціалізацію на виконання обмеженого числа комплексів ремонтних робіт, які

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

складаються із попередньо встановленої номенклатури елементарних ремонтних операцій, тому помилки віднесені до того чи іншого комплексу робіт можуть визвати необхідність в передачі агрегату, який ремонтується, з одного робочого місця на інше, що приводить до додаткових витрат C^d .

Таким чином, на ряду з номінальними витратами C_i на усунення i -го структурного елемента агрегату, що ремонтується, при відсутності помилок, будуть мати місце втрати C_i^n , C_i^m і C_i^d , обумовлені значеннями помилок 1-го і 2-го роду при розпізнаванні i -го дефекту.

Суттєво знизити втрати, визвані помилками розпізнавання технічного стану аксіально-поршневих гідромашин і їх складових в системі входного контролю ремонтного фонду, можна досягнути за допомогою поетапного контролю окремих спряжень агрегатів, що ремонтуються, в технологічному процесі їх ремонту.

Метою роботи являється. Отримання достовірної оцінки та однозначності діагностичної інформації, щодо технічного стану об'ємних аксіально-поршневих гідромашин в системі перед ремонтного діагностування.

Постановка задачі. Введення додаткових контрольно-діагностичних операцій в технологічному процесі ремонту об'ємних гідромашин і безпосередньо в процесі розбирання агрегату (операційний контроль в процесі розбирання) приводить до деякого ускладнення технології виконання ремонтних робіт, але при цьому, операційний контроль дає можливість локалізувати наявні несправності, які принципово не можуть бути виявлені за допомогою засобів перед ремонтного діагностування.

Для забезпечення якості контролю технічного стану гідроагрегату необхідно вирішити наступні задачі: створення математичної моделі для оцінки стану трансмісій на основі зібраних даних для визначення необхідності ремонту; обґрунтувати ефективні методи перед ремонтного діагностування, які максимально забезпечить інформативність стану структурних параметрів, що обумовлюють технічний стан гідромашини; організувати операційний контроль в процесі розбирання агрегатів для локалізації наявних несправностей,

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

які принципово не можуть бути виявлені за допомогою засобів перед ремонтного діагностування.

Викладення основного матеріалу досліджень.

Організація операційного контролю при проведенні робіт з розбирання аксіально-поршневих гідромашин, із-за конструктивної їх складності, потребує розроблення контрольних-діагностичних заходів по відношенню до складових гідромашин (насос підживлення, розподільник керування робочим об'ємом, клапанна коробка) та безпосередньо для деталей спряжень качаючих вузлів, технічний стан яких суттєво впливає на працездатність гідроагрегатів.

Поява того чи іншого виду втрат в виробничому процесі ремонту об'ємних гідромашин залежить від прийнятих рішень про необхідність проведення ремонтних робіт по усуненню дефектів, наявність або відсутність яких визначається по результатам контролю технічного стану об'єктів ремонту. Рішення при цьому носять, як правило, альтернативний характер.

Для визначення можливих варіантів рішень про необхідність проведення ремонтних дій по i -му структурному елементу гідроагрегату і аналізу відповідних виробничих витрат для двоетапної системи контролю технічного стану об'ємних агрегатів розроблюється графічна модель процесу прийняття рішень, яка має форму багаторівневого направлено графа з альтернативним характером розгалужень.

В модель на ряду з врахуванням помилок розпізнавання технічного стану i -го спряження також враховані реальні технічні можливості ремонтного підприємства по контролю i -го елемента.

При цьому, в випадку пропуску фактичного дефекту по результатам перед ремонтного діагностування, для агрегату може бути призначено комплекс ремонтних робіт в яких відсутня ремонтна операція по усуненню пропущеного дефекту. Тоді при послідуєчому виявленні даного дефекту в процесі операційного контролю, і не можливості його усунення на даному робочому місці, виникають додаткові затрати по переміщенню агрегату на інше робоче місце. Аналогічна ситуація може виникнути і при необхідності усунення не існуючого дефекту, коли по результатам операційного контролю визначено його наявність.

Призначення ремонтних дій, в випадку появи взаємовиключаючих результатів на кожному етапі контролю, при

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

перед ремонтному діагностуванні встановлено наявність дефекту, а при операційному контролі – його відсутність і, навпаки, проводиться з врахуванням того, що виробничі втрати при пропуску дефекту (помилка 2-го роду) суттєво вищі втрат, які виникають при помилковому виявленні дефекту (помилка 1-го роду). Крім того, при призначенні остаточних рішень враховувалась більш висока достовірність операційного контролю в порівнянні з перед ремонтним діагностуванням.

В результаті послідовного аналізу затрат за варіантами прийнятих рішень було сформовано математичну модель процесу двоетапного визначення технічного стану гідроагрегату, в якій облік реальних виробничих ситуацій, які виникають при прийнятті конкретних рішень, проводився за допомогою наступних цілісних змінних:

$$\delta_{ih} = \begin{cases} 1, \text{ якщо дефект } i\text{-госпряження визначається } h\text{-ю операцією} \\ \text{ передремонтного діагностування;} \\ 0 \text{ в протилежному випадку,} \end{cases}$$

$$\delta_{iq} = \begin{cases} 1, \text{ якщо дефект } i\text{-госпряження визначається } q\text{-ю операцією} \\ \text{ при операційному контролі;} \\ 0 \text{ в протилежному випадку,} \end{cases}$$

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ якщо агрегат з } j\text{-м технічним станом містить } i\text{-й дефект;} \\ 0 \text{ в протилежному випадку,} \end{cases}$$

$$\delta_{jk} = \begin{cases} 1, \text{ якщо агрегат з } j\text{-м технічним станом відновлюється} \\ \text{ в } k\text{-му комплексі ремонтних робіт;} \\ 0 \text{ в протилежному випадку,} \end{cases}$$

$$\delta_{ik} = \begin{cases} 1, \text{ якщо } i\text{-й дефект усувається в } k\text{-му комплексі ремонтних робіт;} \\ 0 \text{ в протилежному випадку.} \end{cases}$$

При формуванні математичної моделі в якості мінімізованої цільової функції вибрано річні приведені витрати на ремонт об'ємних гідроагрегатів гідравлічних трансмісій, які припадають на підрозділи перед ремонтного діагностування і

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

розбирання та складання з операційним контролем, і визначаються сукупно по всім дефектам, технічним станам і комплексам ремонтних робіт, що проводяться на підприємстві:

$$Q_{pz} = \sum_{k=1}^K \left\{ \sum_{j=1}^M N_j \left[\sum_{i=1}^R (C_i^{nom} + E_n K_i) \right] \right\} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де C_i^{nom} – поточні річні затрати на контроль технічного стану і усунення дефекту i – спряження;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

K_i – капіталовкладення в створення виробничої бази підрозділів з перед ремонтного діагностування і розбирання та складання з операційним контролем;

N_j – кількість агрегатів з j – м технічним станом в річній програмі ремонту підприємства;

K – множина комплексів ремонтних робіт, які виконуються на підприємстві,
 $K = \{K : K = \overline{1, K}\}$;

M – множина технічних станів агрегатів. які ремонтуються на даному підприємстві,
 $M = \{j : j = \overline{1, M}\}$;

R – множина дефектів агрегату, які усуваються на підприємстві,
 $R = \{i : i = \overline{1, R}\}$.

В виразу (1) складові (C_i^{nom}, K_i) представляють собою складні функціональні залежності поточних і одноразових виробних затрат на виявлення і усунення дефекту i -го спряження від більшого числа організаційно – технологічних і техніко-економічних факторів.

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

В спрощеному варіанті залежності C_i^{nom} і K_i від враховуючих в моделі факторів можна представити наступними виразами:

$$C_i^{nom} = \theta_i^{(x)} \left[\delta_{ih}; \delta_{iq}; \delta_{ij}; \delta_{ik}; \alpha_{ih}; \alpha_{iq}; \beta_{ih}; \beta_{iq}; C_h; C_q; C_i; C_i^h; C_i^n; C_i^d \right], \quad (2)$$

$$K_i = \Phi_i^{(x)} \left[\delta_{ih}; \delta_{iq}; K_{ih}; K_{iq} \right], \quad (3)$$

де $\theta_i^{(x)}$, $\Phi_i^{(x)}$ - функціонали, що формують залежності відповідно C_i^{nom} і K_i від факторів і їх поєднань, що враховуються в моделі і обумовлюються прийняттям конкретного рішення;

x - номер варіанта прийнятого рішення, сукупність яких

$$X = \{x: x = \overline{1, X}\}$$

складає кінцеву множину,

Процес формування раціональної структури контрольно-діагностичної системи в технологічному процесі з ремонту аксіально-поршневих гідромашин за технічним станом з використанням розробленої математичної моделі являється ітераційним процесом з значним числом ітерацій, ефективність розрахунку яких потребує застосування електронно-розрахункових машин.

Алгоритм формування раціональної структури контрольно-діагностичної системи складається з двох основних етапів: формування масивів вихідних даних і розрахунок цільової функції з послідовним виключенням на кожній ітерації однієї контрольно-діагностичної операції.

Вихідними даними для проведення розрахунків являються:

- відомості про структурний і кількісний склад найбільш ймовірностних станів об'єктів ремонту; кількісний та якісний склад комплексів ремонтних робіт, які виконуються на спеціалізованих робочих місцях, а також склад контрольно-діагностичних операцій, що реалізуються на даному

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

підприємстві;

- значення ймовірностей помилок 1-го і 2-го роду по кожній контрольній-діагностичній операції, які усуваються в результаті відпрацювання статистичних даних або спеціальних експериментальних досліджень;

- склад і кількісні значення затрат на виявлення і усунення окремих дефектів, які визначаються експериментально або за нормативно-технічною документацією.

На нульовому кроку ітераційного процесу проводиться розрахунок цільової функції з включенням параметрів всіх контрольній-діагностичних операцій, які реалізуються на даному

ремонтному підприємстві $Q_{pз}^{(0)}$. Після цього одна із операцій (по i -му спряженню) виключається і заново проводиться

розрахунок цільової функції $Q_{pз}^{(1)}$ (1 - номер ітерації).

Отримане значення $Q_{pз}^{(1)}$ порівнюється з $Q_{pз}^{(0)}$ і за умови, що

$Q_{pз}^{(1)} < Q_{pз}^{(0)}$, із розрахунків знову виключається одна із контрольній-діагностичних операцій і проводиться розрахунок

цільової функції $Q_{pз}^{(2)}$ і т.д. Процес розрахунків закінчується

при появі співвідношення $Q_{pз}^{(n+1)} \geq Q_{pз}^{(n)}$. Отриманий при цьому склад контрольній-діагностичних операцій може вважатись оптимальним по критерію мінімуму річних приведених затрат на виявлення і усунення дефектів об'ємних агрегатів гідростатичних трансмісій, які ремонтуються на даному ремонтному підприємству.

Впровадження даної контрольній-діагностичної моделі потребує обґрунтування ефективних методів і засобів для проведення косвенного і прямого діагностування технічного стану об'єктів ремонту.

На першому етапі вхідного контролю технічного стану аксіально-поршневих гідромашин необхідно врахувати конструктивні особливості гідромашин, які характеризуються розміщенням на гідронасосі насоса підживлення (НП) і

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

гідророзподільника керування робочим об'ємом (ГРКРО), як окремі вузли, а у гідромотора – клапанної коробки (КК).

Проведення перед ремонтного діагностування повнокомплектної гідромашини являється дуже складним, так як несправності (дефекти) в залежності від технічного стану агрегату можуть бути, як в качаючому вузлі (КВН) насоса або качаючому вузлі гідромотора (КВМ), так і безпосередньо в комплектуючих вузлах, які будуть обумовлювати працездатний стан агрегатів.

Це підтверджується і проведенням аналізом технічного стану об'ємних гідромашин, які потрапили до ремонту (рис.1).

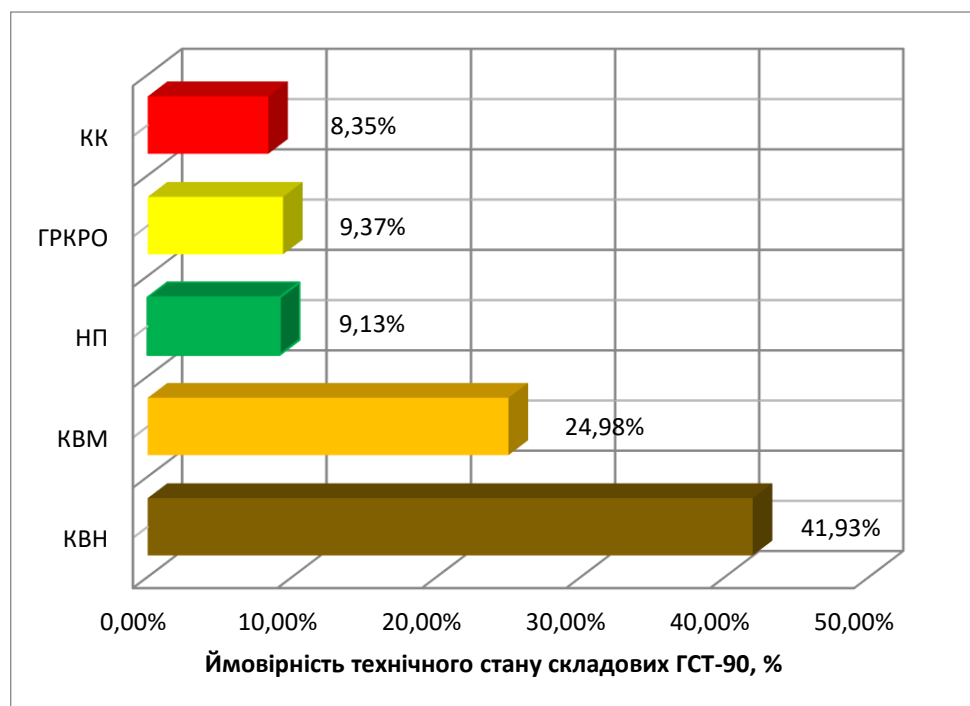


Рисунок 1

Лінійчата гістограма ймовірностей технічного стану аксіально-поршневих агрегатів гідростатичної трансмісії GST-90

Аналіз статистичної оцінки технічного стану гідромашин, при їх потраплянні до ремонту, показує, що на кількісному рівні ймовірність технічного стану повнокомплектного агрегату, в разі сумісної дії декількох незалежних подій може обумовити появу помилок 1-го і 2-го роду.

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

Наприклад у основного гідронасоса зміна його робочого об'єму не відповідає положенню золотника гідророзподільника керування робочим об'ємом. До основних причин, які обумовлюють такий стан гідронасоса, за даним функціональним параметром, можна віднести зміну технічного стану насоса підживлення – 9,13%, зношення золотника гідророзподільника керування робочим об'ємом насоса – 9,37%, зношення деталей качаючого вузла гідронасоса – 41,93%. Така поява несправностей у гідронасоса ускладнює виявлення дійсної причини втрати працездатності гідроагрегату. Що підтверджує робочу гіпотезу про проведення демонтажних робіт по зняттю додаткових вузлів з основних агрегатів.

На даному етапі при проведенні контрольно-діагностичних операцій, по відношенню до вузлів і агрегатів основних гідромашин, на сервісних підприємствах необхідно застосовувати методи діагностування, які дають точну оцінку технічного стану об'єктів.

До таких вузлів можна віднести насос підживлення, клапанну коробку, розподільник керування робочим об'ємом. Демонтовані вузли з агрегату легко монтуються на випробувальних стендах для контролю їх технічного стану через функціональну залежність між структурними і діагностичними параметрами технічного стану деталей спряжень.

За умови виходу діагностичного параметра за граничні значення агрегат поступає на розбирання, в процесі якого проводиться операційний контроль технічного стану деталі діагностуванням на пряму (дефектація), що вказує на актуальність впровадження другого етапу для контролю технічного стану деталей.

Аналогічна картина спостерігається і при перед ремонтному діагностуванні під розібраних основних гідромашин, у яких контролюються зовнішня герметичність пневматичним опресуванням для визначення технічного стану їх торцевих ущільнень, та внутрішня герметичність гідравлічним опресуванням для визначення інтегральної оцінки технічного стану деталей качаючих вузлів гідромашин за об'ємними витоками робочої рідини із дренажних отворів агрегатів.

Результати кількісної оцінки об'ємних втрат робочої рідини у качаючих вузлів агрегатів, що потрапили до ремонту і пройшли гідравлічне опресування наведені на (рис. 2).

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

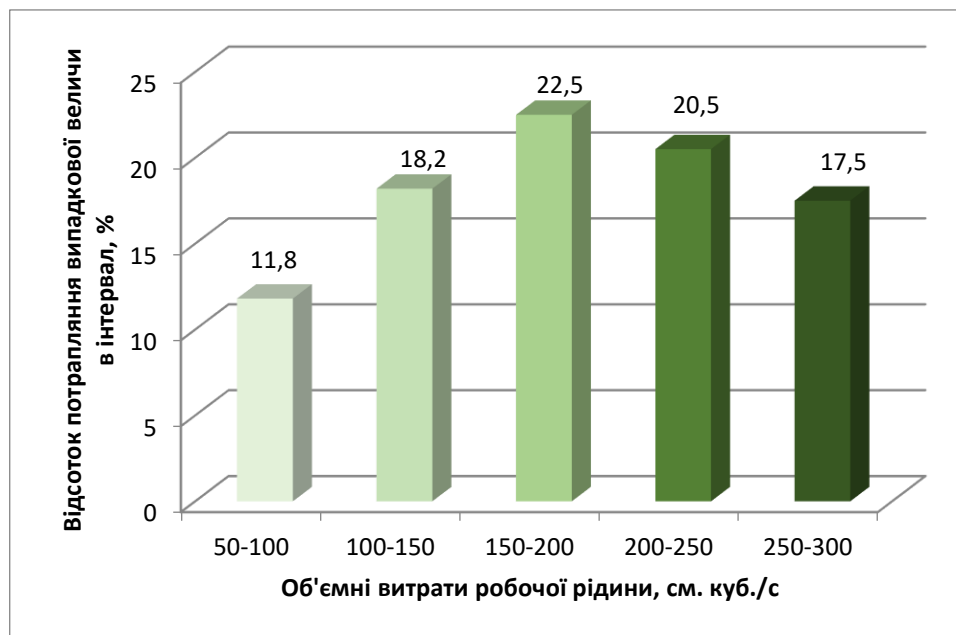


Рисунок 2

Розподілення аксіально-поршневих гідромашин за об'ємними витратами робочої рідини у їх качаючих вузлах по результатам вхідного контролю гідравлічним опресуванням

Детальний аналіз об'ємних втрат робочої рідини через спряження качаючих вузлів гідромашин показав, що близько 38% агрегатів мають сумарні об'ємні втрати, які досягли граничного значення – 225 см³/с [7], і їх можна відправляти на наступні операції технологічного процесу – розбирання та дефектація деталей.

Для інших агрегатів, кількість яких становить 62%, кількісні значення об'ємних втрат рідини не дають диференціальної оцінки про технічний стан деталей спряжень качаючих вузлів гідромашин, що потребує застосування для них наступного кроку – операційного контролю технічного стану деталей з застосуванням відповідних методів і засобів їх контролю.

Операційний контроль технічного стану деталей качаючих вузлів гідромашин, а також деталей складових вузлів (НП, КК, ГРКРО) формується на основі дослідження характеру та виду зношення робочих поверхонь деталей, наявності нормованих граничних та допустимих значень структурних параметрів

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

деталей.

Проведений аналіз технічного стану деталей, які суттєво впливають на працездатний стан гідроагрегатів, показав, що більшість деталей мають гідроабразивне зношення, яке характеризується ймовірнісним розміщенням на робочих поверхнях деталей рисок різної глибини і профілю.

Спряження плунжерних пар («плунжер-втулка блоку», «п'ята плунжера-опора люльки», «п'ята плунжера-похила шайба») та деталей з'єднання «розподільник-приставне дно», качаючих вузлів гідромашин мають зазори, які є характерними для прецизійних пар тертя, у яких при незначних зношеннях можуть виникати зміни умови їх роботи – перехід від рідинного тертя до граничного і звідси швидка втрата їх працездатності.

Контроль технічного стану деталей зі слідами гідроабразивного спрацювання визиває складності, так як існуючі інструментальні прилади контролю не дають можливості проконтролювати дійсну глибину абразивних рисок, по результатам яких визначається технічний стан деталей, і які повинні бути відсутні у відремонтованій деталі.

Риски видаляються застосуванням притиральних операцій (спосіб вільних ремонтних розмірів). Їх глибина буде впливати на геометричні розміри деталей, які формують розмірний ланцюг при складанні качаючих вузлів, і який в зв'язку зі зміною розмірів деталей може не відповідати технічним вимогам.

Відновлення зношених деталей до номінального розміру значно зменшує появу помилок 1-го і 2-го роду, так як відновлені деталі характеризуються формою, шорсткістю поверхні та фізико-механічними властивостями робочих поверхонь, які відповідають новим деталям. В даному випадку якість відновлювальних операцій вже буде залежати від операцій нарощування зношеної поверхні та її механічної обробки.

Застосування даного способу відновлення деталей значно підвищує собівартість ремонту агрегатів, що зменшує попит на замовлення ремонту агрегатів в сервісному підприємстві.

Для контролю технічного стану деталей прецизійних пар аксіально-поршневих гідромашин і визначення способу їх ремонту, ефективним буде застосування метода профілографування, який характеризується порівнянням профілограми зношеної поверхні деталі з не зношеною. Він найбільш точно відтворює дійсну картину зношення робочої

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

поверхні деталі.

До його недоліків слід віднести те, що у вітчизняних профілометрів коротка траса контролю зношеної поверхні, а також складність доступу до внутрішніх поверхонь деталей (втулка блоку) при проведенні контрольних операцій.

Звідси виникає необхідність розроблення нових методів операційного контролю технічного стану деталей прецизійних пар качаючих вузлів об'ємних гідромашин. Одним із перспективних методів діагностування деталей технічного стану робочих поверхонь на пряму може бути безконтактний спосіб, який дає можливість точно визначити глибини гідроабразивних рисок, які являються основними для визначення способу відновлення деталей.

Висновки. Суттєво знизити втрати, визвані помилками розпізнавання технічного стану аксіально-поршневих гідромашин і їх складових, які ремонтуються в системі вхідного контролю ремонтного фонду, можна досягнути за допомогою поетапного контролю окремих спряжень агрегатів в технологічному процесі їх ремонту.

За варіантами прийнятих рішень було сформовано математичну модель процесу двоетапного визначення технічного стану гідроагрегату. В якості мінімізованої цільової функції вибрано річні приведені витрати на ремонт об'ємних гідроагрегатів гідравлічних трансмісій, які припадають на підрозділи перед ремонтного діагностування і розбирання та складання з операційним контролем, і визначаються сукупно по всім дефектам, технічним станам і комплексам ремонтних робіт, що проводяться на підприємстві.

Введення додаткових контрольних-діагностичних операцій в технологічному процесі ремонту об'ємних гідромашин і безпосередньо в процесі розбирання агрегату (операційний контроль в процесі розбирання) дає можливість локалізувати наявні несправності, які принципово не можуть бути виявлені за допомогою засобів перед ремонтного діагностування.

Проведення перед ремонтного діагностування повнокомплектної гідромашини в умовах сервісних підприємств являється дуже складним, що вказує на проведення демонтажних робіт по зняттю додаткових вузлів: насоса підживлення (НП), гідророзподільника керування робочим об'ємом (ГРКРО), клапанної коробки (КК), які при цьому легко монтуються на

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

випробувальних стендах для контролю їх технічного стану через функціональну залежність між структурними і діагностичними параметрами технічного стану деталей спряжень.

Перед ремонтне діагностування під розібраних основних гідромашин, у яких контролюється внутрішня герметичність спряжень качаючих вузлів гідравлічним опресуванням, через об'ємні витоки робочої рідини із дренажних отворів агрегатів, не дає диференціальної оцінки про технічний стан деталей спряжень, що потребує застосування для них наступного кроку – операційного контролю технічного стану деталей з застосуванням відповідних методів і засобів їх контролю.

Контроль технічного стану деталей зі слідами гідроабразивного спрацювання визиває складності, так як існуючі інструментальні прилади контролю не дають можливості проконтролювати дійсну глибину абразивних ризиків, по результатам яких визначається технічний стан деталей і вибір способу їх відновлення.

Для контролю технічного стану деталей прецизійних пар аксіально-поршневих гідромашин і визначення способу їх ремонту, ефективним буде застосування метода профілографування, який характеризується порівнянням профілограми зношеної поверхні деталі з не зношеною. Він найбільш точно відтворює дійсну картину зношення робочої поверхні деталі.

References:

- [1] Melyantsov P. T. Control of the technical condition of hydraulic transmission units of mobile machines on the basis of monitoring the level of cleanliness of the working fluid / P. T. Melyantsov, I. M. Dobryanskyi, O. M. Losikov, V. K. Sidorenko // ScientificWorldJournal № 24, (2024), (DOI: 10.30888/2663-5712.2024-24-00-061) Economic Academy D.A. Tsenova, Svishtov, Bulgaria, 2024. S. 62–76.
- [2] Мельянцов П. Т. Опыт ремонта гидропривода ГСТ-90 на ремонтных предприятиях [Текст] / П. Т. Мельянцов, Б. Г. Харченко, И. Г. Голубев. – М.: Госагропром СССР. АгроНИИТЭИИТО, 1989. 42 с.
- [3] Черейский П. М., Мельянцов П. Т. Влияние износа на работу гидропривода трансмиссии // Техника в сельском хозяйстве. 1988. № 3. С. 63–64.
- [4] Мельянцов П. Т. Визначення технічного стану агрегатів гідравлічної трансмісії термодинамічним методом діагностування / В. Ю. Шпорт, П. Т. Мельянцов // Zbior artykulow naukowych. «Inzynieria i technologia. Osiagniecia naukowe, rozwoj, propozicje na rok 2015». –

GENERAL ENGINEERING AND MECHANICS

- Warszawa, 2015. S. 36-40.
- [5] Мельянцов П. Т. Вхідний контроль технічного стану аксіально-поршневих гідромашин в технологічному процесі їх ремонту / П.Т. Мельянцов, О. М. Лосіков, В. К. Сидоренко // with the Proceedings of the 7 th International Scientific and Practical Conference «Scientific Trends and Trends in the Context of Globalization». Umeå, Kingdom of Sweden, 2024. № 44 (197). S. 467-477. DOI 10.51582/interconf.19-20.04.2024.047.
- [6] Мельянцов П. Т. Підвищення якості діагностування аксіально-поршневих агрегатів гідравлічних трансмісій мобільних машин сільськогосподарського призначення / П. Т. Мельянцов, О. С. Ковальчук // Proceedings of the 5th International Scientific and Practical Conference «Diversity and Inclusion in Scientific Area». Warsaw, Poland.2024. С. 226-234.
- [7] Мельянцов П. Т. Вплив сумарних об'ємних втрат робочої рідини на роботоздатність гідравлічного приводу трансмісії / П. Т. Мельянцов, В. В. Форощук, // Zbior artykulow naukowych. «Inzynieria i technologia. Osiagniecia naukowe, rozwoj, propozicje na rok 2015». - Warszawa, 2015. S. 67-71.