



УДК 621.6.04:621.791

IMPROVEMENT OF FITTING AND MECHANICAL METHODS IN RESTORING THE OPERABILITY OF AXIAL-PISTON HYDRAULIC MACHINES OF HYDROSTATIC TRANSMISSIONS

УДОСКОНАЛЕННЯ СЛЮСАРНО-МЕХАНІЧНИХ МЕТОДІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ АКСІАЛЬНО-ПОРШНЕВИХ ГІДРОМАШИН ГІДРОСТАТИЧНИХ ТРАНСМІСІЙ

Melyantsov P.T. / Мельянцов П. Т.

c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.

ORCID: 0000-0001-5937-4021

Dnipro State Agrarian and Economic University, str. S. Yefremova, 25, 49600

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. С. Єфремова, 25, 49600

Анотація. У статті досліджено проблему підвищення якості ремонту аксіально-поршневих гідромашин гідростатичних трансмісій шляхом удосконалення слюсарно-механічних методів. Показано, що традиційні операції притирки та механічної обробки не завжди забезпечують необхідну геометричну точність та шорсткість робочих поверхонь деталей, що обмежує післяремонтний ресурс агрегатів. Запропоновано конструктивно вдосконалений пристрій для притирки плоских поверхонь, який реалізує комбіновану дію тиску, реверсивного обертання та вібраційних коливань притирочної плити. Проведено експериментальні дослідження процесу притирання деталей спряження «розподільник – приставне дно», визначено вплив режимних параметрів на зміну шорсткості поверхні та товщину знятого шару металу. Встановлено, що застосування удосконаленого пристрою забезпечує скорочення тривалості притирочних операцій у 1,3 раза, покращення якості оброблених поверхонь до $Ra=0,2$ мкм та зростання післяремонтної довговічності гідроагрегатів. Отримані результати можуть бути використані на сервісних підприємствах для підвищення надійності і ресурсу гідравлічних машин.

Ключові слова: аксіально-поршнева гідромашина, гідростатична трансмісія, качаючий вузол, слюсарно-механічні методи, притирка, шорсткість поверхні, зносостійкість, післяремонтна довговічність.

Вступ.

На сьогодні склад мобільних машин у будівельній, дорожній та сільськогосподарській галузях народного господарства переважно формується за рахунок технічних систем іноземного виробництва, оснащених гідрофікованими трансмісіями, що підтверджується у роботах [1, 2].

Використання гідрофікованих трансмісій значно покращує динаміку мобільних машин їх змінну продуктивність та суттєво покращує умови роботи оператора мобільної машини.

Разом з тим, детальний аналіз складу технічних систем показав, що більша їх кількість знаний час знаходиться в експлуатації, що супроводжується втратою їх працездатності і особливо це стосується агрегатів гідравлічних трансмісій, на



долю яких припадає близько 30 % відмов від загальної кількості [3, 4].

Такий відсоток відмов обумовлюється в першу чергу експлуатаційними факторами, до яких слід віднести порушення режимів навантаження гідравлічних агрегатів, які не відповідають умовам, вказаних в технічних вимогах на експлуатацію. Робота гідравлічних трансмісій з низьким рівнем робочої рідини в баку гідравлічної системи, що приводить до порушення температурного режиму роботи гідравлічної трансмісії, на який також суттєво впливає наявність повітря в рідині, із-за порушення герметичності в штуцерних з'єднаннях гідравлічних рукавів та ін.

Появу відмов також обумовлює не своєчасне проведення регламентних робіт з підтримання технічного стану об'ємних гідромашин (заміна фільтруючих елементів, робочих мастил та ін.), використання марок робочих рідин, що не призначені для їх реалізації в гідравлічних трансмісіях.

Детальний аналіз ресурсних відмов, які приводять до втрати працездатності аксіально-поршневих гідромашин, показав, що в своїй більшості вони обумовлюються зміною структурних параметрів технічного стану деталей спряжень їх качаючих вузлів, що підтверджується в роботах [5, 6].

Відновлення працездатного стану об'ємних гідромашин проводиться на спеціалізованих сервісних підприємствах з їх ремонту [7]. Причиною цього є складна конструкція аксіально-поршневих гідромашин, наявність високоточних спряжень у качаючих вузлах, а також обмежена інформація про стандартизовані параметри технічного стану деталей, необхідні для роботи ремонтного підприємства

В цілому на сервісних підприємствах для відновлення деталей аксіально-поршневих гідромашин зі слідами не значного гідроабразивного і ерозійного зношення застосовують притиральні операції, які в своїй більшості виконуються в ручну на спеціальних плитах для притирки з застосуванням чорнових і чистових притирочних паст.

Для деталей зі слідами значного зношення, спочатку застосовують механічну обробку (токарну, кругло - та плоскошліфувальну), для видалення



ярко виражених слідів зношення, а потім застосовують фінішні операції (притиральні, вигладжуючи, полірувальні та ін.), для отримання необхідної геометричної форми деталі та шорсткості її робочої поверхні.

Очевидно, що забезпечення міжремонтного ресурсу відремонтованих об'ємних гідромашин у значній мірі залежить від якості слюсарно-механічних операцій, які повинні гарантувати відповідність геометричних розмірів деталей, класу чистоти поверхні та фізико-механічних властивостей робочих поверхонь рівню нових деталей.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Для відновлення працездатності об'ємних гідромашин широке застосування на сервісних підприємствах знайшов спосіб вільних ремонтних розмірів, який характеризується притиркою робочих поверхонь деталей до видалення слідів спрацювання, а розмірний ланцюг складеного вузла відтворюється встановлення додаткових кільцевих пластин під підшипник задньої кришки агрегату [8].

Хоча цей спосіб і реалізується з мінімальними трудовими витратами, відремонтовані агрегати в експлуатації не відпрацьовують встановлений міжремонтний ресурс, а близько 30 % деталей, що надходять на сервісне підприємство, підлягають списанню.

Реалізація слюсарно-механічних методів при відновленні аксіально-поршневих гідромашин здійснюється на основі статистичного дослідження дефектів деталей і характеру їх зношення та передбачає застосування прогресивних технологій, здатних забезпечити встановлений гарантійний ресурс агрегату.

Аналіз статистичної оцінки технічного стану складових аксіально-поршневих гідромашин, представлених в роботі [5], показав, що максимальна кількість відмов гідроагрегатів обумовлена технічним станом деталей спряжень їх качаючих вузлів: качаючий вузол гідронасоса (КН) – 41,93 %, качаючий вузол гідромотора (КМ) – 24,98 %.

При цьому, відмова працездатного стану гідромашин в основному



обумовлюється гідроабразивним зношуванням деталей в з'єднаннях: «п'ята плунжера-опора», «розподільник - приставне дно», «втулка блоку - плунжер», «кільцева опора п'яти – похила шайба» та ін. [6].

Як вже відмічалось, для відновлення технічного стану деталей даних спряжень, з наявністю такого виду зношення деталей, застосовується спосіб вільних ремонтних розмірів, який ґрунтується на видаленні слідів гідроабразивного зношення притирочними та механічними операціями (плоске шліфування) [8].

Якість проведення слюсарно-механічних операцій, при відновленні деталей на сервісних підприємствах, буде суттєво впливати на післяремонтну довговічність відремонтованих гідромашин, так як їх реалізація забезпечується застосуванням ручної праці при виконанні операцій з притирки, а механічні операції виконуються на верстатах (плоско-та круглошліфувальних, токарних, хонінгувальних та ін.), які не забезпечують необхідної точності обробки робочих поверхонь деталей за геометричною формою і класом чистоти поверхні, із-за їх технічного стану, який на сьогоднішній день не відповідає висунутим вимогам, наприклад відхилення від площинності робочої поверхні приставного дна, при проведенні шліфувальних операцій, повинно бути не більше 0,002 мм, що практично не можливо забезпечити в умовах ремонтного підрозділу.

Водночас, застосування ручної праці при проведенні притирочних операцій, та механічних, для обробки деталей на існуючих конструкціях верстатного обладнання, суттєво впливає на трудомісткість відновлювальних операцій, а через них на зростання собівартості відремонтованих об'ємних гідромашин.

Підвищення якості відновлення деталей спряжень качаючих вузлів аксіально-поршневих гідромашин, з застосуванням слюсарно-механічних операцій, та одночасне зниження їх трудомісткості потребує удосконалення слюсарно-механічних методів на конструктивно-технологічному рівні.

Необхідність удосконалення даних методів підтверджується також в роботах [9, 10, 11], де автори детально розроблюють технологічні процеси відновлення зношених поверхонь деталей електроконтактним напіканням



порошків з послідуною їх механічною обробкою під номінальний розмір, застосовуючи при цьому традиційні операції слюсарно-механічної обробки, які мають вище наведені недоліки.

Мета роботи.

Підвищення якості ремонту аксіально-поршневих гідромашин шляхом удосконалення слюсарно-механічних методів, що застосовуються в технологічних процесах відновлення деталей в умовах сервісних підприємств.

Постановка задачі.

Поставлена мета досягається вирішенням наступних задач: на аналітичному рівні виявити основні фактори, що впливають на якість виконання слюсарно-механічних операцій; провести конструктивне удосконалення засобів виконання слюсарно-механічних операцій; виконати лабораторні випробування для оцінки ефективності запропонованих удосконалень та виявлення закономірностей впливу параметрів операцій на якість обробки.

Викладення основного матеріалу.

Застосування слюсарно-механічних операцій у технологічних процесах ремонту аксіально-поршневих гідромашин спрямоване на відновлення геометричної форми деталей та класу чистоти їх робочих поверхонь із збереженням фізико-механічних властивостей.

Особливо актуально це для деталей качаючих вузлів об'ємних гідромашин, виготовлених із високими вимогами до геометричних розмірів та класу чистоти робочих поверхонь, оскільки навіть незначні структурні зміни можуть призводити до втрати працездатності гідравлічної трансмісії.

Усунення структурних змін робочих поверхонь деталей з не значним зношенням можливе виконанням притиральних операцій. Мета притирки - отримати потрібну геометричну точність і шорсткість (R_a) робочих поверхонь деталей качаючого вузла. При цьому, важливо контролювати зняття металу (Δh), щоб не вивести деталі за допуски, і забезпечити післяремонтну довговічність (ресурс).

Процес притирання характеризується застосуванням абразивних паст з



різною зернистістю. Крупнозернисті для чорнового притирання і мілко зернисті для чистового.

Матеріало-абразивна взаємодія між різними режимами притирочної операції та структурними змінами в оброблених поверхнях пояснюється Preston-законом [12]:

$$MRR = \kappa_p \cdot p \cdot v, \quad (1)$$

де MRR - швидкість зняття матеріалу ($\text{м}^3/\text{с}$);

κ_p - Preston-коефіцієнт, емпіричний (залежить від абразиву, пасти);

P - контактний тиск, (Па);

v - відносна швидкість поверхонь, що притираються, ($\text{м}/\text{с}$).

Звідси товщину зняття шару (Δh) з поверхні деталі, що притирається, за час (t), при площі контакту (A) можна визначити за виразом:

$$\Delta h(t) = MRR \cdot t / A = \kappa_p \cdot p \cdot v \cdot t / A, \quad (2)$$

де Δh - товщина знятого шару з поверхні деталі при проведенні притирочної операції, (мм);

A - реальна контактна площа поверхні деталі, що притирається, (м^2).

t - час тривання притирочної операції, хв.

Для забезпечення оптимальних параметрів режиму проведення притирочних операцій і виявлення їх ефективності, з точки зору якості і тривалості, розроблюється універсальна установка, загальний вид якої наводиться на (рисунку 1).

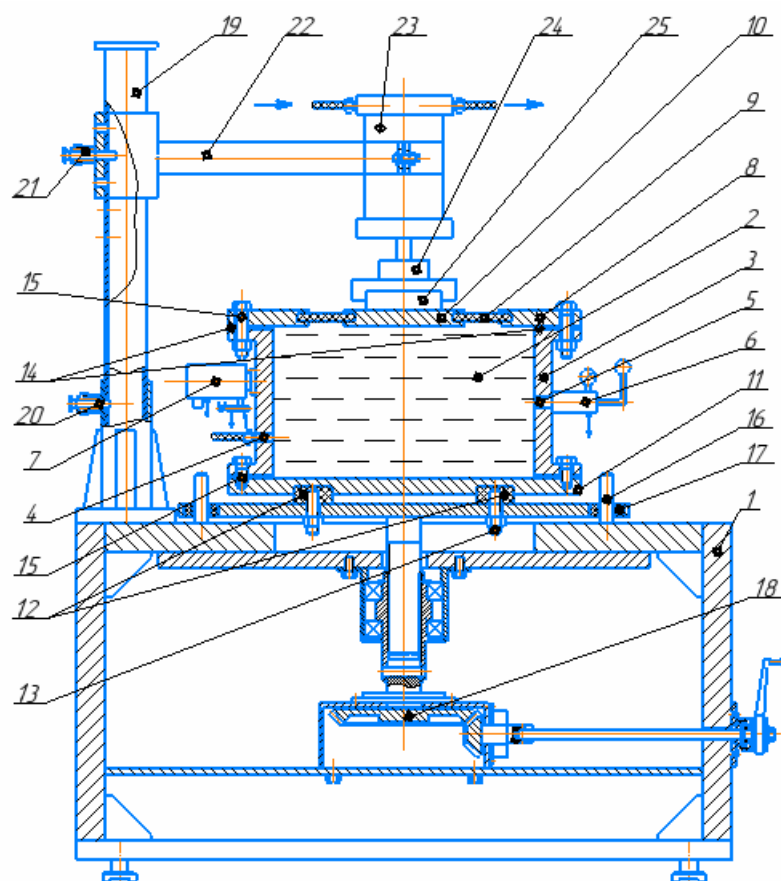


Рисунок 1 – Загальний вид пристрою для притирки плоских поверхонь деталей: 1 – каркас; 2 - робочий стіл; 3 – корпус; 4 - отвори для подачі робочої рідини; 5 - отвір для кріплення дроселя; 6 – дросель; 7 - імпульсний генератор; 8 - верхня кришка; 9 - пружньодемпфуючий елемент плити; 10 - притирочна плита; 11 – нижня кришка; 12 - пружньодемпфуючі елементи; 13 – шпильки; 14 – прокладки; 15 - болтові з'єднання; 16 – напрямні; 17 - пружньодемпфуючі втулки; 18 - механізм підйому; 19 – стійка; 20 - механізм фіксації в горизонтальній площині; 21 - механізм фіксації в вертикальній площині; 22 – важіль; 23 - реверсивний гідромотор; 24 - змінна оправка; 25 - деталь, що притирається

Авторська розробка

Привід та керування реверсивним гідромотором 23 забезпечується гідравлічною станцією. Пристрій працює наступним чином. В змінній оправці 24, яка фіксується на валу реверсивного гідромотору 23 встановлюють деталь 25, що притирається. Підйомний механізм 18 переміщує за допомогою проміжного



столу 15, по напрямним 16 через шпильки 13, робочий стіл 2 до контакту притирочної плити 10, на яку попередньо нанесено матеріал для притирання, з деталлю 25, що притирається. Для забезпечення притирання деталі реверсивним гідромотором 23, включають гідравлічну станцію, при цьому забезпечують мінімальні оберти деталі.

Для забезпечення необхідного навантаження при притиранні, через отвір 4 від гідравлічної станції подається робоча рідина до внутрішньої порожнини робочого столу 2, робочий тиск в якій обмежується регулюванням дроселя 6. Під дією тиску робочої рідини здійснюється переміщення притиральної плити 10 до деталі 25, що притирається за рахунок пружнодемпфуючого елемента 9. Одночасно з підводом робочої рідини до внутрішньої порожнини робочого столу 2 підводять робочу рідину до імпульсного генератору 7, який забезпечує вібраційний рух робочого столу 2 сумісно з притирочною плитою 10 в горизонтальній площині, який відтворюється пружнодемпфуючим елементом 12 нижньої кришки 11 робочого столу 2.

Тривалість та якість притирки забезпечується зміною напрямку обертання деталі 25, що притирається, за рахунок реверсу вала реверсивного гідромотору 23, регулюванням зусиллям навантаження при притирці, дроселем 6 гідроприводу, та за рахунок створення вібраційного руху (імпульсних ходів) імпульсним генератором 7 робочого столу 2.

Контроль якості притирки забезпечується підняттям реверсивного гідромотору 23 за допомогою механізму фіксації 21 важеля 22, його утриманням або опусканням робочого столу 2, за допомогою підйомного механізму 18, пристрою для переміщенням реверсивного гідромотору 23 в горизонтальній площині за допомогою механізму фіксації 20.

Притиранню підлягали деталі спряження «розподільник-приставне дно», які в своїй більшості мають гідроабразивне зношення, і при не значних спрацюваннях мають вагомий вплив на технічний стан гідромашини.

Притирання проводилось за наступними режимами: тиск притискання - $P=1,0, 3,0, 5,0$ МПа; швидкість обертання - $V= 0,01, 0,03, 0,06$ м/с; абразив – для



грубої (чернової) обробки пасти на основі SiC зернистістю – 10-20 мкм; для фінішної обробки (чистової) алмазні пасти зернистістю - 3-5 мкм.

Контроль якості притирочних операцій проводився перевіркою шорсткості (R_a) робочих поверхонь профілометром та індикаторними вимірюваннями, а також перевіркою герметичності під тиском робочої рідини після складання спряження.

Притирання проводилось на базовому режимі з застосуванням пристроїв і оснастки, які реалізуються на сервісних підприємствах з максимальним дотриманням режимів притирання і удосконаленому режимі з застосуванням розробленого пристрою для виконання притирочних операцій.

Отримана функціональна залежність шорсткості R_a (мкм) поверхні деталі від часу притирання t (хв) для двох режимів (базового і удосконаленого) графічно представлена на (рисунку 2).

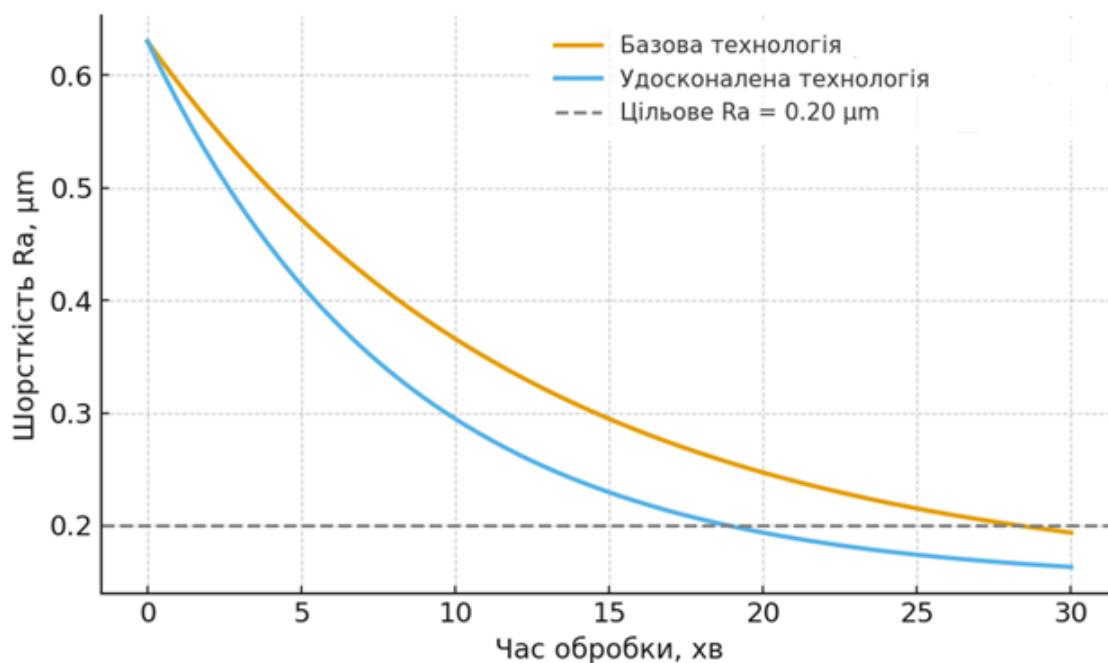


Рисунок 2 – Залежність шорсткості поверхні R_a від часу притирання t
Авторська розробка

Детальний аналіз графіків показав, що процес притирання підпорядковується експоненціальному закону зміну шорсткості поверхні від



часу, при цьому, інтенсивне притирання спостерігається в перші 15 хв., що можна пояснити видаленням слідів гідроабразивного зношення робочих поверхонь деталей, яке характеризується наявністю рисок і канавок різної глибини та профілю і відповідно виступів, які інтенсивно видаляються за перші хвилини притирання. Стабілізація процесу притирання, після його тривалості 15 хв., характеризується усуненням максимальних виступів на робочій поверхні деталі, що приводить до збільшення площі контакту поверхонь і відповідно зменшенню питомих навантажень на притирочних поверхнях, що і підтверджується зменшенням шорсткості поверхні деталі до $Ra=0,2$ мкм.

Порівняльна оцінка зміни шорсткості робочих поверхонь в процесі притирання за часом, для базового і удосконаленого режимів, показала, що процес притирання з застосуванням удосконаленого пристрою майже в 1,3 рази скоротив час проведення притирки деталей. В значній мірі це пояснюється наявністю вібраційних коливань притирочної плити, амплітуда і частота яких задається імпульсним генератором, застосування якого являється одним із конструктивних заходів, направлених на удосконалення проведення притиральних операцій.

Для деталей спряження «розподільник - пристане дно» зі слідами гідроабразивного зношення з максимальною глибиною рисок і каналів 35-40 мкм, притиральні операції являються основними для усунення слідів зношення на робочих поверхнях деталей, так як вони орієнтовані на зняття вказаного шару металу.

Результати порівняльної оцінки зняття шару металу (Δh) від часу, для базового і удосконаленого способів притирання для двох режимів (Р і V) представлені графічно на (рисунку 3). Зміна режимів притирання для удосконаленої установки забезпечується конструктивними заходами, які значно підвищують її технічний рівень за швидкісними і навантажувальними параметрами.

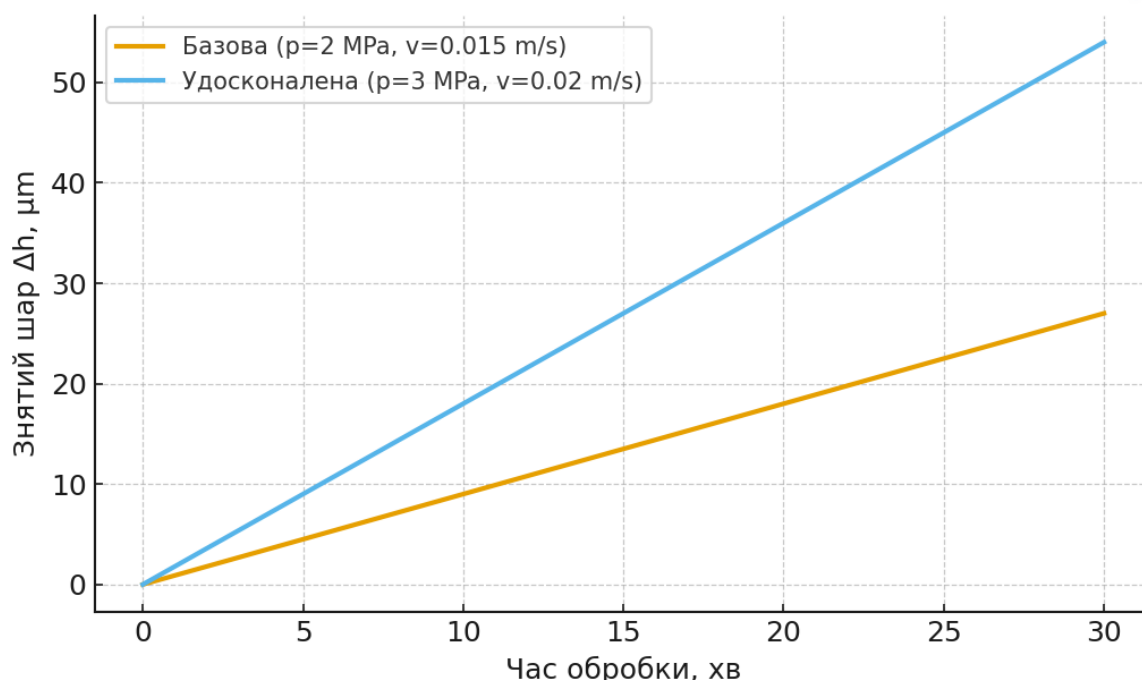


Рисунок 3 - Залежність зняття шару Δh від часу для двох режимів (P і V)

Авторська розробка

Аналіз графіків на (рисунку 3) показав, що функціональна залежність зняття товщини металу (Δh) від часу (t) підпорядковується лінійному закону розподілу фізичних величин. Зношення металу на глибину $\Delta h = 35-40$ мкм, для удосконаленого варіанту, за часом знаходиться в інтервалі $t = 20-22,5$ хв. Коли при базовому варіанті товщина знятого шару металу, за цей же час, становила $\Delta h = 18-20$ мкм, що вказує на зменшення продуктивності процесу майже на 50%. Підвищення продуктивності відновлювальних операцій пояснюється можливістю застосування більш високих режимів навантаження і обертання деталей, при проведенні відновлювальних операцій з застосуванням удосконаленої установки, яка представлена на (рисунку 1).

Застосування механічних операцій для відновлення деталей аксіально-поршневих гідромашин обумовлюється значним та не рівномірним зношенням їх робочих поверхонь, коли усувається можливість ефективного застосування притиральних операцій для їх відновлення.

До однієї із основних механічних операцій слід віднести розточувальні



операції, які застосовуються для механічної обробки отворів під золотники (клапанної коробки і гідророзподільника керування робочим об'ємом), колодязя корпусу насоса підживлення, обробки внутрішніх отворів втулок та ін.

Являється явним, що розточувальні операції не забезпечують високий клас чистоти поверхні і не завжди відтворюють геометричну форму поверхонь деталей згідно ремонтних креслень, що являється важливим при відновленні деталей об'ємних гідромашин.

Усунення вище наведених недоліків можливе за рахунок застосування установки для механічної обробки внутрішніх поверхонь отворів, комбінована схема якої наведена на (рисунку 4).

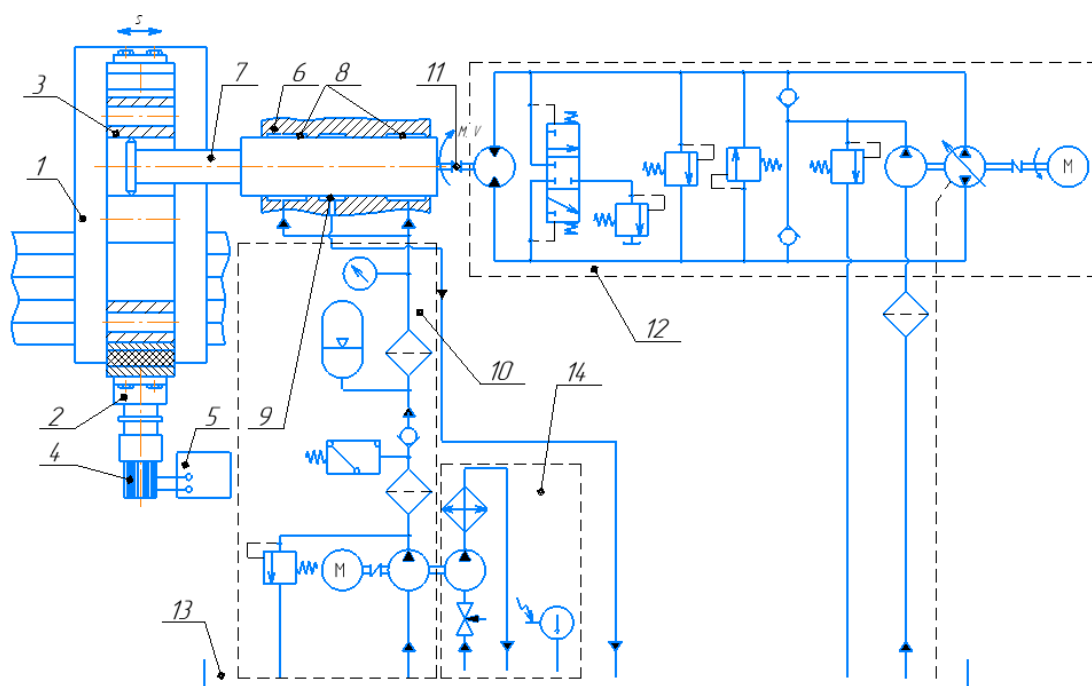


Рисунок 4 - Комбінована схема установки для механічної обробки внутрішніх поверхонь отворів : 1 - стіл 1; 2 – оправка; 3 – деталь, що оброблюється; 4 - вібратор крутильних коливань; 5 - генератором коливань; 6 – передня бабка; 7 – різець; 8 – камери гідростатичного підшипника; 9 – гідравлічний привід гідростатичних опор; 10 – камери зливу робочої рідини; 11 – муфта; 12 – гідравлічний привід; 13 – гідробак; 14 – блок охолодження
Авторська розробка



Установка працює наступним чином. На столі 1 закріплюють в оправці 2 деталь (наприклад корпус насоса підживлення 3), приводять його в дію вібратором крутильних коливань 4 за допомогою генератора коливань 5, забезпечуючи необхідну частоту f і амплітуду α коливального руху корпусу насоса. До бабки 6, в якій розміщений різець 7, і до камер 8 гідростатичного підшипника подається робоча рідина за допомогою гідравлічного приводу 9. Надлишок робочої рідини відводять через камеру 10 до гідравлічного баку 13. Через муфту 11, за допомогою гідравлічного приводу 12, передається крутний момент M до різця 7, забезпечуючи його швидкість та напрямок обертання, який співпадає з напрямком крутильних коливань корпусу насоса за амплітудою α та частотою f . При цьому, попередньо різець 7 виставляють на задану глибину розточування колодязя корпусу насоса, а процес різання забезпечують повздовжньою подачею S стола 1, на якому закріплено корпус насоса. Застосування імпульсних сил різання, які виникають в процесі взаємодії різця з поверхнею колодязя корпусу насоса, що здійснює вібраційні крутильні коливання з амплітудою α та частотою f , напрямок яких співпадає з напрямком обертання різця, забезпечує підвищення жорсткості деталі та розточувального інструменту, що зменшує відхилення від некруглості циліндричної поверхні колодязя корпусу на 40%.

Дана установка може також застосовуватись для обробки внутрішніх отворів деталей з метою покращення їх фізико-механічних властивостей і класу чистоти поверхні провівши заміну різця на розкатку або дорн, що значно покращить ефективність цих операцій із-за наявності коливального руху обробленої деталі, а точність обробки забезпечуються центруванням робочого інструмента гідростатичними підшипниками передньої бабки 6 установки.

Застосування гідравлічного приводу для обертання робочого інструменту (різець, розкатка, дорн та ін.) забезпечує безступеневу зміну швидкості його обертання, що дає можливість на 30% покращити якість оброблювальної поверхні.



Висновки.

В цілому отримані результати дослідження дають можливість зробити наступні висновки:

1. Розроблена конструкція установки для проведення притирочних операцій, при відновленні плоских деталей, характеризується тим, що для обертання деталей в процесі притирання застосовується гідравлічний привод, який забезпечує безступеневу швидкість обертання деталей на кут 360° з можливістю реверсивного руху, при цьому, зусилля притискання деталей забезпечується тиском робочої рідини, яка підводиться до притирального столу, закріпленого на пружнодемпфуючих елементах корпусу пристрою, який в процесі притирки здійснює вібраційний рух в горизонтальній площині завдяки застосуванню імпульсного гідроприводу.

2. Результати притирання деталей спряження «розподільник-приставне дно» показали, що стабілізація шорсткості поверхонь деталей спостерігається після 15 хв. притирання, що пояснюється видаленням значних виступів, обумовлених гідроабразивним зношенням робочих поверхонь деталей, і відповідно збільшенням площі контакту поверхонь та зменшенням питомих навантажень на поверхнях притирання, що підтверджується показником шорсткості поверхні $Ra=0,2$ мкм.

3. Порівняльна оцінка зміни шорсткості робочих поверхонь в процесі притирання за базовим і удосконаленим способами, показала, що процес притирання з застосуванням удосконаленого пристрою майже в 1,3 рази скоротив час проведення притирки деталей, що пояснюється наявністю вібраційних коливань притирочної плити, амплітуда і частота яких задається імпульсним генератором, застосування якого являється одним із конструктивних заходів направлених на удосконалення проведення притиральних операцій.

4. Результати порівняльної оцінки зняття шару металу Δh від часу, для базового і удосконаленого варіантів притирання, показали, що зняття металу на глибину $\Delta h = 35-40$ мкм, для удосконаленого способу, за часом знаходиться в інтервалі $t = 20-22,5$ хв., що на 50 % швидше ніж для базового варіанту і



пояснюється наявністю вібраційних коливань та реалізацією більш високих режимів навантаження і обертання деталей.

5. Запропонована установка для механічної обробки внутрішніх отворів деталей забезпечує підвищення точності обробки, покращення фізико-механічних характеристик і класу чистоти поверхні за рахунок проведення розточувальних, розкатувальних і дорнувальних операцій з урахуванням робочого інструменту. Ключовими чинниками є коливальний рух оброблюваної деталі, гідростатичне центрування інструмента передньої бабки та безступеневий гідравлічний привід інструмента.

Література.

1. Melyantsov P. T. (2024). Ensuring the reliability of axial-piston units of hydraulic transmissions in the process of their repair by constructive measures. *International Scientific Periodical Journal "Modern engineering and innovative technologies"*, 32 (1), 20-28. <http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit32-00-086> DOI: 10.30890/2567-5273.2024-32-00-086.
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. Параметры технического состояния плунжерной пары гидропривода / П. М. Черейский, П. Т. Мельянцов // *Техника в сельском хозяйстве*. – 1990. №2. С.46-49.
4. Черейский П. М. Влияние износа на работу гидропривода трансмиссии / П. М. Черейский, П. Т. Мельянцов // *Техника в сельском хозяйстве*. – 1988. №3. С. 63–64.
5. Melyantsov, P. T. (2025). Substitution of controlling structural parameters of the technical condition of parts of the pluggage pair of axial-piston hydraulic machines for repair production conditions. In *Intellectual capital is the foundation of innovative development: Innovative technology, Computer science, Security systems, Physics and*



mathematics (Book 38, Part 2, pp. 6–47). Karlsruhe, Germany: ScientificWorld-NetAkhatAV. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2025-38-02-007>

6. Meliantsov 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 // The International Scientific Periodical Journal "SWorldJournal" № 24, (2024), 62 – 76. <https://www.sworldjournal.com/index.php/swj/article/view/swj24-00-001> DOI: 10.30888/2663-5712.2024-24-00-001

7. 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.

8. Мельянцов, П. Т., Кириленко, О. І., Черних, Т. В., Мельянцов, А. П., Царанков, Є. В. Спосіб відновлення роботоздатності аксіально-поршневої гідромашини: пат. на корисну модель № 91345, Україна; МПК F04B1/20; заяв. 28.02.2012; опубл. 25.06.2014, Бюл. № 12.

9. Мельянцов П. Т., Лосіков О. М., Сидоренко В. К. Технологія ремонту ресурсолімітуючих деталей спряжень качаючих вузлів аксіально-поршневих гідромашин // Modern engineering and innovative technologies. – 2025. – Вип. 38, ч. 1. – С. 15–37. – ISSN 2567-5273. – DOI: 10.30890/2567-5273.2025-38-01-022.

10. Мельянцов П. Т. Технологія відновлення втулок блоку качаючого вузла об'ємних аксіально-поршневих гідромашин // *Scientific Collection «InterConf+»*. *Proceedings of the 8th International Scientific and Practical Conference «Scientific Goals and Purposes in XXI Century» (May 19–20, 2025, Seattle, USA)*. – Seattle : ProQuest LLC, 2025. – Vol. 57(248). – С. 543–560. – DOI: 10.51582/interconf.19-20.05.2025.056

11. Мельянцов П. Т. Технологія підвищення довговічності аксіально-поршневих агрегатів об'ємного гідроприводу / П.Т. Мельянцов, О. В. Дмитренко // Zbior artykulow naukowych. «Inzynieria i technologia. Osiagniecia naukowe,



rozwoj, propozycje na rok 2015» - Warszawa: «Diamond trading tour». 2015. S. 47-50

12. Deja, M. The use of Preston equation to determine material removal during lap-grinding with electroplated CBN tools. Wear. 2023. Vol. 528–529. Art. no. 204968.

Abstract. The article addresses the problem of improving the repair quality of axial-piston hydraulic machines of hydrostatic transmissions through the enhancement of locksmith-mechanical methods. It is shown that traditional lapping and machining operations do not always provide the required geometric accuracy and surface roughness of working parts, which limits the post-repair service life of hydraulic units. A structurally improved device for flat surface lapping is proposed, which implements a combined action of pressure, reverse rotation, and vibrational oscillations of the lapping plate. Experimental studies of the lapping process for the “distributor – valve plate” pair were carried out, and the influence of operating parameters on the change of surface roughness and the thickness of the removed metal layer was determined. It was established that the use of the improved device ensures a 1.3-fold reduction in lapping operation time, improves the surface quality up to $Ra=0.2\ \mu m$, and increases the post-repair durability of hydraulic units. The obtained results can be applied at service enterprises to enhance the reliability and service life of hydraulic machines.

Keywords: axial-piston hydraulic machine, hydrostatic transmission, swash plate unit, locksmith-mechanical methods, lapping, surface roughness, wear resistance, post-repair durability.

Статтю надіслано: 25.09.2025 р.

© Мельянцов П. Т.