

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**Технологічні методи підвищення зносостійкості
деталей торцевих пар тертя шестеренних насосів в
умовах сервісних підприємств**

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМз-1-19 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Соколов Сергій Андрійович

Керівник: _____ Мельянцов Петро Тимофійович

Рецензент: _____

Дніпро - 2021

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувача кафедри
НРМ

(назва кафедри)

Д.Т.Н, проф.

(вчене звання)

Дирда В.І

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Соколову Сергію Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

- 1. Тема роботи:** «Технологічні методи підвищення зносостійкості деталей торцевих пар тертя шестеренних насосів в умовах сервісних підприємств»

керівник роботи

Мельянцов Петро Тимофійович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від

«25» листопада 2020 року № 2958

- 2. Строк подання студентом роботи** _____

- 3. Вихідні дані до роботи** Конструктивні особливості шестеренних насосів гідравлічних систем мобільних машин сільськогосподарського призначення. Показники експлуатаційної надійності шестеренних насосів. Існуючі способи та методи ремонту насосів. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

- 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання та задачі дослідження. 2. Теоретичні дослідження показників довговічності та ремонтної технологічності деталей шестеренних гідронасосів 3. Програма та методика експериментальних досліджень 4. Результати досліджень та їх аналіз 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна оцінка результатів досліджень. Висновки. Бібліографічний список. Додатки.

- 5. Перелік демонстраційного матеріалу**

1. Мета і задачі досліджень (1 аркуш, А4). 2.Торетичні дослідження (3 аркуші, А4). 2.Методика експерименту (3 аркуші, А4). 3. Експериментальні дослідження (3 аркуші, А4) 4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (3 аркуші, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Мельянцов П. Т., доцент		
2	Мельянцов П. Т., доцент		
3	Мельянцов П. Т., доцент		
4	Мельянцов П. Т., доцент		
5	Кравець В. В., доцент		
6	Вініченко І. І, професор		
нормоконтроль	Мельянцов П. Т., доцент		

7. Дата видачі завдання: 01.09.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 30.09.2020 р.	
2	Теоретичний	до 30.10.2020 р.	
3	Експериментальний	до 12.01.2021 р.	
4	Охорона праці	до 25.01.2021 р.	
5	Економічний	до 04.02.2021 р.	
6	Демонстраційна частина	до 06.02.2021 р.	

Студент

_____ Соколов С. А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Мельянцов П. Т.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Соколов С. А. «Технологічні методи підвищення зносостійкості деталей торцевих пар тертя шестеренних насосів в умовах сервісних підприємств» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Технічний сервіс»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2021 р.

Робота включає в себе шість розділів. В першому розділі проведено аналіз стану питання з виявлення факторів, які впливають на довговічність шестеренних насосів модифікацій НШ-У і НШ-К та обґрунтовано задачі досліджень.

В другому розділі розглядаються теоретичні питання з дослідження показників довговічності та ремонтної технологічності деталей шестеренних гідронасосів.

В третьому розділі наводиться загальна програма і методика експериментальних досліджень для виявлення дефектів деталей торцевого зазору, що лімітують ресурс насоса, та методики з технологічних методів підвищення їх довговічності.

В четвертому розділі представлені результати досліджень з виявлення характерних дефектів в деталях торцевого зазору качаючих вузлів шестеренних насосів, а також визначено функціональну залежність між коефіцієнтом подачі насосів і їх експлуатаційного ресурсу.

В п'ятому розділі розглянуто питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

В шостому розділі представлені техніко-економічні розрахунки з ефективності реалізації запропонованих заходів.

Ключові слова: гідравлічна система, шестеренний насос, дефекти, качаючий вузол, ресурс, довговічність, коефіцієнт подачі, торцевий зазор.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1. Конструктивні особливості шестеренних насосів.....	9
1.2 Аналіз експлуатаційної надійності насосів.....	13
1.3 Основні способи відновлення параметрів зношених деталей шестеренних гідронасосів.....	16
1.4 Мета та завдання досліджень	20
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА РЕМОНТНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ШЕСТЕРЕННИХ ГІДРОНАСОСІВ	22
2.1 Фактори, що визначають ресурс гідронасосів.....	22
2.2 Оцінка ремонтної технологічності деталей шестеренного насоса модифікації НШ-К гідравлічної системи трактора.....	25
3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	37
3.1 Програма досліджень	37
3.2 Методика дефектації деталей насоса.....	37
3.3 Експериментальна установка для виконання лабораторних досліджень.....	40
3.4 Методика вибору раціональних режимів електроіскрового наплавлення.....	42
3.5 Методика обробки деталей поверхнево-активними речовинами.....	44
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....	47
4.1 Результати дефектації технічного стану деталей торцевого зазору насосів модифікації НШ-У і НШ-К.....	47
4.2. Результати залежності між структурними та функціональними параметрами технічного стану насоса НШ-К.....	50
4.3 Результати лабораторних досліджень гідронасосів НШ-У.....	53
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
5.1 Організація охорони праці в лабораторії з дослідження надійності гідроагрегатів сільськогосподарських машин	58
5.3 Заходи поліпшення умов праці в лабораторії.....	61

5.4 Вимоги з охорони праці для робітників, зайнятих складанням, випробуванням, ремонтом і обслуговуванням агрегатів гідравлічних систем	63
5.5 Дії у надзвичайних ситуаціях. Порядок дій у разі пожежі.....	67
6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	69
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	77
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	81
ДОДАТКИ.....	85

ВСТУП

Для механізація виробничих процесів в мобільних машинах широко застосовуються гідравлічні системи. Основним агрегатом гідравлічної системи являються гідравлічні шестеренні насоси. Що пояснюється простотою їх конструкції, надійністю і довговічністю роботи у важких експлуатаційних умовах, високими масогабаритними характеристиками, малою трудомісткістю виготовлення, зручністю обслуговування. а також, на відміну від інших типів об'ємних насосів, можливістю безпосереднього їх з'єднання з приводними механізмами [1,2,3,4].

Однак, поряд з великою кількістю переваг, шестеренні насоси, як і всі інші механізми на основі зубчастих коліс, мають дуже суттєвий недолік - наявністю кутових коливань шестерень насоса щодо їх обертання, причиною яких є обмежена точність виготовлення і неякісне складання насосів. Дані коливання створюють значні динамічні навантаження як на конструктивні елементи насоса, так і гідравлічну систему в цілому, а на високих частотах обертання, поряд з пульсацією тиску робочої рідини, є однією з причин появи кавітації, що приводить до виходу з ладу пари тертя гідравлічних агрегатів.

Аналіз технічного стану насосів, які поступають до ремонту показує, що наробіток на відмову повернутих агрегатів, виготовлених за однією технологією, на тому самому обладнанні, одним і тим же самим інструментом мають розкид від 250 до 3250 мото-годин, тобто більше ніж в 10 разів. Практика показала, що основними причинами дефектів шестеренних насосів, які потрапили до ремонту являється: значне зношення деталей качаючого вузла, розкриття контакту робочих профілів зубів шестерень, порушення герметичності ущільнювачів, зріз шліців ведучої шестерні та ін.

В той же час результати вихідного контролю, який здійснюється по робочим характеристикам шестеренного насоса (продуктивність, вихідний тиск та ін.) показують, що практично у всіх насосів вихідні характеристики співпадають з паспортними даними.

Дана робота присвячена аналізу причин типових дефектів шестеренних насосів, а також розробленню заходів, які дозволяють підвищити ресурс відремонтованих насосів.

Мета роботи. Забезпечення післяремонтної довговічності відремонтованих шестеренних насосів, підвищенням зносостійкості деталей торцевих пар тертя шестеренних насосів технологічними методами.

В відповідності до мети ставляться наступні задачі дослідження:

1. Провести аналіз експлуатаційної надійності насосів та виявити причини втрати їх роботоздатного стану.

2. Дослідити дефекти і зношення деталей торцевого зазору качаючих вузлів шестеренних насосів.

3. Розглянути фактори, що визначають ресурс гідронасосів та провести оцінку ремонтної технологічності деталей шестеренного насоса.

4. Розробити методику експериментальних досліджень по виявленню взаємозв'язку між структурними параметрами качаючого вузла насоса і коефіцієнтом його подачі.

5. Обґрунтувати технологічні заходи з підвищення довговічності деталей торцевого зазору качаючих вузлів шестеренних насосів.

6. Експериментально розглянути функціональний взаємозв'язок між структурними параметрами технічного стану деталей торцевого зазору качаючих вузлів шестеренних насосів і їх технічним ресурсом.

Об'єкт досліджень – шестеренні насоси гідравлічних системи мобільних машин сільськогосподарського призначення.

Предмет досліджень – процеси зміни структурних параметрів технічного стану деталей торцевих пар тертя шестеренних насосів та їх вплив на роботоздатність та довговічність насоса.

Методика досліджень – метод аналізу, метод синтезу, статистико-мікрометричний метод визначення зношення деталей.

1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Конструктивні особливості шестеренних насосів

Основна відмінна ознака шестеренного насоса - наявність зубчатого зачеплення. Звідси, по схемним і конструктивними ознаками шестеренні насоси можна класифікувати: насоси з зовнішнім і внутрішнім зачепленням шестерень; насоси з шестернями прямозубими, косозубими і з шевронним зубом; одноступінчасті і багатоступінчасті за кількістю тиску; однопоточні і багатопотокові за кількістю паралельних потоків робочої рідини в насосі, та ін. [5,6,7].

З огляду на простоту виготовлення, експлуатацію, обслуговування і ремонт, найбільшого поширення серед шестеренних насосів отримали двохроторні насоси з зовнішнім зачепленням і евольвентним профілем з однаковим числом зубів шестерень [6,8,9]. Насоси такого типу можуть розвивати робочий тиск до 15-20 МПа при широкому діапазоні в'язкості робочої рідини $(1...800)10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$.

На вітчизняних тракторах, сільськогосподарських і дорожньо-будівних машинах, автомобілях встановлюються круглі шестеренні гідронасоси НШ-32А-2/3, НШ-50А-2/3, НШ-67А модифікації НШ-К [10,11,12].

Гідронасоси модифікації НШ-К, вигідно відрізняються від конструкцій насосів модифікації НШ-У за рахунок наявності систем компенсації об'ємних витоків робочої рідини через торцевий та радіальний зазори.

Для цього в качаючому вузлі круглого насоса встановлюються платики-замикачі з резиновими манжетами для забезпечення підтискання платика до торця шестерні (для компенсації торцевого зазору). В корпусі насоса зі сторони отвору нагнітаючої магістралі також встановлюється резинова манжета для піджиму підтискної обойми до зубів шестерень для компенсації радіального зазору.

Схема роботи НШ-К і його складові наводяться на (рис. 1.1). Насос складається з корпусу, у який поміщений качаючий вузол, який складається з

підшипникової 4 і підтискної 5 обойм, шестерень (ведуча 10 і ведена 11), і платиків - замикачів 1 [11].

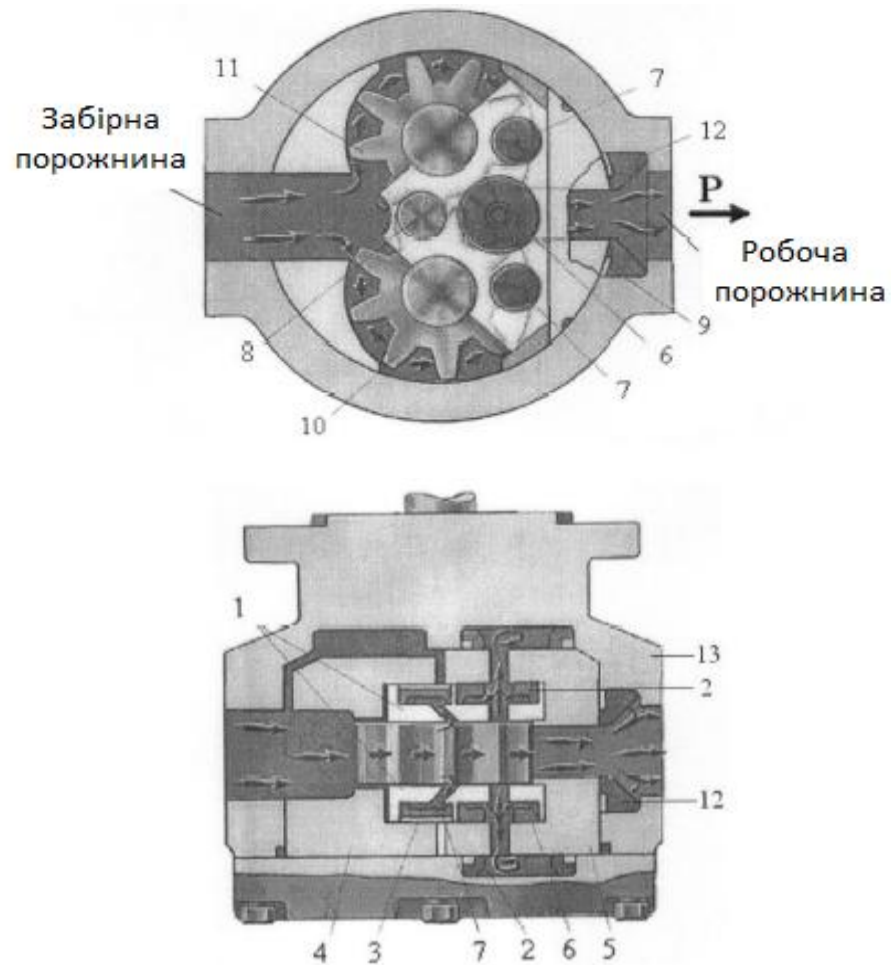


Рисунок 1.1 – Схема роботи круглого шестеренного гідронасоса типу НШ-К [11].

Цапфи шестерень насоса обертаються в підшипниковій 4 і підтискній 5 обоймах, виконаних у вигляді напівциліндрів. Кожна з обойм виконана так, що служить єдиною опорою для цапф, ведених і ведучих шестерень.

Зовнішній діаметр підтискної обойми на 0,2-0,3 мм менше діаметра розточення під качаючий вузол у корпусі насоса.

Підшипникова обойма виготовлена із зовнішнім діаметром на 0,03-0,05 мм більше діаметра колодязя корпусу для створення твердого упору між корпусом і крилами (кінцями) обойми з метою стабілізації міжцентрової відстані виточок під опори шестерень[11].

Зубчасті вінці шестерень розташовані в підшипниковій обоймі, виконаної у вигляді напівциліндра із чотирма підшипниковими гніздами.

Опорними поверхнями обойма опирається на цапфи шестерень. Радіальне ущільнення здійснюється двома сегментами в середній частині підтискної обойми. Сегменти мають точно оброблену внутрішню поверхню, що охоплює навколо кожної шестерні дугу в 1,5 кроку зубів, і, прилягаючи до вершин зубів, перешкоджають проходженню робочої рідини з нагнітальної порожнини в забірну порожнину.

Манжета радіального ущільнення 12 формує камеру тиску, у якій створюється зусилля піджимна обойми до зубів шестерень. Опорна пластина 9 служить для перекриття зазору між корпусом і підтискною обоймою [11].

Ущільнення торців шестерень досягається за допомогою двох платиків 1, які підтискаються зусиллям тиску з камер, обмежених манжетами 3, 6, 7, 8. Сила, створювана в камерах корпусу й кришки, які обмежені манжетами 2, урівноважує підтискну обойму від сил, які передаються через манжети з камер платиків.

Роботоздатність гідронасоса забезпечується за рахунок постійного контакту зовнішньої поверхні зубів шестерень і внутрішньої поверхні підтискної обойми. Це досягається манжетою 12, встановленої з натягом в отворі корпусу зі сторони нагнітаючого отвору між корпусом 13 і обоймою 5.

Для підтримки роботоздатності і збільшення ресурсу гідронасоса інтенсивність зношування з'єднання «опорна поверхня підтискної обойми - цапфа шестерень» вище, чим інтенсивність зношування сполучень: вершини зубів шестерень 10 і 11 - гніздо під вінець шестерні в обоймі підтискній 5.

Принцип роботи шестеренного гідронасоса типу НШ-К полягає в наступному: шестерні перебувають у постійнім зачепленні; у процесі роботи зуби виходять із зачеплення, при цьому утворюється розрядження в забірній порожнині, у результаті якого робоча рідина засмоктується з ємкості [3, 4, 5].

У процесі роботи насоса корпус, шестерні, підтискні платики перебувають у складному напруженому стані, який приводить до зношування складових частин гідронасоса. Це, у свою чергу, викликає погрішності в зачепленні, що сприяє збільшенню амплітуди коливання тиску й подачі і

негативно позначаються на роботі трубопроводів, розподільників, виконавчих органів.

Основні конструктивні особливості шестеренних насосів пов'язані з наявністю зубчастого зачеплення, яке повинно відповідати специфіці об'ємних гідромашин, а саме [4,14]:

1) мала тривалість двохпарного зачеплення зубів шестерень для зменшення шкідливого впливу робочої рідини, яка замикається в міжзубовому просторі;

2) для забезпечення подачі робочої рідини при заданих габаритах вибирається мінімальне число зубів шестерень, яке досягається за рахунок збільшення модуля зубів і введенням значної корекції;

3) високі вимоги до величини торцевого зазору і взаємної паралельності торців зубів шестерень і платиків-замикачів для забезпечення об'ємного коефіцієнта корисної дії насоса, який являється головним його показником.

Необхідно відзначити, що з одного боку - шестеренні насоси володіють загальними недоліками об'ємних гідронасосів [15,16,17,18]: чутливість до механічних домішок в робочої рідини, яку вони перекачують; пульсація робочого тиску в нагнітаючій магістралі і нерівномірність подачі робочої рідини; підвищена віброакустична активність (причому, існує однозначний зв'язок між пульсаційною продуктивністю шестеренних насосів і рівнем його акустичного шуму).

В одночас шестеренні насоси мають специфічні недоліки, які пов'язані з їх конструктивними особливостями: наявність зубчастого зачеплення в насосі обумовлює характерні властивості, характерні для зубчастих механізмів [19, 20]; знос і збільшення зазорів в торцевих ущільненнях шестерень, торцевих і осьових зазорах ущільнень підшипників, і т.д. в процесі експлуатації насосу, що призводить до збільшення внутрішніх витоків робочої рідини насоса, і, як наслідок - зменшення об'ємного ККД насоса [21,22]; додаткові динамічні і радіальні навантаження на підшипники, через періодичне замикання робочої рідини в міжзубовому просторі

шестерень під час процесу перекачування, які також ведуть до збільшення віброакустичної активності шестеренних насосів [23, 24].

Із проведеного аналізу конструктивних особливостей шестеренних насосів не важко бачити, що ресурс насоса буде обумовлюватися зміною структурних параметрів деталей качаючого вузла.

1.2 Аналіз експлуатаційної надійності насосів

В процесі експлуатації гідравлічних насосів виникають відкази в їх роботі, це пояснюється тим, що насоси працюють в тяжких умовах. При цьому під дією різних процесів і факторів змінюється в часі їх характеристики.

Аналіз експлуатації машин, оснащених гідравлічними насосами типу НШ-К показую, що близько 30 % всіх відказів машини припадає на вихід з ладу насосу [25].

Аналіз причин, які обумовлюють втрату робото здатності, показує, що вони викликані порушенням технології виготовлення деталей, їх складанням, не своєчасним і не якісним проведенням технічних обслуговувань та порушенням правил експлуатації насосів.

Аналіз даних спостережень за тракторами в експлуатаційних умовах та аналіз причин відмов свідчить, що конструктивні, технологічні та експлуатаційні фактори складають відповідно – 10 %, 30 % та 60 % відказів.

Також на довговічність гідравлічних насосів в умовах експлуатації впливають характер навантаження та режим роботи. Довговічність насосів в багатьох випадках залежить від фізико-механічних властивостей робочої рідини.

При роботі гідросистем на робочу рідину діє зміна високих тисків, швидкостей та температур. Також при негерметичності системи відбувається підсос повітря з пилом, при заправці в систему потрапляє пил, різноманітні механічні забруднення та вода [26].

До джерел, які обумовлюють забруднення слід віднести: технологічні забруднення, що потрапляють до агрегатів в процесі їх виготовлення та ремонту; забруднення, що потрапляють при транспортуванні, зберігання та заправці робочої рідини; продукти зносу деталей агрегатів [27].

В наслідок взаємодії робочої рідини з поверхнями деталей гідравлічних насосів виникають різноманітні види зносу.

На деталях гідроагрегатів можуть виникати такі ж зноси, як і на деталях інших вузлів та агрегатів. Але окремі види зносу деталей характерні тільки для гідроагрегатів.

До основних видів зносу гідравлічних насосів та їх деталей можна віднести: абразивний, зчеплення поверхонь, зминання, ерозійно-кавітаційний, втомлю вальний, корозійний та інші [28].

Переважаючим є гідроабразивне зношення. Цьому виду зносу підтвержені робочі поверхні платиків, шестерень, підтискної та підшипникової обойм качаючого вузла насоса рис.1.2...1.5.

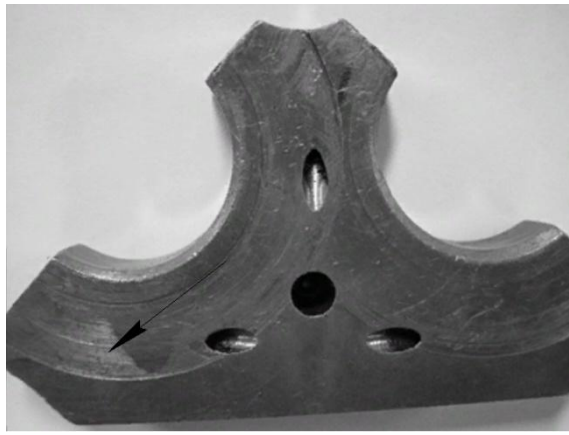


Рисунок 1.2 – Зовнішній вид зносу торцевої поверхні платика насоса
НШ-К

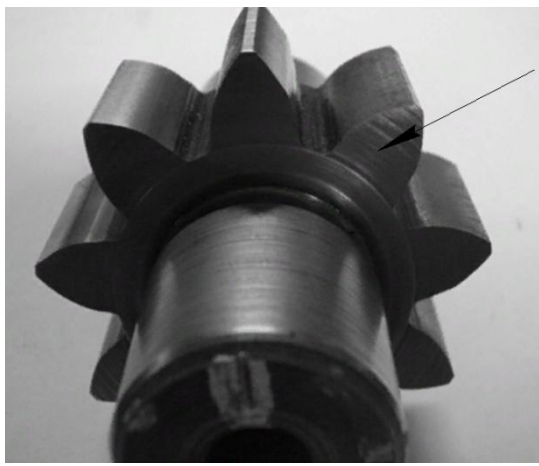


Рисунок 1.3 – Зовнішній вид зносу торцевої поверхні шестерні насоса НШ-К



Рисунок 1.4 - Гідроабразивне спрацювання торця втулки насоса НШ-У



Рисунок 1.5 – Гідроабразивне зношення цапф веденої шестерні і її торця зубів насоса НШ-У

Кавітація – це виникнення в робочій рідині бульбашок наповнених паром, повітрям. В умовах кавітації, крім ударів, діють фізико-хімічні фактори, які прискорюють руйнування металу. Кавітація починає тим раніше, чим більше повітря та твердих частинок міститься в робочій рідині.

Зчеплення як правило виникає при граничному або сухому терті, що викликане в наслідок грубої обробки деталей та незадовільного складання при ремонті та виготовленні гідро насосів.

Корозія виникає в результаті потрапляння в агрегати з робочою рідиною води, кислот, палива.

Зминання відноситься до механічного зносу та є характерним для стикових поверхонь, таких як платики.

Поломки як правило виникають при втомлю вальному руйнуванні від дії змінних навантажень на деталі в результаті перевантажень, зчеплення, гідро ударів.

1.3 Основні способи відновлення параметрів зношених деталей шестеренних гідронасосів

В ремонтному виробництві застосовуються різноманітні методи відновлення зношених робочих поверхонь насосів, до яких відносяться як метод виготовлення нової деталі так і метод нанесення покриттів (рис. 1.6).

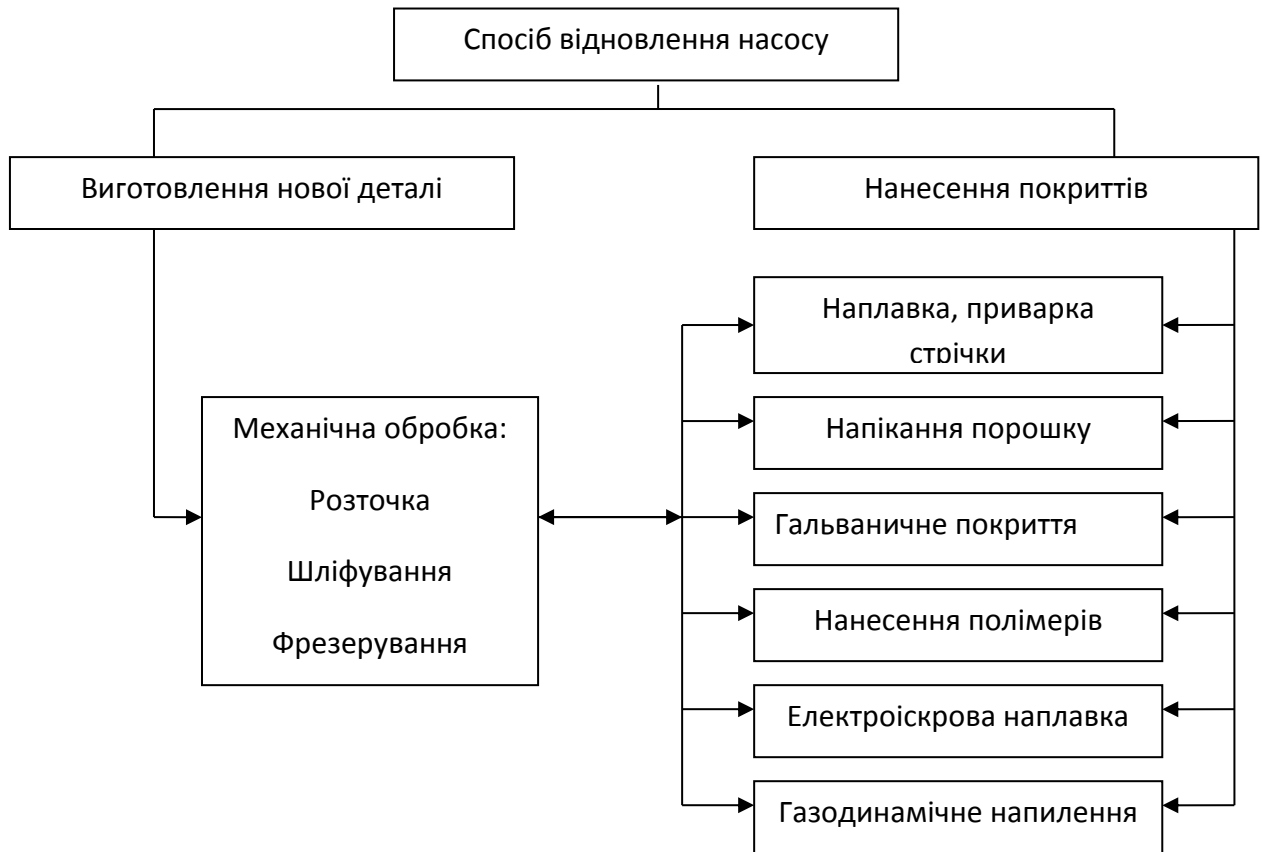


Рисунок 1.6 - Основні способи відновлення шестеренних насосів

Сутність методу виготовлення нової деталі полягає в тому, що в процесі ремонту виготовляється одна або кілька деталей з наступної механічною обробкою поверхонь до досягнення номінальних розмірів [26, 27, 28]. Даний метод ефективний при значних обсягах ремонту насосів на спеціалізованих підприємствах. Однак для сучасних ремонтних майстерень цей метод непридатний через відсутність спеціалізованого обладнання для ливарного виробництва, а також устаткування для розточення обойм.

Крім того, для реалізації методів відновлення деталей насосів з використанням методу виготовлення нової деталі застосовуються різні види механічної обробки: розточування, фрезерування, шліфування, суперфінішування.

У насосах типу НШ-К відновлення параметрів зношених колодязя під манжету радіального ущільнення й напівотворів під цапфи шестерень у підшипникових обоймах проводиться розточуванням.

Зношені поверхні платиків насосів усуваються фрезеруванням або шліфуванням.

Шліфування застосовується також для відновлення параметрів торцевих поверхонь шестерень, цапф, зовнішніх поверхонь головок зубів. Однак даний метод не застосовується при зношенні шестерень, яке є більшим, ніж глибина термічної обробки.

Суперфінішування застосовується як заключний етап обробки поверхонь цапф шестерень. Складність застосування даного методу полягає в тому, що необхідно мати в наявності складне встаткування, наприклад верстат «Суперфініш» ВР 22Н12, тому даний спосіб не можна використовувати в дрібносерійному ремонтному виробництві.

Завдяки швидкому розвитку нових технологій, у цей час широко розвиваються методи відновлення деталей шляхом нанесення покриттів. Даному способу відновлення присвячене багато робіт [12,13, 29,30].

Одним зі способів відновлення нанесенням покриттів є напикання порошкового матеріалу на зуби шестерень [30], а також на підшипникові й підтискні обойми круглих шестеренних гідронасосів. Сутність методу полягає у тому, що наплавлення здійснюється вольфрамовим електродом, який не плавиться і розміщується в середовищі інертного газу (аргон), а в якості присадкового матеріалу застосовують порошкову електродну стрічку (плющину) ПЛЖА-2. Після наплавлення деталі проходять термообробку і механічну обробку. Як різновид даного методу існує також електроемульсійне напикання порошкового матеріалу ПГ-С1 зернистістю 60...650 мкм на вершину зуба шестерень [32]. Процес напикання проводиться в середовищі водяного розчину хлористого нікелю з концентрацією 250 г/л. Режими напикання: імпульс струму - 16...20 кА; тривалість імпульсу - 0,3...0,36 с; тривалість паузи - 0,1...0,2 с; тривалість напикання порошку на вершину зуба шестерні - 38...50 с. Після нанесення покриття деталь шліфують.

Основним недоліком цієї технології є висока трудомісткість, низька продуктивність і відносно низька якість відновлюваних деталей.

Іншим способом нанесення покриттів є вібродугове й віброконтактне наплавлення, а також приварка стрічки. При вібродуговому наплавленню

використовується наплавочна головка, установлювана на звичайному токарному верстаті. Наплавочна головка забезпечує подачу й вібрацію електродного дроту, а токарний верстат забезпечує обертання деталі [27]. Даним методом відновлюють цапфи шестерень. Для наплавлення в якості електроду рекомендується використовувати пружинний дріт діаметром 1,6 - 1,8 мм із застосуванням охолоджувальної рідини (15 - 20 % розчин технічного гліцерину або 3-4 % водяний розчин кальцинованої соди).

Сутність електроконтактної приварки стрічки полягає в спільному деформуванні металу, який наварюємо і його нагріванням електричним струмом до пластичного стану. При цьому стрічка, що наварюється, притискається до відновлюваної деталі роликком. Між деталлю і роликком пропускається електричний струм великої щільності від понижувального трансформатора. У якості матеріалу стрічки використовується сталь 40. Даний спосіб також використовується для відновлення цапф шестерень. Основні режими наплавлення: сила зварювального струму $I = 16,14$, тривалість імпульсів 0,04 с, пауз 0,1 с, зусилля стиску електродів 1,3 кН, швидкість приварки 42 м/год., подача електродів 3 мм/ об., витрата охолоджувальної рідини 90 л/год. [27].

Головним недоліком способів наплавлення є те, що в процесі нанесення покриття, відбувається сильний розігрів поверхонь, внаслідок чого утворюються зони термічної напруги, а це, у свою чергу, приводить до жолоблення і збільшення внутрішніх напружень у деталей.

У минулому при відновленні параметрів зношених поверхонь деталей шестеренних насосів застосовувалися гальванічні методи, у тому числі мікродугове окисдування (МДО) [32]. Так, наприклад, при відновленні зношеної поверхні колодязів корпусу і підтискних обойм гідравлічного насоса методом МДО, утворюється покриття товщиною 50 -130 мкм. Мікротвердість отриманого шару становить 8500...9000 МПа, і, як правило, неоднаково розподілене по поверхні шару.

Основний недолік даного методу полягає в тому, що цим методом можна відновити не більш 55 % корпусів і не більш 49 % підтискних обойм.

Крім цього, швидкість формування покриття не перевищує 1,2 мкм/хв, тобто дуже низька.

У цей час гальванічні методи, як правило, ремонтними підприємствами не застосовуються, тому що не забезпечують екологічну безпеку навколишнього середовища. Усі електроліти у своєму складі мають важкі метали, які мають на організм людини шкідливий вплив. Тому при їхньому застосуванні необхідно мати спеціальні приміщення, обладнані системою вентиляції, а персонал спецодягом, що забезпечує безпечну роботу. Усе це спричиняє збільшення витрат на проведення ремонтних робіт.

В роботі [32] автори пропонують у якості відновлення втулок використовувати метод електродугової металізації. На їхню думку, отриману покриття забезпечують краще приробляння поверхонь, що сполучаються, втулок, але даний метод не одержав розвиток із - за низької економічної ефективності.

Одним з найбільш прогресивних способів відновлення, що виключають усі перераховані вище недоліки, є застосування металополімерів [33, 34].

Слабке поширення методу відновлення корпусів і обойм насосів металополімерними матеріалами на основі епоксидних смол і холодного зварювання пояснюється досить високою трудомісткістю і тривалістю технологічного процесу, а також поганим зчепленням наносимого матеріалу з основою. Крім того дуже часто спостерігається відшаровування смоли, і холодного зварювання від основи.

1.4 Мета та завдання досліджень

Аналіз науково-технічної літератури й експериментальних робіт показав, що причинами порушення роботоздатності і низького ресурсу шестеренних насосів є висока швидкість зношування сполучень «торець шестерні - пластик», «цапфа шестерні – обойма підтискна» і «колодязь обойми підтискний – головка шестерні». Крім того, робочі поверхні деталей

круглого шестеренного гідронасоса НШ-К мають різну інтенсивність зношування.

Методи відновлення зношених параметрів розточенням на ремонтні розміри, нанесенням металевих покриттів (гальваніка, наплавлення, напікання і т.д.) або металополімерів не забезпечують відновлення об'ємного ККД і ресурсу після ремонту на рівні нового виробу.

Тому **метою роботи є** - забезпечення післяремонтної довговічності відремонтованих шестеренних насосів, підвищенням зносостійкості деталей торцевих пар тертя шестеренних насосів технологічними методами.

Для виконання поставленої мети необхідно розв'язати наступні завдання:

1. Провести аналіз експлуатаційної надійності насосів та виявити причини втрати їх роботоздатного стану.

2. Дослідити дефекти і зношення деталей торцевого зазору качаючих вузлів шестеренних насосів.

3. Розглянути фактори, що визначають ресурс гідронасосів та провести оцінку ремонтної технологічності деталей шестеренного насоса.

4. Розробити методику експериментальних досліджень по виявленню взаємозв'язку між структурними параметрами качаючого вузла насоса і коефіцієнтом його подачі.

5. Обґрунтувати технологічні заходи з підвищення довговічності деталей торцевого зазору качаючих вузлів шестеренних насосів.

6. Експериментально розглянути функціональний взаємозв'язок між структурними параметрами технічного стану деталей торцевого зазору качаючих вузлів шестеренних насосів і їх технічним ресурсом.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ДОВГОВІЧНОСТІ ТА РЕМОНТНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ШЕСТЕРЕННИХ ГІДРОНАСОСІВ

2.1 Фактори, що визначають ресурс гідронасосів

Як відомо, повний середній ресурс агрегату за весь термін служби визначається по напівемпіричній формулі [23]:

$$\bar{T}_{НШ} = \bar{t}_{др} + \bar{\omega}_{рн} \cdot \bar{t}_{мр} - 0,5 \cdot \bar{t}_{мр} \cdot \left[1 + V^2 \cdot t_{мр} \right] - \varepsilon \cdot \bar{t}_{мр}, \quad (2.1)$$

де $\bar{T}_{НШ}, \bar{t}_{др}, \bar{t}_{мр}$ - відповідно середні значення ресурсу деталі до списання, а також його доремонтні й міжремонтні ресурси;

$\bar{\omega}_{рн}$ - середнє число ремонтів за весь термін служби;

V - коефіцієнт варіації міжремонтних ресурсів;

ε - похибка оцінки, рівна 0,05.

З формули (2.1) випливає, що повний ресурс агрегату росте зі збільшенням доремонтного і міжремонтних ресурсів, середнього числа ремонтів за весь термін служби і зменшується з ростом коефіцієнта варіації міжремонтних ресурсів.

Ресурс насосів НШ-К (в основному обумовлюють зазори, що утворюються в з'єднаннях наступних спряжень: «торець шестерні - платик», «цапфа шестерні - обойма», «шестерня - шестерня», «вершина зуба шестерні - колодязь обойми».

Згідно з технічних умов для нового і відремонтованого насосів, критерієм відмови насосів є зниження об'ємного коефіцієнта корисної дії (ККД) за граничне значення 0,65. Об'ємний (ККД) нового насоса складає 0,92, а відремонтованого 0,90 [10].

З роботи [5] відомо, що середній ресурс нових гідронасосів НШ-К у два і більше рази нижче середнього доремонтного ресурсу трактора й комбайна.

При цьому слід також врахувати, що в експлуатації знаходиться значна частина гідронасосів, які пройшли капітальний ремонт і їх ресурс на 30% менше від гарантійного. Являється явним, що післяремонтний ресурс гідронасосів НШ-К буде обумовлюватися ремонтно-технологічними факторами в технології їх ремонту.

Одним із заходів, який дає можливість вирішити це питання являється забезпечення зносостійкості ресурсолімітуючих з'єднань до визначеного рівня.

Створення в гідронасозі сполучень рівних за зносостійкістю пов'язане з розсіюванням інтенсивностей зношування сполучень через значну відмінність ступеня їх навантаження, швидкості ковзання, мащення, умов їх експлуатації.

Як відомо із роботи [9], середня інтенсивність зношування робочої поверхні деталей визначається за формулою:

$$I = K_1 \cdot p_a^\alpha \cdot E_{np}^\delta \cdot \Delta^\chi \cdot \left(\frac{H_\epsilon}{R_\epsilon} \right)^\epsilon \cdot \left(\frac{k \cdot f_m}{\sigma_0} \right)^{t_\gamma}, \quad (2.2)$$

де K_1 - поправочний коефіцієнт;

p_a - номінальний питомий тиск;

E_{np} - приведений модуль пружності;

Δ - комплексний параметр шорсткості;

H_ϵ і R_ϵ - параметри хвилястості;

k - коефіцієнт, що характеризує напружений стан на контакті, залежить від природи матеріалу;

f_m - молекулярна складова коефіцієнта тертя;

σ_0 - міцність матеріалу;

t_γ - показник кривої фрикційної втоми при пружному контакті.

Значення t_γ залежить від кінематики з'єднання, мащення й напруженого стану пари тертя.

В свою чергу дані умови роботи пар тертя обумовлюються комплексним параметром шорсткості (Δ) поверхні відновлених деталей, параметри хвилястості (H_g, R_g), а також відхиленням їх геометричних розмірів при проведенні механічних операцій для їх обробки під ремонтний розмір.

Рівень розсіювання інтенсивностей зношування з'єднання залежить також від коефіцієнтів тертя.

У відповідність із ГОСТ 23.224-86 з'єднання має необхідну триботехнічну роботоздатність, якщо максимальне навантаження (P_{mn}) виявляється не меншим, чим максимально довгостроково діюче експлуатаційне навантаження на з'єднання (P_{me}), тобто $P_{mn} \geq P_{me}$ де

$P_{mn} \geq \bar{P}_e + t_{\alpha;n-1} \frac{s}{\sqrt{n}}$ - максимальне експлуатаційне навантаження в динамічному режимі, де \bar{P}_e - середнє значення експлуатаційного навантаження, у режимі, що встановився в експлуатації; $t_{\alpha;n-1}$ - квантиль розподілу Стюдента; α - рівень значимості; s - стандартне відхилення навантаження; n - обсяг випробувань.

Оптимальне (P_{on}) навантаження виявляється не меншим середнього значення експлуатаційного навантаження, в режимі, що встановився в експлуатації, тобто $P_{on} \geq \bar{P}_e$.

Таким чином, міжремонтний ресурс відремонтованого гідронасоса НШ-К можна збільшити підвищенням зносостійкості всіх сполучень агрегату до значення найбільш зносостійкого з'єднання, тобто виконанням умови:

$$I_Z = K_1 \cdot p_a^\alpha \cdot E_{np}^\delta \cdot \Delta^z \cdot \left(\frac{H_g}{R_g} \right)^\varepsilon \cdot \left(\frac{\kappa \cdot f_m}{\sigma_0} \right)^{t_\gamma} \leq I_{\min}, \quad (2.3)$$

де z - порядковий номер «слабких» сполучень гідронасоса;

I_{\min} - інтенсивність зношування найбільше «сильного» з'єднання;

У гідронасосі НШ-К є два класи деталей: деталі, що утворюють пари тертя («торець шестерні – платик-замикач», «цапфа шестерні - обойма», «шестерня - шестерня»), і які не утворюють пари тертя («вершина зуба шестерні - колодязь обойми»).

При нормальних умовах експлуатації процес зношування вершини зуба і колодязя обойми має гідроабразивний характер, тобто відсутній взаємний вплив робочих поверхонь деталей на їхні фізико-механічні властивості.

У міру зношування цапфи шестерні і обойми підтискної вершина зуба стикається з поверхнею обойми і починається механічне зношування пари тертя «вершина зуба шестерні - колодязь обойми», яка, іноді, супроводжується задирами.

В одночас слід врахувати, що на ремонтних підприємствах для відновлення деталей насосів застосовується технології, які ґрунтуються на способі ремонтних розмірів. При цьому передбачається, що під ремонтний розмір оброблюються шестерні насоса по таким поверхням: цапфа, торець зуба (по довжині зуба), вершина зуба (по діаметру зуба).

Являється явним, що зменшення геометричних розмірів робочих поверхонь шестерень, а також наявність похибок з дотримання геометричної форми поверхні деталі і не дотримання шорсткості (хвилястості), які виникають при механічному обробленні, будуть обумовлювати зменшення ресурсу насоса.

2.2 Оцінка ремонтної технологічності деталей шестеренного насоса модифікації НШ-К гідравлічної системи трактора

Аналіз роботи тракторів, в гідравлічних системах яких застосовуються насоси модифікації НШ-К, показав, що в умовах рядової експлуатації відсоток відмов, які припадають на насоси, досягає 30% (рис.2.1.) [35].

Також вдалось встановити, що за своїм характером відмови розподіляються наступним чином: зношення деталей качаючого вузла-70-75%; порушення герметичності в з'єднанні «кришка-корпус» - 10-11%;

порушення герметичності в спряженні «манжета-вал ведучої шестерні» - 10-11%, пошкодження деталей – 3-10%

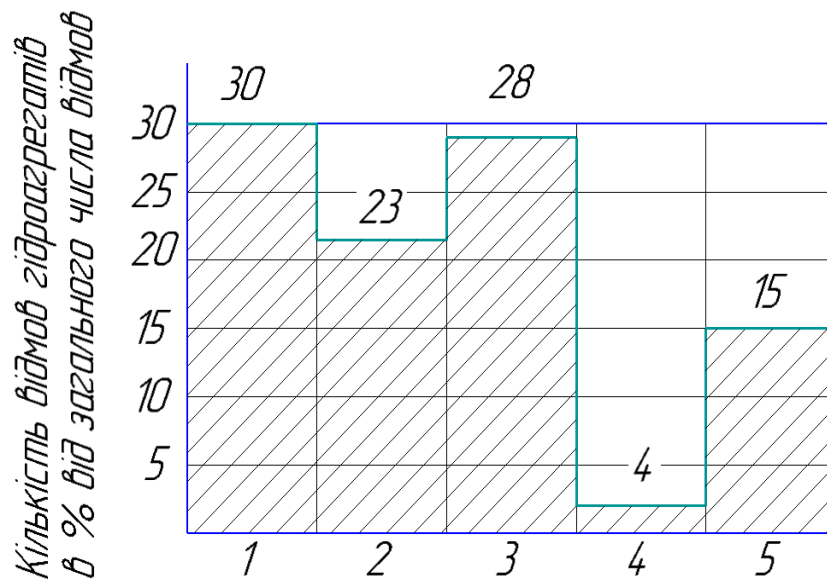


Рисунок 2.1 – Кількість відмов основних елементів гідросистеми [35]: 1 – гідронасос; 2. – гідророзподільник; 3 – гідроциліндр; 4 – фільтр робочої рідини; 5 – рукава гідравлічні.

Являється явним, що такі відмови в насосі, як порушення герметичності, усуваються заміною ущільнювальних кілець та манжет, а зношення деталей качаючого вузла потребує для відновлення їх роботоздатності застосування поточного або капітального ремонтів.

Як правило, тривалість ремонтних дій характеризується обумовлює простоювання трактора. Втрати часу пов'язані з відновленням роботоздатного стану гідравлічного насосу в значній мірі будуть обумовлюватися ремонтною технологічністю його деталей, технічною підготовкою виробничого підрозділу, який спеціалізується по ремонту гідронасосів, а також прийнятими технологічними процесами для ремонту та відновлення їх деталей.

Аналіз технологічних процесів, які реалізуються для відновлення роботоздатного стану гідронасосів, проводиться в роботах [10,26]. В них в

основному розглядаються загальні технологічні процеси, які знайшли реалізацію на ремонтних підприємствах, їх ефективність з точки зору довговічності. При цьому, не достатньо звернуто увагу на функціональну залежність між ремонтною технологічністю деталей і способами їх ремонту, які забезпечують необхідну післяремонтну довговічність.

В цілому, проведений аналіз технологічних процесів, показує, що вони сформовані без врахування оцінки ремонтної технологічності деталей гідронасоса, реалізація якої забезпечить зниження трудомісткості ремонтних робіт та їх собівартості і забезпечить необхідну післяремонтну довговічність.

Оцінка ремонтної технологічності деталей характеризується пристосованістю їх до відновлення роботоздатного стану. На ремонтну технологічність деталей впливають конструктивні і технологічні особливості, ступінь зношення і пошкодження.

Для визначення критеріїв оцінки ремонтної технологічності деталей розглянемо наступні види ремонтних дій. Роботи пов'язані з відновленням робочих поверхонь деталей (технологічні процеси підготовки деталі до нарощування нового шару метала, механічна обробка для придання деталі необхідного розміру та фізико-механічних властивостей і якості робочій поверхні тертя). Ці операції являються основними, а трудомісткість їх виконання складе ($t^{oc.}$). Одночасно в процесі ремонту деталей виникають допоміжні операції, проведення яких обумовлено необхідністю створення нових установчих баз, допоміжних контрольних операцій пов'язаних з особливістю конструкції деталі, і які не передбачені технологією їх виготовлення. Їх трудомісткість складе ($t^{don.}$).

Для визначення впливу конструкції і технології виготовлення деталі на її ремонтну технологічність представимо всю трудомісткість з відновлення роботоздатності в наступному вигляді:

$$t^{s.p} = t^{oc.} + t^{don.}, \quad (2.4)$$

де $t^{6.p}$ - трудомісткість відновлення роботоздатного стану деталі, люд.-год.;

t^{oc} - трудомісткість робіт, направлених на відновлення робоздатного стану деталі, які передбачені конструктивними особливостями деталі, люд.-год.;

t^{don} - трудомісткість робіт, що витрачається при відновленні роботоздатного стану деталі, не передбачених конструкцією і технологією її виготовлення, люд.-год.

Для виявлення впливу технічного стану деталей, що поступають до ремонту, на їх ремонтну технологічність необхідно визначити ймовірність появи наступних несумісних дій: деталь являється придатною без ремонту P_n ; деталь потребує ремонту P_p ; деталь непридатна P_{nn} . Згідно теореми суми ймовірностей: $P_n + P_p + P_{nn} = 1$, значення цих ймовірностей визначається за виразами [36]:

$$P_n = \frac{n_n}{n_3}; P_p = \frac{n_p}{n_3}; P_{nn} = \frac{n_{nn}}{n_3}, \quad (2.5)$$

де n_3 - загальна кількість деталей одного найменування, які поступають до ремонту, од;

n_n - кількість придатних без ремонту деталей, од;

n_p - кількість деталей, які потребують ремонту, од;

n_{nn} - кількість непридатних деталей, які потребують заміни, од.

В процесі ремонту гідравлічних насосів модифікації НШ-К, основний об'єм робіт припадає на відновлення деталей спряжень качаючого вузла: «підшипникова обойма-цапфа шестерні», «підтискна обойма-цапфа шестерні», «платик-торець зуба», «підтискна обойма-головка зуба».

В зв'язку з цим, нами проводився аналіз технічного стану гідравлічних насосів, які поступали до ремонту. Ймовірність технічного стану деталей визначалася проведенням дефектувальних робіт за відомими методиками

[10,26]. Результати ймовірностей технічного деталей гідравлічних НШ-К представлені в табл.2.2. і на рис.2.2.

Таблиця 2.2 – Ймовірності технічного стану деталей гідравлічних насосів

№ п/п	Найменування деталі	Деталь являється придатною без ремонту P_n .	Деталь потребує ремонту P_p .	Деталь непридатна $P_{н.п}$.
1	Корпус гідронасоса	0,95	0,03	0,02
2	Підтискна обойма	0	0,93	0,07
3	Підшипникова обойма	0	0,96	0,04
4	Ведуча шестерня	0	0,95	0,05
5	Ведена шестерня	0	0,94	0,06
6	Пластики-замикачі	0	0,96	0,04

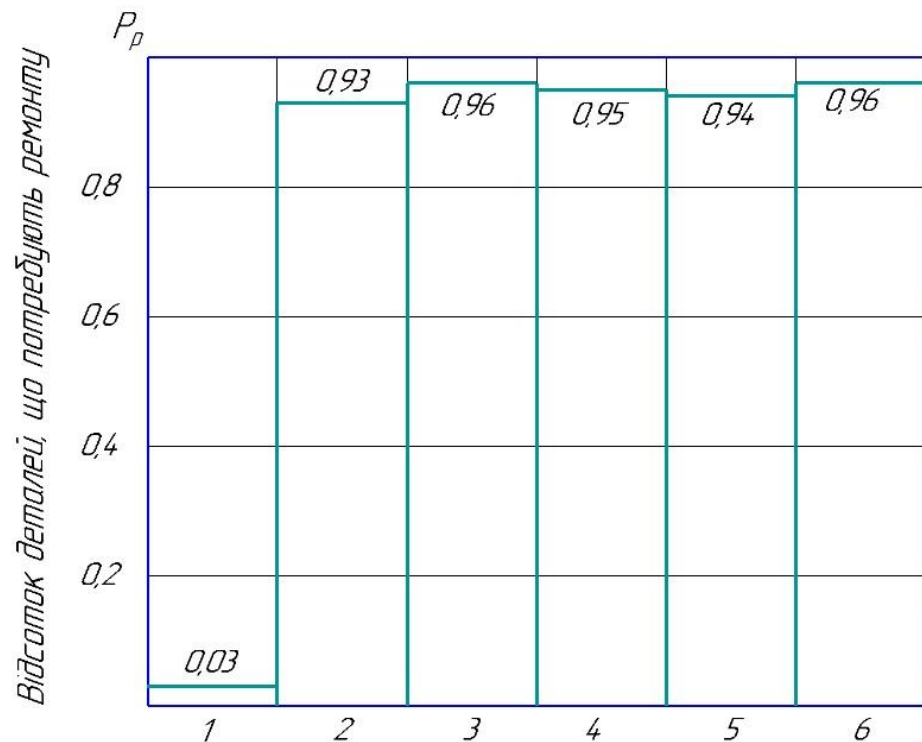


Рисунок 2.2 – Ймовірність технічного стану ресурсолітуючих, які потребують ремонту: 1 – корпус гідронасоса; 2 – підтискна обойма; 3 – підшипникова обойма; 4 – ведуча шестерня; 5 – ведена шестерня; 5 – пластики-замикачі.

Проведений аналіз отриманих результатів показує, найбільшу ймовірність в потребі ремонту, яка знаходиться в інтервалі $P_p = 0,93...0,96$,

мають деталі качаючого вузла. Це обумовлюється тим, що на робочих поверхнях всіх деталей мають місце сліди гідроабразивного спрацювання, для усунення яких, необхідне застосування шліфувальних або притирочних операцій, при відновленні деталей способом ремонтних розмірів, або відновлювальних операцій з послідуною механічною обробкою.

Кількість деталей, технічний стан яких відновлюється, обумовлюється технологією відновлювальних робіт. На спеціалізованих підприємствах для відновлення робочих поверхонь деталей застосовується спосіб ремонтних розмірів для деталей спряження «підшипникова обойма-цапфа шестерні», «підтискна обойма-цапфа шестерні», «платик-замикач-торець зуба», «підтискна обойма-головка зуба».

При значному зношенні такі деталі, як підтискна і підшипникова обойми відновлюються з застосуванням аргонодугового наплавлення з послідуною механічною обробкою під ремонтний розмір, а інші деталі з'єднань оброблюються механічно під ремонтний розмір. Так, у шестерень шліфуються поверхні цапф та торцева поверхня зуба шестерні під ремонтний розмір, а у платиків-замикачів робоча поверхня шліфується а потім притирається під ремонтний розмір за його висотою.

Кількісна оцінка ремонтної технологічності деталі визначеного найменування буде формуватися з врахуванням її технічного стану при поступанні до ремонту, пристосованості її конструкції і технології виготовлення до відновлення, складності ремонтного обладнання та економічності доцільності ремонту. З врахуванням вище наведених факторів показник ремонтної технологічності можна визначити за виразом [36]:

$$P_{p.m.}^{\partial} = P_n + P_p \frac{\sum_{i=1}^m t_i^{oc} \cdot K_{ki}}{\sum_{i=1}^m t_i^{oc} \cdot K_{ki} + \sum_{j=1}^z t_j^{\partial on} \cdot K_{kj}} K_o \cdot K_e, \quad (2.6)$$

m - кількість основних операцій, які застосовуються для відновлення роботоздатності деталі, od ;

z - кількість допоміжних операцій, які застосовуються для відновлення роботоздатності деталі, *год*;

t_i^{oc} - трудомісткість i -ї основної операції з відновлення деталі, *люд. – год.*;

t_j^{don} - трудомісткість j -ї допоміжної операції з ремонту деталі, *люд. – год.*;

K_{ki} - коефіцієнт кваліфікації робіт i -ї основної операції при ремонті деталі;

K_{kj} - коефіцієнт кваліфікації робіт j -ї допоміжної операції з ремонту деталі, *люд. – год.*;

K_o - коефіцієнт складності обладнання та оснастки;

K_e - коефіцієнт економічної доцільності ремонту.

Визначимо на прикладі ремонту технологічність підтискної обойми качаючого вузла насоса, яка має найбільший показник непридатних деталей до відновлення ($P_{н.п} = 0,07$).

Трудомісткість основних операцій для відновлення підтискної обойми, складе $t_i^{oc} = 2,37$ *люд. – год.* (включають в себе очисні операції, дефектувальні, відновлювальні та ін.). Трудомісткість допоміжних операцій, яка включає в себе обробку пазів під платик-замикач складе $t_j^{don} = 0,7$ *люд. – год.*

Коефіцієнт кваліфікації робіт (K_{ki}) визначається за виразом [26]:

$$K_{ki} = \frac{S_c^H}{S_c^\phi}, \quad (2.7)$$

де S_c^H - тарифна вартість робіт за найнижчим розрядом кожної спеціальності, *грн*;

S_c^ϕ - тарифна вартість робіт за фактичним розрядом відповідно технологічному процесу ремонту деталі, *грн*.

Технологічний процес ремонту гідравлічних насосів характеризується застосуванням робітників високої кваліфікації – слюсарі п'ятого розряду за тарифною сіткою, що обумовлюється складністю конструкції агрегатів, а також виготовленням деталей за високими класами чистоти поверхні.

Найменший розряд при ремонті гідроагрегатів відповідає третьому (слюсар виконує зовнішню очистку агрегату, очистку деталей, підрозбирання та розбирання агрегатів), тарифна вартість робіт складає $S_c^H = 6,34 \text{ грн}$. Найвищий (фактичний) розряд відповідає п'ятому (слюсар проводить дефектацію деталей, відновлення робочих поверхонь, складання агрегатів, випробування агрегатів та ін.). Тарифна вартість робіт для даного розряду складає $S_c^{\phi} = 8,22 \text{ грн}$.

Тоді коефіцієнт кваліфікації робіт ($K_{\kappa i}$) визначається:

$$K_{\kappa} = \frac{6,34}{8,22} = 0,77$$

Коефіцієнт складності обладнання та оснастки визначається за виразом [36]:

$$K_o = \frac{S_o^H}{S_o^P}, \quad (2.8)$$

де S_o^H - вартість обладнання для обробки поверхонь, які відновлюються, при виготовленні нової деталі (відновлювальними вважаються ті поверхні, які оброблюються для усунення дефекту при ремонті даної деталі), *грн* ;

S_o^P - вартість ремонтного обладнання для відновлення роботоздатності деталі згідно технологічного процесу ремонту, *грн* .

Розглянемо коефіцієнт складності обладнання для відновлення підтискної обойми насоса. Робоча поверхня підтискної обойми працює з

зубом шестерні, утворюючи радіальний зазор в спряженні «підтискна обойма-головка зуба». Втрата роботоздатності даної деталі характеризується

гідроабразивним зношенням робочої поверхні підтискної обойми, що приводить до зростання радіального зазору і збільшення витоків робочої рідини. Отже, для відновлення робочої поверхні підтискної обойми необхідно відновити її геометричну форму і клас чистоти робочої поверхні. На заводах-виробниках для основної обробки поверхні застосовують горизонтально-фрезерні верстати, вартість даного обладнання складе $S_o^H = 80500 \text{грн}$.

На спеціалізованому ремонтному підприємстві при наявності значного зношення поверхні обойми застосовують аргонодугове наплавлення з наступним розточуванням під ремонтний розмір. Вартість обладнання для даної реалізації даної технології складе $S_p^H = 110000 \text{грн}$

Отже згідно виразу (2.8) коефіцієнт складності обладнання та оснастки буде дорівнювати:

$$K_o = \frac{80500}{110000} = 0,73$$

Коефіцієнт економічної доцільності відновлення деталі визначається за виразом:

$$K_e = \frac{S_o^H}{S_o^H + S_o^P}, \quad (2.9)$$

де S_o^H - преіскурантна вартість нової деталі, *грн* (вартість підтискної обойми $S_o^H = 300 \text{грн}$);

S_o^P - витрати на ремонт деталі, *грн* (обумовлюються технологією, яка застосовується для ремонту деталі, рекомендується $S_o^P < 0,7 S_o^H$), за запропонованою технологією $S_o^P = 210 \text{грн}$.

Тоді коефіцієнт економічної доцільності відновлення деталі складе:

$$K_e = \frac{300}{300 + 210} = 0,59$$

Підставимо отримані значення до виразу (2.6) і визначимо показник ремонтної технологічності підтискної обойми ($P_{p.m.}^o$):

$$P_{p.m.}^o = 0 + 0,93 \cdot \frac{2,37 \cdot 0,77}{2,37 \cdot 0,77 + 0,7 \cdot 0,77} \cdot 0,73 \cdot 0,59 = 0,31$$

Аналогічні розрахунки проводяться для інших деталей, ймовірності технічного стану яких представлені в табл.2.1, а отримані результати наводяться в табл. 2.2 та на (рис.2.3).

Таблиця 2.2 – Результати оцінки ремонтної технологічності деталей

Найменування деталі	Критерії, які характеризують ремонтну технологічність							
	P_n	P_p	$\sum_{i=1}^m t_i^{oc} \cdot K_{ki}$	$\sum_{j=1}^z t_j^{don} \cdot K_{kj}$	K_k	K_o	K_e	$P_{p.m.}^o$
1.Корпус гідронасоса	0,95	0,03	0,924	0,150	0,77	1,0	0,59	0,97
2.Підтискна обойма	0	0,93	1,83	0,54	0,77	0,73	0,59	0,31
3.Підшипникова обойма	0	0,96	1,62	0,53	0,77	0,73	0,59	0,31
4.Ведуча шестерня	0	0,95	2,15	0,27	0,77	1,0	0,59	0,50
5.Ведена шестерня	0	0,94	1,99	0,20	0,77	1,0	0,59	0,50
6.Пластики-замікачі	0	0,96	0,64	0,16	0,77	1,0	0,59	0,45

Аналіз отриманих результатів показує, що найменшу ремонтну технологічність ($P_{p.m.}^{n.o} = 0,31$) мають підтискна та підшипникова обойми, що обумовлюється конструктивними особливостями деталей, у яких відновлюються робочі поверхні аргонодуговим наплавленням з послідуною механічною обробкою. Для виконання даних операцій застосовується обладнання та оснастка, що приводить до зменшення коефіцієнта складності обладнання та оснастки до ($K_o = 0,73$) і в цілому впливає на показник технологічності.

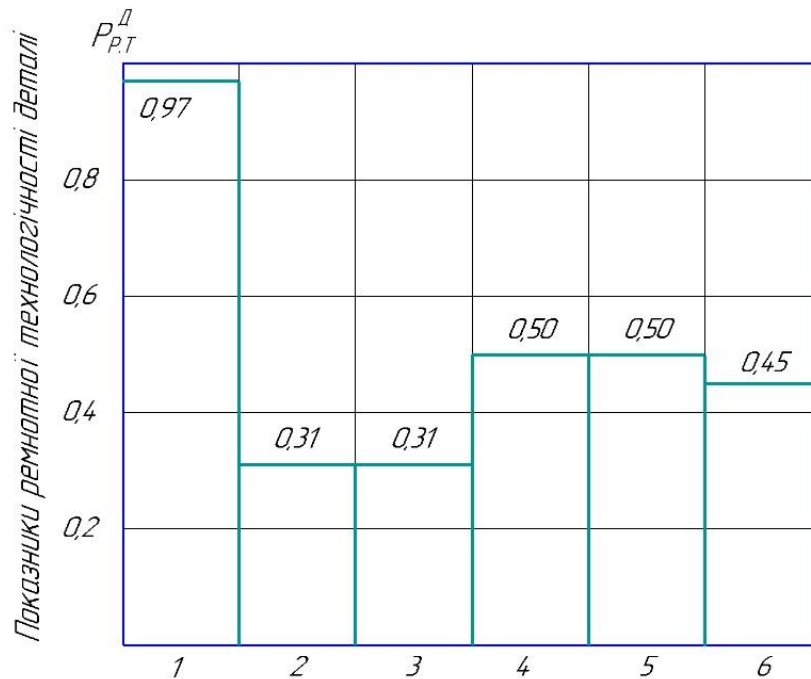


Рисунок 2.3. – Показники оцінки ремонтної технологічності деталей шестеренного насоса модифікації НШ-К: 1 – корпус гідронасоса; 2 – підтискна обойма; 3 – підшипникова обойма; 4 – ведуча шестерня; 5 – ведена шестерня; 6 – платики-замкачі.

Відносно низький показник технологічності платика-замкача ($P_{p.m.}^d = 0,45$), обумовлюється трудомісткістю допоміжних операцій (притирка робочої поверхні платика), об'єм яких становить 25% від трудомісткості основних операцій.

Високий показник ремонтної технологічності корпуса насоса ($P_{p.m.}^{к.н} = 0,97$) обумовлюється високим показником придатності деталі без ремонту ($P_n = 0,95$), отриманий по результатам його дефектації.

Показник ремонтної технологічності шестерень насоса становить ($P_{p.m.}^{ш} = 0,50$), що обумовлюється відносно високим показником коефіцієнта складності обладнання та оснастки, який становить ($K_o = 1,0$), а також не значною трудомісткістю допоміжних операцій, на які припадає 10% від трудомісткості основних операцій.

Висновки по розділу.

1. Проведення механічних операцій, які не забезпечують задані геометричні розміри і якість робочої поверхні деталі, при виконанні

механічної обробки, приводять до зменшення післяремонтної довговічності насоса, що вказує на вагомість точності механічних операцій в технологічному процесі його ремонту з точки зору надійності.

2. Показник ймовірності технічного стану деталей качаючого вузла насоса, які потребують ремонту, знаходиться в інтервалі $P_p = 0,93...0,96$, що обумовлюється наявністю слідів гідроабразивного зношення на їх робочих поверхнях, для усунення яких необхідне застосування відновлювальних та механічних операцій.

3. Найменшу ремонтну технологічність ($P_{p.m.}^{n.o} = 0,31$) мають підтискача та підшипникова обойми, що обумовлюється складністю конфігурацій робочих поверхень, які зношуються, і для відновлення яких необхідно додаткове обладнання і оснастка, що впливає на зменшення показника складності обладнання, а через нього на зменшення показника ремонтної технологічності.

4. Відносно низький показник технологічності платика-замикача ($P_{p.m.}^{\partial} = 0,45$), обумовлюється трудомісткістю допоміжних операцій (притирка робочої поверхні платика), об'єм яких становить 25% від трудомісткості основних операцій.

5. На ремонтну технологічність деталей гідравлічних насосів модифікації НШ-К основний вплив мають конструктивні особливості робочих поверхень деталей, а також технології їх ремонту, які формують показник складності обладнання та впливають на трудомісткість допоміжних операцій технологічного процесу.

6. Резервом для покращення показників ремонтної технологічності деталей гідронасосів модифікації НШ-К, які лімітують його ресурс, слід вважати впровадження технологічних процесів, які розроблюються на основі прогресивних способів відновлення робочих поверхень деталей, і реалізуються не залежно від характеру та виду їх зношення.

3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма досліджень

Увесь обсяг експериментальних досліджень можна розділити на кілька етапів.

На першому етапі проводилися аналізи причин відмов, режиму і умов експлуатації насосів і на основі нього було визначено спряження деталей, зношення яких обумовлює ресурс насоса.

На другому етапі досліджень передбачалось визначитися з характером та видом зношення деталей торцевого зазору, які лімітують ресурс насоса, провівши їх дефектацію. Метою даних досліджень було встановлення коефіцієнтів повторюваності дефекту деталей.

На третьому етапі досліджень розроблюються методики для застосування технологічних заходів з підвищення довговічності робочих поверхонь деталей торцевого зазору качаючого вузла насоса, та проводяться експериментальні дослідження з виявлення функціональної залежності між структурними параметрами деталей торцевого зазору і наробітком.

На четвертому етапі проведені розрахунки техніко-економічної оцінки проведених досліджень.

3.2 Методика дефектації деталей насоса

Якість проведених ремонтних робіт визначається післяремонтним ресурсом гідравлічних насосів. При цьому по результатам теоретичних досліджень вдалося визначити, що до основних операцій технологічного процесу ремонту шестеренних гідронасосів, які обумовлюють його якість, слід віднести якість виконання таких операцій, як механічне оброблення деталей для видалення слідів спрацювання з врахуванням ремонтного розміру, якість операцій з обкатки та випробовування, а також якість проведення складальних операцій.

В зв'язку з цим на першому етапі експериментальних досліджень проводилась дефектація деталей торцевого зазору качаючого вузла, які обумовлюють його роботоздатність і довговічність.

Вид і величини зношення деталей торцевого зазору качаючого вузла насоса визначалися проведенням фотографування поверхонь та їх мікрометражем.

Для вимірювання довжини зубів шестерень насоса НШ-50А застосовувався мікрометр МК - 25-50 ГОСТ 11098-75з точністю виміру 0,01 мм. (рис. 3.1)



Рисунок 3.1 – Методика замірювання довжини зубів шестерень

Зношування шестірни по довжині визнається за виразом:

$$U_{ш\max} = B_{ш\max} - B_{ш\min}, \quad (3.1)$$

де $U_{ш\max}$ - максимальне зношування шестірни по довжині зуба,

$B_{ш\max}$ - максимальна довжина зуба шестірни,

$B_{ш\min}$ - мінімальна довжина зуба шестірни.

Після закінчення вимірів проводилася первинна обробка даних: визначалися зношування поверхонь шестерень.

Для визначення зношення пластиків - замикачів застосовувалась ричажна скоба СР-0-25 ГОСТ 11098-95 з точністю виміру 0,002 мм (рис.3.2).



Рисунок 3.2 - Методика замірювання товщини пластика-замикача

Пластики вимірялися у двох положеннях - товщина зношеної (пер. 1-1) і не зношеної (пер. 2-2) поверхні Л (рис. 3.3).

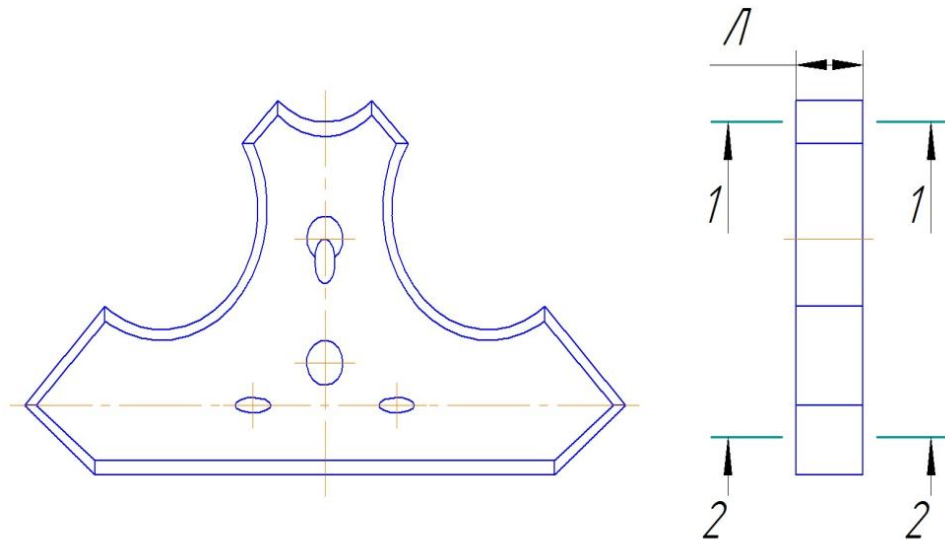


Рисунок 3.3 – Схема виміру пластика

Дефекти поверхневого шару (задири корпусу, різки на цапфах і пластиках) визначалися зовнішнім оглядом.

3.3 Експериментальна установка для виконання лабораторних досліджень

Для досліджень функціональної залежності між структурними параметрами технічного стану насосу і об'ємними витрати робочої рідини виникає необхідність визначити коефіцієнт об'ємної подачі насоса, який визначається з виразу [11]:

$$\eta = \frac{q_{\phi}}{q_m}, \quad (3.3)$$

де q_{ϕ} - об'ємна фактична подача насоса, $\text{см}^3/\text{об.}$;

q_m - об'ємна теоретична подача насоса (згідно технічних даних для насоса НШ-32-2 - $q_m = 32,0 \text{ см}^3/\text{об.}$, для насоса НШ-50-2 - $q_m = 50,0 \text{ см}^3/\text{об.}$).

Із виразу (3.3) випливає, що для визначення коефіцієнту подачі нам необхідно виявити фактичну подачу насоса, яка визначається експериментальним шляхом за допомогою стенду КИ-4815М (рис. 3.4,3.5) за відомими методиками [11].



Рис. 3.4 – Експериментальний насос НШ-50-К встановлений на стенді КИ-4815М для проведення експериментальних досліджень.



Рисунок 3.5 – Загальний вид панелі керування і контролю показників стенда КИ-2815М.

Стенд складається зі звареної рами, облицювання, привода, гідросистеми, електроустаткування, комплекту інструментів і пристроїв. На рамі стенда встановлені й закріплені привід і гідросистема. Привід містить у собі електродвигун і клинопасову передачу з передаточним числом 1,21, що передає шківу з кулачковою муфтою й приводному валу частоту обертання 1200 хв^{-1} .

Тривалість випробування насосів складала 50...60 год., так як даний період експлуатації характеризується припрацюванням пар тертя і прискореним зношенням деталей

Перед проведенням вхідних стендових випробувань усі об'єкти зазнали зовнішньому очищенню й зовнішньому огляду. При наявності тріщин корпусу, відсутності гумових торцевих ущільнень насоси вибраковувалися.

Випробування насосів проводилися на гідравлічному маслі М-10В₂, яке має при температурі 50°C в'язкість $(60...70) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$. Температура робочої рідини при випробуванні становила $50 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ [11].

Контроль проводився в наступній послідовності:

1. Установлювали насос на стенд, застосовуючи залежно від марки насоса необхідну оснастку. Забірний рукав з'єднували з баком, рукав напірної магістралі - із дроселем.

2. Встановлювали номінальний режим роботи насоса і створювали дроселем високого тиску навантаження, визначали тиск, який максимально розвивається.

3. За умови номінального тиску в гідросистемі (для насосів НШ – 32-К становить 10,0 МПа, для НШ – 50-К – 14,0 МПа) проводили перевірку насоса на продуктивність.

Для цього вибирали два розподіли на шкалі лічильника рідини, відповідні до початку й закінченню відліку. При проході стрілки лічильника рідини через розподіли, відповідні до початку й кінцю відліку, тумблером включали й виключали імпульсний лічильник. По сумарному числу обертів (імпульсів) і контрольному обсягу рідини визначали дійсну подачу насоса і об'ємний (ККД). У процесі випробування стежили за герметичністю й підсмоктуванням повітря в насосі.

3.4 Методика вибору раціональних режимів електроіскрового наплавлення

Основне завдання даної методики полягає у визначенні раціональних технологічних параметрів електроіскрового наплавлення при різних режимах нанесення поверхневого шару.

Грунтуючись на даних теоретичних досліджень і результатах мікрометражних досліджень, визначаємо поверхні, які необхідно відновлювати, це дозволить нам визначити хід експериментальних досліджень по електроіскровому обробленню. Перший етап досліджень являє собою вибір раціональних режимів електроіскрового наплавлення на торцевій поверхні втулки насоса НШ-У.

Другий етап полягає у виборі раціональних режимів наплавлення на робочу поверхню торців зубів шестерні.

Для проведення дослідження на першому етапі, виготовляли зразки у вигляді штапиків з алюмінієвого сплаву *Ал-11* із шорсткістю поверхні $R_a = 0,32 \text{ мкм}$. Для досліджень другого етапу експерименту були виготовлені

зразки у вигляді кілець зі сталі 18ХГТ (26 і шириною 7 мм шорсткістю $R_a = 0,32 \text{ мкм}$, допуск на паралельність площин зразка не більш 5 мкм). Перед експериментом зразки вимірялися, зважувалися й знежирювалися. Результати заносилися в таблицю протоколу.

Електроіскрове наплавлення на зразки проводили на установці «*ALIER-31*». Загальний вид установки представлений на рис. 3.6, а її енергетичні характеристики в табл. 3.1.



Рисунок 3.6 – Загальний вид модернізованої установки «*ALIER-31*»: 1 – генератор; 2-кабель; 3 – електромагнітний вібратор

Таблиця 3.1 - Основні енергетичні характеристики установки

Найменування параметра	Режими установки				
	1	2	3	4	5
Середнє значення зарядного струму, А	0,3	0,4	0,6	2,6	3,8
Амплітуда напруги на накопичувальному конденсаторі, В	45	67	67	96	96
Ємність накопичувальних конденсаторів, МКФ $\pm 30\%$	60 ± 20	60+20	60+20	360 ± 120	360 ± 120
Енергія розряду, Дж	0,06	0,13	0,28	0,81	1,66

Матеріал електродів підбирали, ґрунтуючись на аналізі літературних джерел і попередніх дослідження з даної проблеми. У якості електродів для

наплавлення використовувалися сталь В10, Св08, алюмінієвий сплав Ал-11, для зміцнення - бабіт Б-16. Діаметр електрода при проведенні експериментальних досліджень вибирався залежно від енергетичного режиму установки і становив при наплавленні 3-4 мм для 4 режиму, 5 мм - для 5 режиму, при зміцненні 2-3 мм для 3 режиму.

Експерименти по першому етапу досліджень проводили на 4-ому і 5-ому енергетичних режимах, змінюючи на кожному частоту вібрації електрода від 150 до 250 Гц із інтервалом 50 Гц. Тривалість імпульсу становила 3 мс, амплітуда коливань електрода підбиралася індивідуально до кожного з режимів.

Для проведення експериментів по нанесенню металопокриття була створена експериментальна установка. Вона складається з генератора імпульсного струму «*ALIER-31*»; токарно-гвинторізного верстата моделі 1А616.

У ході випробувань частота обертання (деталі) n_d становила від 1 до 14 хв^{-1} , а частота обертання електрода-інструмента - 3500 хв^{-1} . Варіювали режимами установки 4 і 5 ($W = 0,81 - 1,66 \text{ Дж}$), подачею електрода S_{en} від 1,21 до $8,58 \text{ мм} / \text{хв}$, і його діаметром d_e від 3 до 5 мм. Для кожного варіанта технологічних режимів і матеріалу електрода експеримент повторювали три рази.

3.5 Методика обробки деталей поверхнево-активними речовинами

До основних завдань в роботі слід віднести: розроблення технології нанесення епіламних плівок на робочі поверхні деталей спряжень в умовах спеціалізованого ремонтного виробництва, які в першу чергу обумовлюють втрату роботоздатності гідронасоса; провести лабораторні дослідження з виявлення впливу епіламних покриттів на коефіцієнт подачі насоса за період припрацювання.

Для розроблення технології нанесення епіламних покриттів відбиралися деталі спряжень, що входять до торцевого зазору качаючого вузла насоса: «платик – торець зуба» (торцевий зазор).

По результатам мікрометражу деталей, який проводився за відомими методиками [4, 15], визначалися дійсні розміри, а через них ремонтні для відновлення деталей спряжень качаючого вузла насоса способом ремонтних розмірів. Останній характеризується видаленням слідів спрацювання робочих поверхонь деталей механічною обробкою до ремонтного розміру з дотриманням технічних вимог на клас чистоти поверхні, геометричну форму та фізико-механічні властивості.

Після механічної обробки деталі утримувалися в гасі або бензині на протязі трьох годин для уникнення ефекту шаржування та видалення жирових плівок.

Перед складанням качаючого вузла шестеренного насоса деталі просушувалися і оброблювалися епіламом «Полизам-05» за допомогою спеціальних тампонів. Оброблена таким чином деталь проходила термофіксацію при температурі 1200 С і встановлювалася в качаючий вузол експериментального шестеренного насоса НШ-К.

Контроль наявності поверхнево-активних речовин на оброблених поверхнях деталей перевіряється за допомогою вазелинового мастила ГОСТ 3164-78. Краплина мастила діаметром 1-1,5 мм розміщується на поверхні деталі і у неї заміряють краєвий кут. Якщо кут не менше 45° то на поверхні деталі є покриття. Якщо кут менше 45° - то покриття відсутнє. При неможливості провести вимір краєвого кута у краплини мастила, деталь розміщують під кутом 70-75° і залишають в такому стані на 15 хвилин. Якщо краплина мастила не змістилась то на поверхні деталі є поверхнево-активна речовина. Оброблені таким чином деталі відправлялись на складання гідронасоса з послідуною їх обкаткою.

Висновок по розділу.

1. Запропоновані методики для дефектації деталей торцевого зазору качаючих вузлів насосів модифікації НШ-У та НШ-К дозволяють підвищити

якість контролю технічного стану деталей, служить запорукою для збільшення післяремонтного ресурсу насосів.

2. Методика виявлення взаємозв'язку між структурними параметрами деталей качаючого вузла насосу та його роботоздатністю, яка ґрунтується на порівняльній оцінці роботи насоса без навантаження і з номінальним навантаженням може бути реалізована на спеціалізованих ділянках з ремонту гідравлічних агрегатів для їх передремонтного діагностування.

3. Представлені прилади, устаткування і методики для проведення експериментальних наукових досліджень, дають можливість реалізувати спосіб відновлення ресурсолімітуючих деталей гідронасоса модифікації НШ-У, а їх фрагменти можуть бути реалізовані в спеціалізованих підрозділах з ремонту гідронасосів.

4. Розроблення методик проведення мікрометажу деталей качаючого вузла шестеренного насоса марки НШ-К, а також технології оброблення їх робочих поверхонь поверхнево-активними речовинами забезпечує якісне проведення експериментальних досліджень і зменшує їх трудомісткість.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

4.1 Результати дефектації технічного стану деталей торцевого зазору насосів модифікації НШ-У і НШ-К

Насоси модифікації НШ-К. Дослідження характеру та виду зношування деталей торцевого зазору качаючих вузлів гідронасосів, проводиться з метою виявлення нерівномірності зношення робочих поверхонь деталей на кількісному рівні, що дає можливість визначитися з коефіцієнтами придатності деталей, відновленості та вибраковки при проведенні їх дефектації.

Основні результати проведених досліджень з врахуванням коефіцієнта повторюваності представлені гідно у табл.4.1.

Таблиця 4.1 – Характерні дефекти круглого шестеренного насоса (НШ-К)

Дефект	Коефіцієнт повторюваності дефекту	Спосіб усунення
Зношування платиків	1,00	Перешліфовка під ремонтний розмір, Р1, Р2.
Зношування торців ведучої і веденої шестерень	1,00	Перешліфовка під ремонтний розмір, Р1, Р2.

Первинна дефектація показала:

- у 100 % обстежених гідронасосів мають місце такі дефекти, як зношування верхніх і нижніх платиків торцевого ущільнення та зношення торцевих поверхонь ведучої й веденої шестерень, які формують торцевий зазор в качаючому вузлі насоса.

Подальші дослідження розглядали визначення величин зносів основних деталей і визначення зазорів у з'єднаннях.

Дослідження виду спрацювання робочих поверхонь деталей, які мають 100 % коефіцієнт повторюваності мають гідроабразивне спрацювання (рис. 4.1, 4,2).



Рисунок 4.1 – Зовнішній вид зносу торцевої поверхні платика

Дослідження показали, що зношування платиків торцевого ущільнення відбувається нерівномірно у вигляді ступеньки. Такий характер зношування пояснюється конструктивними особливостями круглих шестеренних насосів, так як у процесі роботи платики встановлюються в пази підтискної обойми підтискаються до шестерень за допомогою манжет, тому зношування носить локальний характер у місцях контакту торців зубів. Із часом, через появу характерної ступеньки відбувається різке збільшення торцевого зазору. Величина зношування перебуває в межах 10...342 мкм.

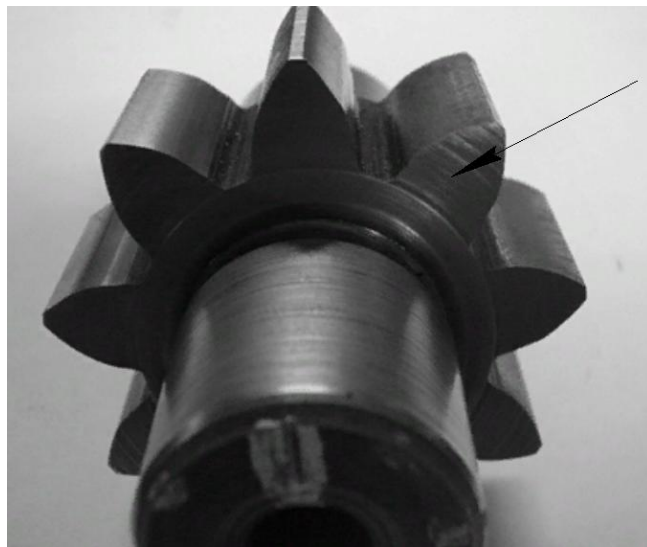


Рисунок 4.2 - Зовнішній вид зносу торцевої поверхні шестерні

Характерною рисою зношування торцевої поверхні шестерні є поява кільцеподібної ризки глибиною до 65 мкм. Розкид величин зношування коливається в межах 5...65 мкм.

Основна причина появи гідроабразивного зношування торців шестерень - це попадання абразивних часток у зазор «торець шестерні - пластик».

Проведені мікрометражні дослідження показали, що до основних причин втрати роботоздатності гідронасосів слід віднести перевищення торцевого зазору вище нормативних вимог у результаті зношування пластиків і торців шестерень.

Установлено також, що зростання торцевого зазору в з'єднанні «шестерня - пластик» є наслідком підвищеного зношування пластика, а зношування цапф шестерень і обойми частково компенсується за допомогою манжети радіального ущільнення, тому, для підвищення ресурсу відремонтованих насосів необхідно знизити коефіцієнт тертя і інтенсивність зношування у відновлюваному з'єднанні «шестерня - пластик».

Насоси модифікації НШ-У. Після проведення вхідного контролю всі агрегати відправлялися на первинну дефектацію, що дозволило виявити характер та вид зношення їх робочих поверхонь, а також коефіцієнт повторюваності дефекту. У таблиці 4.2 представлені основні види дефектів і способи їх усунення.

Таблиця 4.2 - Дефекти деталей шестеренного насоса типу НШ-У

Дефект	Повторюваність дефекту		Спосіб усунення
	коефіцієнт	в %	
Гідроабразивне зношення торцевої поверхні втулки	1,00	100	Електроіскрове наплавлення, доведення під ремонтний розмір
Гідроабразивне зношення на торцях шестірень, задири.	1,00	100	Перешліфовка під ремонтний розмір.

За результатами дефектації можна зробити висновок, що в процесі роботи насоса типу НШ-У деталі торцевого зазору качаючого вузла мають коефіцієнт повторюваності дефекту 1,0. Дослідження показали, що поверхні деталей, які формують торцевий зазор в качаючому вузлі насоса піддані найбільшому зношуванню. Відбувається зношування торцевої поверхні та

зовнішнього діаметра шестірень, через потрапляння абразивних часток у торцевий зазор «шестіря – торцева поверхня втулки». У результаті утворюються кільцеві ризики глибиною до 30 мкм на торцях шестірень і задири на вершинах зубів шестірень.

4.2. Результати залежності між структурними та функціональними параметрами технічного стану насоса НШ-К

Проведення лабораторних досліджень з отримання функціональної залежності між структурними параметрами технічного стану деталей, оброблених епіламом, та функціональними параметрами і наробітком гідронасоса, проводилося з застосуванням стенд КИ-4815М, який призначений для обкатки та випробовування агрегатів гідравлічних систем робочого обладнання мобільних машин сільськогосподарського призначення.

Для визначення об'ємного коефіцієнту подачі нам необхідно виявити фактичну подачу насоса, яка визначається експериментальним шляхом за допомогою стенду КИ-4815М за відомими методиками [5].

Тривалість випробування насосів складала 50...60 год., так як даний період експлуатації характеризується припрацюванням пар тертя і прискореним зношенням деталей. Результати досліджень випробування насосів представлені в (табл.4.3,4.4) та на (рис.4.3,4.4).

Таблиця 4.3 - Результати експериментальних досліджень зміни коефіцієнта подачі насосів НШ-50-2

Час обкатки насоса, год.	Робочий об'єм насоса, $см^3 / об.$	Робочий тиск, $P_p, МПа$	Дійсна подача насоса, $см^3 / об.$	Коефіцієнт об'ємної подачі насоса, η
Насос НШ-50-2 (відновлений під 2-й ремонтний розмір, оброблений епіламом)				
10	50,0	14,0	43,6	0,872
20	50,0	14,0	43,4	0,868
30	50,0	14,0	43,1	0,862
40	50,0	14,0	42,8	0,856
50	50,0	14,0	42,7	0,854
60	50,0	14,0	42,7	0,854

Закінчення табл.4.3

Насос НШ-50-2 (відновлений під 2-й ремонтний розмір, не оброблений епіламом)				
10	50,0	14,0	43,7	0,874
20	50,0	14,0	43,4	0,868
30	50,0	14,0	42,8	0,856
40	50,0	14,0	42,5	0,850
50	50,0	14,0	42,3	0,846
60	50,0	14,0	42,1	0,842

Таблиця 4.4 - Результати експериментальних досліджень зміни коефіцієнта подачі насосів НШ-32-2

Час обкатки насоса, год.	Робочий об'єм насоса, $см^3/об.$	Робочий тиск, $P_p, МПа$	Дійсна подача насоса, $см^3/об.$	Коефіцієнт об'ємної подачі насоса, η
Насос НШ-32-2 (відновлений під 2-й ремонтний розмір, оброблений епіламом)				
10	32,0	14,0	27,9	0,871
20	32,0	14,0	27,6	0,863
30	32,0	14,0	27,4	0,856
40	32,0	14,0	27,1	0,845
50	32,0	14,0	27,0	0,844
60	32,0	14,0	27,0	0,844
Насос НШ-32-2 (відновлений під 2-й ремонтний розмір, не оброблений епіламом)				
10	32,0	14,0	27,8	0,869
20	32,0	14,0	26,6	0,863
30	32,0	14,0	27,1	0,847
40	32,0	14,0	26,8	0,838
50	32,0	14,0	26,6	0,831
60	32,0	14,0	26,4	0,825

Проведений аналіз отриманих результатів показує, що у насосів, деталі качаючих вузлів яких оброблені епіламом, при напрацюванні п'ятдесят годин спостерігається стабілізація подачі насоса (у насоса НШ-50-2 вона становить $42,7 \text{ см}^3/об.$, а НШ-32-2 відповідно $27,0 \text{ см}^3/об.$), тоді як у насосів, які не оброблювалися епіламом, на протязі всього періоду обкатки спостерігається зменшення подачі насоса і період її стабілізації відсутній.

Наглядно отримані функціональні залежності підтверджуються графічно на рис.4.5 та рис.4.6.

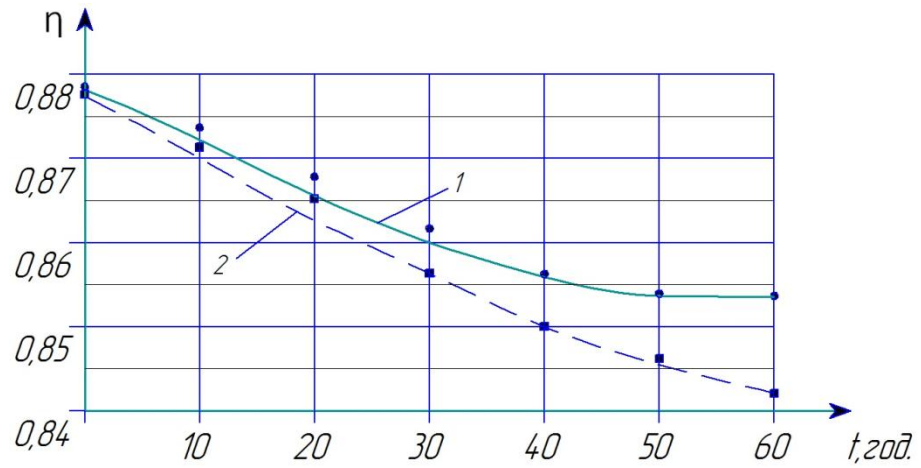


Рис. 4.3 – Залежність коефіцієнта подачі (η) насоса НШ-50-2 від наробітку t : 1 – деталі торцевого зазору качаючого вузла насоса оброблені епіламом; 2. – деталі торцевого зазору качаючого вузла насоса не оброблені епіламом.

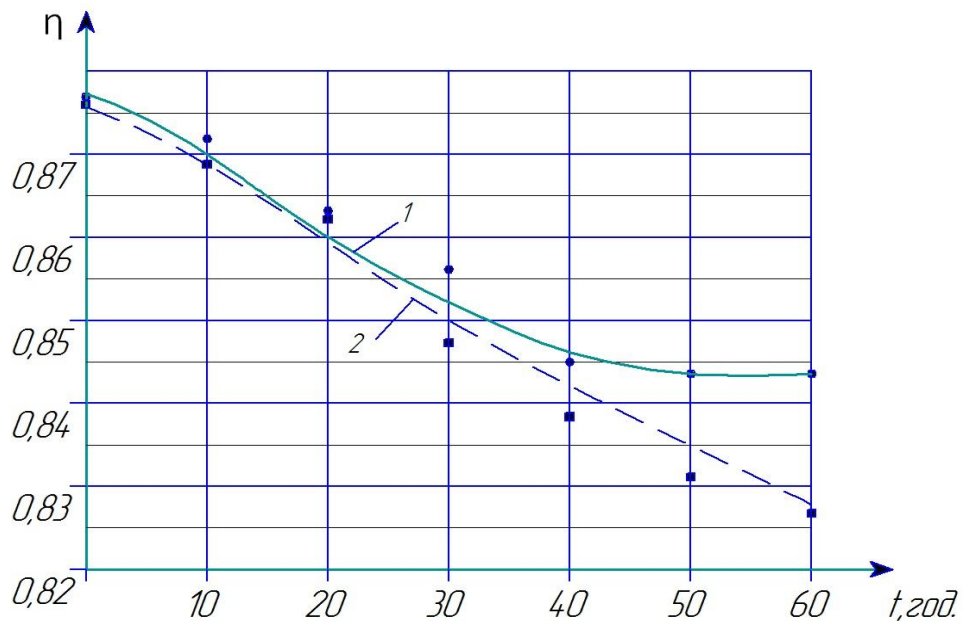


Рис. 4.4 – Залежність коефіцієнта подачі (η) насоса НШ-32-2 від наробітку t : 1 – деталі торцевого зазору качаючого вузла насоса оброблені епіламом; 2. – деталі торцевого зазору качаючого вузла насоса не оброблені епіламом.

Більш детальний аналіз графічної частини показує, що різниця між коефіцієнтами подачі насосів за перші двадцять годин роботи є не значною і обумовлюється загальним припрацюванням деталей і формуванням розмірних ланцюгів в з'єднаннях качаючого вузла за рахунок стабілізації

геометричного положення деталей, що має однакові наслідки для насосів, як оброблених так і не оброблених епіламом.

Послідуюча різниця коефіцієнтів подачі насосів обумовлюється зміною ресурсних параметрів в результаті зношення деталей торцевого зазору качаючого вузла насоса.

При цьому у відремонтованих насосів НШ-50-2, деталі качаючих вузлів яких оброблені епіламом, при наробітку шістдесят годин коефіцієнт подачі на 1,4% перевищує коефіцієнт подачі відремонтованих насосів, які не оброблено епіламом. Для насосів НШ-32-2 даний показник становить 2,25 %.

Більша різниця показника коефіцієнта подачі для насосів НШ-32-2 пояснюється тим, що питомі навантаження, які діють на деталі в спряженнях качаючого вузла, мають більші значення за рахунок менших розмірів площин тертя при заданому тиску робочої рідини та обертів вала, як для насосів з теоретичним робочим об'ємом ($q_m = 50,0 \text{ см}^3 / \text{об.}$) так і для насосів з робочим об'ємом ($q_m = 32,0 \text{ см}^3 / \text{об.}$).

Кращі показники коефіцієнта подачі для насосів, оброблених епіламом, можна пояснити тим, що на поверхні деталей торцевого зазору, які оброблені поверхнево-активними речовинами, формується шар орієнтованих молекул, які радикально міняють енергетичні властивості поверхні деталі не змінюючи її структуру, а лише модифікуючи її, надаючи поверхні антифрикційні, антиадгезійні та захисні властивості.

При цьому геометричні розміри оброблюваної деталі залишаються не змінними, так як товщина захисного шару плівки складає приблизно 40-80 Å (10^{-8} см), що не впливає на розмірний ланцюг качаючого вузла насоса.

4.3 Результати лабораторних досліджень гідронасосів НШ-У

Для порівняння довговічності шестеренних насосів модифікації НШ-У були підготовлені насоси, у яких торцеву поверхню втулки відновлювали електроіскровою обробкою, в якості наплавочних електродів застосовувався

алюмінієвий сплав Ал-11. А також насоси, яких втулки качаючого вузла знаходилися в стані поставки від заводу виробника.

Підготовлені насоси встановлювали на стенд КИ-4815 М і проводили їх обкатку та випробовування згідно методики наведеної в третьому розділі.

Результати функціональної залежності між коефіцієнтом подачі і часом випробування насосу представлені в таблиці 4.5 та на рис.4.5.

Таблиця 4.5 – Результати експериментальних досліджень функціональної залежності між коефіцієнтом подачі і часом випробування насосу

№ досліджу	Коефіцієнт подачі насоса, η	Час випробування насоса, $t, год.$
Експериментальний насос НШ-50У		
1	0,92	10,0
2	0,90	15,0
3	0,89	17,0
4	0,88	22,0
5	0,89	28,0
6	0,89	32,0
7	0,87	38,0
8	0,85	42,0
9	0,83	48,0
10	0,82	52,0
11	0,80	58,0
12	0,78	62,0
13	0,77	68,0
Насос НШ-50У в стані поставки		
1	0,87	10,0
2	0,86	15,0
3	0,84	17,0
4	0,84	22,0
5	0,81	28,0
6	0,80	32,0
7	0,78	38,0
8	0,77	42,0
9	0,75	48,0
10	0,74	52,0
11	0,72	58,0
12	0,71	62,0
13	0,70	68,0

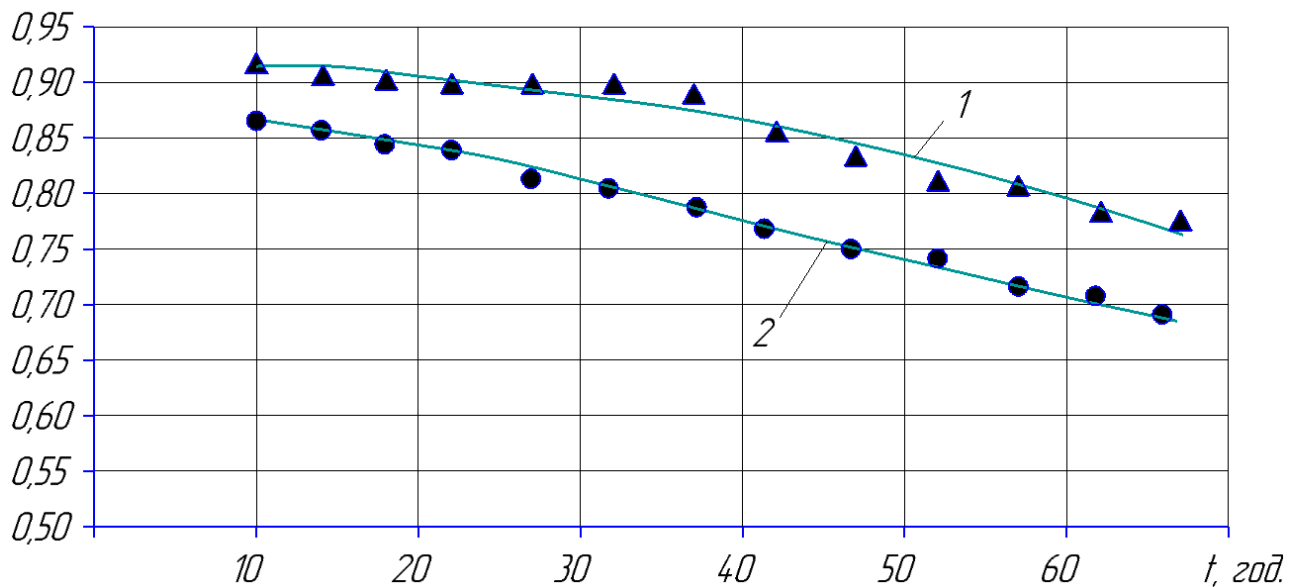


Рисунок 4.5 – Графічна залежність коефіцієнта подачі насоса η від наробітку t : 1.- торцеву поверхню втулки насоса відновлено електроіскровим наплавленням; 2. - торцева поверхня втулки насоса в стані поставки від заводу виробника.

Аналіз результатів досліджень показує, що різниця між коефіцієнтами подачі за перші 10 год. роботи характеризується процесом припрацювання деталей, яке супроводжується зношенням поверхонь деталей, які мають відхилення від шорсткості та геометрії. Подальша зміна між коефіцієнтами подачі обумовлюється далішим процесом зношення деталей спряження «шестерня – торцева поверхня втулки». При наробітку 60 год. коефіцієнт подачі експериментального насоса становить $\eta = 0,80$, що майже на 12,5% перевищує коефіцієнт подачі типового насосу ($\eta = 0,70$). Крива для експериментального насоса має досить пологий характер, це пов'язано з тим, що після припрацювання деталей інтенсивність їх зношення зменшується в результаті зміцнення торцевої поверхні втулок гідронасоса.

Висновки по розділу.

1. В процесі обкатки відремонтованих шестеренних насосів, у яких деталі торцевого зазору качаючих вузлів були оброблені епіламом, при

напрацюванні п'ятдесят годин спостерігається стабілізація їх подачі, яка для насоса НШ-50-2 становить $42,7 \text{ см}^3/\text{об.}$, а для насоса НШ-32-2 відповідно $27,0 \text{ см}^3/\text{об.}$, тоді як у насосів, які не оброблювалися епіламом, на протязі всього періоду обкатки спостерігається зменшення подачі насоса і період її стабілізації відсутній, що пояснюється формуванням на поверхні деталей шару орієнтованих молекул, які радикально міняють енергетичні властивості поверхні, надаючи поверхні антифрикційні, антиадгезійні та захисні властивості.

2. Не значна різниця між коефіцієнтами подачі насосів за перші двадцять годин роботи характеризується загальним припрацюванням деталей торцевого зазору і формуванням розмірних ланцюгів в з'єднаннях качаючого вузла за рахунок стабілізації геометричного положення деталей, що має однакові наслідки для насосів, як оброблених так і не оброблених епіламом.

3. Зростання різниці коефіцієнтів подачі насосів після напрацювання двадцять годин, обумовлюється зміною ресурсних параметрів в результаті зношення деталей качаючого вузла насоса. При цьому у відремонтованих насосів НШ-50-2, деталі качаючих вузлів яких оброблені епіламом, при наробітку шістдесят годин коефіцієнт подачі на 1,4% перевищує коефіцієнт подачі відремонтованих насосів, які не оброблено епіламом. Для насосів НШ-32-2 даний показник становить 2,25 %.

4. Застосування в технологічному процесі ремонту шестеренних насосів модифікації НШ-К операцій для обробки деталей торцевого зазору качаючого вузла епіламом «Полизам-05» підтверджує ефективність застосування поверхнево-активних речовин з метою збільшення післяремонтного ресурсу шестеренних насосів

5. Дослідження довговічності відремонтованих насосів НШ-У за типовою технологією і запропонованою показали, що різниця між коефіцієнтами подачі за перші 10 год. роботи насосів характеризується процесом припрацювання деталей, яке супроводжується зношенням поверхонь деталей, які мають відхилення від шорсткості та геометрії.

Подальша зміна між коефіцієнтами подачі обумовлюється далішим процесом зношення деталей спряження «шестерня – торцева поверхня втулки». При наробітку 60 год. коефіцієнт подачі експериментального насоса становить $\eta = 0,80$, що майже на 12,5% перевищує коефіцієнт подачі типового насоса ($\eta = 0,70$). Крива для експериментального насоса має досить пологий характер, це пов'язано з тим, що після припрацювання деталей інтенсивність їх зношення зменшується в результаті зміцнення торцевої поверхні втулок гідронасоса.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Організація охорони праці в лабораторії з дослідження надійності гідроагрегатів сільськогосподарських машин

Закон України «Про охорону праці» визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи, організації незалежно від форм власності та видів їх діяльності і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

В даній роботі розглядаються питання присвячені дослідженню експлуатаційної надійності шестеренних насосів гідравлічних систем мобільних машин сільськогосподарського призначення, на основі яких розроблюється рекомендація для відновлення їх роботоздатності та ресурсу.

Для проведення експериментальних досліджень в лабораторії виконуються розбирально-складальні, слюсарні та випробувальні роботи. Для їх впровадження необхідно створити умови праці, які значно покращать роботу дослідника, дадуть можливість уникнути травматизму на робочих місцях.

Відповідальність за створення необхідних умов праці в дослідній лабораторії покладається на завідувача кафедрою та безпосередньо на завідувача лабораторії, які створюють умови праці на робочих місцях в відповідності до нормативно-правових актів.

Керівник підрозділу організовує проведення аудиту охорони праці, умов праці при проведенні лабораторних досліджень, оцінку технічного стану виробничого обладнання та устаткування, атестацій робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці в порядку і строки, що визначаються законодавством, та за їх підсумками вживає заходів до усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів.

Дослідник, під час прийняття на роботу та періодично, повинен проходити інструктажі з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

Особливу увагу необхідно звернути на забезпечення належного утримання будівель і споруд, виробничого обладнання та устаткування, моніторинг за їх технічним станом.

До об'єктів підвищеної небезпеки в дослідницькій лабораторії відносяться робочі місця з ремонту гідравлічних насосів та їх випробовування та операції технологічного процесу, які на них виконуються. Такий стан справи обумовлюється проведенням операцій з застосуванням переносного та стаціонарного механізованого обладнання, що обумовлює появу небезпечних та шкідливих факторів в лабораторії.

5.2 Аналіз умов праці та пожежної безпеки в лабораторії з дослідження надійності гідроагрегатів

Для проведення досліджень з надійності гідравлічних рукавів високого тиску в лабораторії організовані робочі місця, які забезпечені необхідним обладнанням. Для очистки гідравлічних рукавів застосовується мийна машина – ОМ-5359, розбирання та складання гідронасосів проводиться на робочому столу – ОРГ-1461, випробовування відновлених гідравлічних насосів проводиться на стенді – КИ-4815М. Площа спеціалізованої ділянки з ремонту гідронасосів складає – 120 м², а об'єм – 864 м², яке відокремлене від інших підрозділів стінами. Основне та допоміжне обладнання розташоване згідно технічних вимог, що забезпечує зберігання вимог для проходів робочих і проїздів електрокар в відповідності до ДБН В.2.2-28:2010 [37].

Приміщення майстерні та безпосередньо дослідницької лабораторії опалюються за допомогою власної котельні, яка розміщується окремо на території університету і забезпечує необхідний температурний режим в лабораторії, в відповідності до вимог згідно ДБН В.2.5-67:2013 [38].

Умови праці в лабораторії відносяться до фізично середньої тяжкості Пб, так як пов'язані з ходьбою і перенесенням ваги до 10 кілограм і обумовлюють енерговитрати організму дослідника в інтервалі 232 – 293 кДж/с, в відповідності до ДСН 3.3.6.042-99 [39].

У спеціалізованій лабораторії з дослідження надійності гідравлічних агрегатів мають місце такі шкідливі фактори як: токсичність парів мінеральних масел, підвищені рівні шуму та вібрацій на робочих місцях, пил.

Джерелами шкідливих парів є гідравлічні мастила, які застосовуються для випробування гідравлічних рукавів на стенді. Пари також можуть виникати із миючих розчинів, які застосовуються для зовнішнього і внутрішнього очищення шлангів, які негативно впливають на організм людини.

Аналіз фактичних значень шкідливих речовин, показує, що концентрація їх у повітрі, в цілому, відповідає ГОСТ 12.1.005-88 [40].

Допустимі рівні шуму на робочих місцях майстерні і безпосередньо в лабораторії не перевищують 80 дБА, що відповідає вимогам згідно ДСН-3.3.6.037-99 [41].

Для якісного проведення робіт на робочих місцях лабораторії застосовується природне і штучне освітлення згідно з ДБН В.2.5-28-2006 [42]. Нормована освітленість в лабораторії, при загальному освітленні, становить 200 лк.

Виробничий процес в лабораторії за вибуховою, вибухово-пожежною та пожежною небезпекою, згідно НАПБ Б.03.002-2007 [43] відноситься до категорії «В - Пожежнонебезпечна», так як в приміщенні знаходяться легкозаймаючі, горючі і важкогорючі речовини і матеріали, питома пожежна навантаження кожного з яких перевищує 180 МДж/м^2 на окремих ділянках площею не менше 10 м^2 .

Будівля майстерні побудована з негорючих матеріалів металокаркасній, залізобетону з цегляними внутрішніми перегородками і, згідно ДБН В.1.1-7-2002, має II ступінь вогнестійкості [44].

Пожежі в лабораторії можуть виникнути в результаті: спалаху паливно-

мастильних матеріалів при попаданні на них іскор електричного механічного походження, дії тепла від нагрітих предметів, під впливом відкритого вогню (клас пожежі - В); спалаху електроустаткування при перевантаженнях, перегрівих і коротких замиканнях (клас пожежі - Е); самозаймання промасленого дрантя (клас пожежі - А).

5.3 Заходи поліпшення умов праці в лабораторії

Для покращення умов праці дослідників і запобіганню травматизму на робочих місцях в лабораторії з дослідження надійності гідравлічних агрегатів необхідно: організувати місцеву примусову вентиляцію для робочого місця з випробування гідронасосів; організувати розміщення технологічного обладнання згідно графіка вантажопотоку агрегатів, які ремонтуються; забезпечити використання спеціальної тари для зберігання паливо-мастильних і експлуатаційних рідин, передбачити повне заземлення споживачів електроенергії; забезпечити зменшення рівня вібрації і шуму при роботі механізованого обладнання постановкою його на віброізоляційні амортизатори; технологічне планування робочих місць проводити в відповідності до вимог з організаційно-технічних вимог; забезпечити робоче місце з контролю технічного стану гідравлічних насосів місцевим освітленням.

Для реалізації вище вказаних заходів проведемо перевірочні розрахунки вентиляції для лабораторії.

Для розрахунку загальнообмінної вентиляції необхідно знати кратність повітрообміну в приміщенні, необхідний об'єм припливу повітря.

Визначимо величину повітрообміну загальнообмінної вентиляції за формулою:

$$W_{\text{п}} = V \cdot \kappa, \quad (5.1)$$

де $W_{\text{п}}$ – повітрообмін для загальнообмінної вентиляції, $\text{м}^3/\text{год}$.;

V – об'єм приміщення м^3 , $V = 864 \text{ м}^3$;

κ – кратність повітрообміну, $1/\text{год}$ ($\kappa = 2..3 \frac{1}{\text{год}}$).

Тоді

$$W_{\Pi} = 864 \cdot 2,5 = 2160 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Величина повітрообміну для місцевих витяжних вентиляційних установок розраховується за виразом:

$$W_3 = V_3 \cdot F \cdot 3600, \quad (5.2)$$

де W_3 – повітрообмін для місцевої вентиляції типу «Зонт» $\text{м}^3/\text{год}$.;

V_3 – середня швидкість в приймальній частині «Зонта» $\text{м}/\text{с}$, ($V_3 = 0,15..0,25$);

F – площа приймальної частини «Зонта», (в лабораторії передбачається установка двох місцевих витяжних вентиляційних установок $F_1 = 0,70 \text{ м}^2$, $F_2 = 0,9 \text{ м}^2$).

Тоді повітрообмін для місцевої вентиляції визначиться:

$$W_3 = 0,2 \cdot 1,60 \cdot 3600 = 1152 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначимо потужність електродвигуна для приводу вентилятора за формулою:

$$N_e = \frac{(1,2..1,5) \cdot W_3 \cdot H_n}{3600 \cdot 10^2 \cdot \zeta_B \cdot \zeta_H}, \quad (5.3)$$

де H_n – тиск повітряного потоку, $\text{Н}/\text{м}^2$, ($H_n = 68 \text{ Н}/\text{м}^2$);

ζ_B – коефіцієнт корисної дії вентилятора, $\zeta_B = 0,55$;

ζ_H – коефіцієнт корисної дії передач, $\zeta_H = 0,9$;

1,2..1,5 - коефіцієнт, що враховує втрати напору повітряного потоку.

Тоді

$$N_e = \frac{1,4 \cdot 1152 \cdot 68}{3600 \cdot 0,55 \cdot 0,9 \cdot 100} \approx 0,6 \text{ кВт}$$

Таким чином для місцевих витяжних установок типу «Зонт» застосуємо електродвигун потужністю 0,6 кВт.

До заходів, що зменшать небезпеку виникнення пожежі в лабораторії, слід віднести: електродвигуни закрити захисними кожухами, що запобігає потраплянню іскор на легко займисті матеріали; перед виконанням розбиральних операцій всі гідравлічні насоси проходять ретельне очищення від нафтопродуктів, і інших легкозаймистих матеріалів; паливно-мастильні матеріали зберігаються в спеціально обладнаних місцях далеко від ремонтних ділянок, і подаються туди тільки в міру необхідності; промаслене ганчір'я після використання збирається в металеві ящики з герметичними кришками, а в кінці зміни вивозиться з ділянки і спалюється в спеціально відведеному місці.

На випадок виникнення пожежі для його гасіння використовуються первинні засоби пожежогасіння - вода технічна, вогнегасники згідно з НАПБ Б.03.001-2004 та НАПБ А.01.001-2004 [45,46].

5.4 Вимоги з охорони праці для робітників, зайнятих складанням, випробуванням, ремонтом і обслуговуванням агрегатів гідравлічних систем

Загальні положення. До самостійної роботи з ремонту, складання, випробування й обслуговування агрегатів гідравлічних систем допускаються особи, що пройшли професійне навчання (слюсарі-ремонтники, слюсарі механоскладальних робіт, слюсарі по складанню металоконструкцій), вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці по даному виду робіт і мають першу групу по електробезпечності. Повторний інструктаж з охорони праці проводиться не рідше одного разу в 3 місяця, інструктаж з електробезпечності - не рідше одного разу на рік.

При виконанні виробничих завдань із ремонту, випробуванню, складанню і обслуговуванню гідросистем на працівника можливий вплив наступних небезпечних і шкідливих факторів:

фізичних - гострі краї, заусениці, шорсткість на поверхнях інструменту обладнання, поразка електричним струмом при роботі на випробувальних стендах, підвищений шум і вібрація, машини та механізми, які рухаються, рухливі частини встаткування, вироби що пересуваються, викиди мастила під тиском через розрив гідросистеми, підвищення або зниження температури навколишнього середовища;

хімічних - наявність аерозолів і рідин, що можуть викликати алергійні наслідки, а також поразка внутрішніх органів і шкірні захворювання.

Працівник повинен негайно сповіщати свого або вищого керівника про нещасний випадок, що відбувся на виробництві або про погіршення стану свого здоров'я, про несправності встаткування, пристосувань і інструмента до початку роботи або під час робочого дня після виявлення несправності.

Вимоги охорони праці перед початком роботи. Перед початком роботи робочий повинен одягти чисті і справні засоби індивідуального захисту. Захисні окуляри повинні бути підібрані по розміру, чистими і не мати тріщин та подряпин.

Робоче місце повинне бути оснащене необхідним устаткуванням, пристосуваннями і інструментом. Проходи бути вільними.

Необхідно провести перевірку зовнішнім оглядом справності обладнання і місцевого освітлення, вентиляції, відсутності оголених кінців електропроводки.

Матеріали, деталі, вироби, вузли трубопроводів, які використовуються в роботі, повинні бути розміщені безпечно та зручно, не перекриваючи проходів і проїздів.

Необхідно перевірити наявність і справність контрольно-вимірювальних приладів (манометрів, витратомірів, термометрів, частотомірів).

Повинна бути проведена перевірка наявності відповідного маркування, написів, пломб на відрегульованих клапанах, манометрах, запобіжних огороженнях або екранах, якщо вони передбачені конструкцією машини.

Вимоги охорони праці під час виконання роботи. При виконанні робіт зі складання, випробування, ремонту й обслуговуванню агрегатів гідравлічних систем, з використанням технологічного обладнання, необхідно виконувати вимоги, які викладені в експлуатаційній документації заводу-виготовлювача, а також інструкції з охорони праці.

Необхідно деталі, вузли і елементи гідросистем в процесі роботи складувати в стійкому положенні.

Перед запуском гідронасоса після закінчення його ремонту і монтажу слід переконатися в правильності з'єднання трубопроводів та гнучких шлангів.

Отвори штуцерів і напірних рукавів, через які можливе витікання робочої рідини при перемиканнях, у тому числі помилкових, повинні бути спрямовані убік або вниз від перевіряючого і при необхідності прикриті, від розбризкування робочої рідини, спеціальними щитками.

Вільні робочі канали трубопроводів, і агрегатів, які перевіряються, повинні бути закриті штатними заглушками, якщо за технологією випробувань їх не потрібно тримати відкритими.

У процесі роботи, перед початком випробування системи і обладнання слід виконати наступні вимоги: установити органи керування у вихідні позиції; максимально розслабити регулюючі пружини запобіжних клапанів; перевірити надійність закріплення виробу в установочних пристосуваннях; перевірити наявність і надійність закріплення передбачених огорожень; зовнішнім оглядом перевірити стан манометрів і наявність пломб; перевірити наявність заземлення електроустаткування; перевірити правильність обертання насосів короткочасним включенням; видалити повітря із системи; перевірити відсутність підтікання робочої рідини в гідравлічній системі; перевірити рівень робочої рідини.

При проведенні випробувань систему відключити в наступних випадках: при руйнуванні або загорянні її елемента; при спрацьовуванні аварійної сигналізації; при відмові вимірювальних приладів; при зростанні тиску вище допустимого; при припиненні подачі робочої рідини; з появою витоків робочої рідини, які перевищують норму, установлену в технічній характеристиці; з появою підвищеного шуму, стукоту, вібрації.

Наступне включення системи дозволяється тільки після усунення несправності.

Забороняється: працювати на гідравлічному стенді зі знятими або не надійно закріпленими захисними екранами й кожухами; включати стенд при несправному заземленні; робити ремонт стенда, який перебуває під напругою; проводити ремонтні роботи на стенді з порушеною електроізоляцією; проводити роботи на несправному стенді; робити перевірки агрегатів при знятих або несправних манометрах; не допускати експлуатацію манометра, якщо стрілка після його відключення не вертається до упорного штифта або (у випадку відсутності штифта) відхиляється від нульового розподілу шкали на значення, які перевищують половину похибки, яка допускається, а також при будь-якому ушкодженні манометра; робити перевірку при температурі масла більше 55°C.

Забороняється усувати витoki, підтягувати болти, гайки і інші з'єднання на гідросистемі, яка перебуває під тиском і під час її роботи.

Мастило, яке пролилося на підлогу, необхідно вчасно видаляти, використовуючи тирсу.

Вимоги охорони праці по закінченню роботи. По закінченню роботи необхідно зібрати інструмент і пристрої, привести їх у належний порядок і скласти у відведене для них місце. Зібрати з верстаків та зі стендів вузли і агрегати і скласти їх у встановлене для них місце.

Знеструмити установку, і вивісити плакат шляхом «Не включати! Працюють люди!», та провести очищення установки, а при необхідності змащення.

Використаний протиральний матеріал зібрати в металевий ящик, який закривається кришкою і слідкувати за його видаленням. Скласти спецодяг у спеціально відведене місце, вимити з милом обличчя і руки теплою водою або прийняти душ.

При передачі зміни повідомити змінника або майстра про всі несправності в роботі обладнання і про вжиті заходи по їх усуненню.

5.5 Дії у надзвичайних ситуаціях. Порядок дій у разі пожежі.

Для випадку пожежонебезпечної ситуації на території майстерні чи на прилеглий до неї території розроблено регламент по усуненню загрози для життя.

1. У випадку виявлення пожежі кожен робітник зобов'язаний: негайно повідомити про це по телефону пожежну охорону (101). При цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, обстановку на пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище; прийняти заходи до евакуації людей, локалізації пожежі та збереження матеріальних цінностей; повідомити директора про надзвичайну ситуацію у разі необхідності викликати інші аварійно-рятувальні служби (медичну, газорятувальну тощо); у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили і засоби; здійснити в разі необхідності відключення електроенергії, зупинення транспортуючих пристроїв, агрегатів, апаратів, зупинку систем вентиляції в аварійному та суміжних з ним і здійснити інші заходи, що сприяють запобіганню розвитку пожежі і задимлення будівлі; організувати зустріч підрозділів пожежної охорони.

2. З прибуттям пожежних підрозділів повинен бути забезпечений безперешкодний доступ їх на територію об'єкта, за винятком випадків, коли відповідними державними нормативними актами встановлений особливий порядок допуску.

3. Після прибуття пожежного підрозділу адміністрація та технічний персонал підприємства, будівлі або споруди зобов'язані брати участь у консультуванні керівника гасіння про конструктивні і технологічні особливості об'єкта, де виникла пожежа, прилеглих будівель та пристроїв, організувати залучення до вжиття необхідних заходів, пов'язаних з ліквідацією пожежі та попередженням її розвитку, сил і засобів об'єкта.

Висновки по розділу.

1. Реалізація заходів з поліпшення умов праці на робочих місцях в дослідницькій лабораторії до яких можна віднести розрахунки для забезпечення вентиляції, встановлення механізованого обладнання на віброізоляційні амортизатори значно покращать умови праці дослідника.

2. Розроблення та дотримання вимог з охорони праці для робітників, зайнятих складанням, випробуванням, ремонтом і обслуговуванням агрегатів гідравлічних систем значно покращить умови його праці при виконанні всіх операцій технологічного процесу, що являється запорукою зростання продуктивності праці та зниження травматизму на робочих місцях.

6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

В результаті проведення досліджень обґрунтовані оптимальні способи відновлення ресурсолімітуючих деталей торцевого зазору качаючих вузлів шестеренних насосів модифікацій НШ-У і НШ-К роздільно-агрегатної гідравлічної системи трактора, розроблені технології їх ремонту.

Економічний ефект визначається із порівняння приведених витрат на відновлення гідравлічного насоса модифікації НШ-У за базовою і розробленою технологіями.

Однією із перспективних технологій відновлення шестеренних насосів модифікації НШ-У, яка забезпечує середній ресурс деталей качаючого вузла на рівні нових, являється застосування системи компенсації торцевого зазору відновленням торцевої поверхні втулки електроіскровою обробкою.

За результатами проведених досліджень рекомендується провести технологічне переоснащення виробничого підрозділу з технічного сервісу агрегатів роздільно-агрегатної гідравлічної системи трактора для проведення робіт з технічного обслуговування та ремонту агрегатів.

Проведення технологічного переоснащення сервісного центру передбачається на базі існуючого виробничого підрозділу, який розміщується безпосередньо в майстерні, що обумовлює відсутність витрат на будівництво сервісного центру.

Запропонована у роботі технологія ремонту насосів потребує додаткового придбання обладнання. Економічна ефективність роботи оцінюється по рівню планового прибутку та рентабельності виробництва робіт з відновлення насосів.

Для впровадження запропонованих заходів необхідно придбати основне обладнання яке наводиться в таблиці 6.1.

№ п/п	Найменування обладнання	Тип, марка	К-ть	Вартість, грн.
1	Установка для електроіскрового наплавлення	«ALIER-31»	1	55 000
2	Тумба-дефектовщика	ОРГ - 1217	1	10000
3	Оснастка технологічна	ОРГ - 1429	1	10000
Всього		-	3	75000

Вихідні данні для обґрунтування економічної ефективності роботи наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2. - Вихідні данні для розрахунку проекту

Показники	Значення показників	
	базові	проектні
Річна програма ремонту, шт.	500	1000
Кількість слюсарів - ремонтників, осіб	1	2
Середньомісячна заробітна плата робітника, грн.	7500	7500
Вартість діючого обладнання для проведення ремонту, грн.	170000	-
Вартість придбаного обладнання, грн.	-	75000
Річні витрати електроенергії, кВт/год	37000	51000
Ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн.	1,96	1,96
Вартість од. ремонту, грн.	750	750

Для проведення економічної оцінки роботи необхідно визначити наступні показники:

1. Вартість проведених ремонтів.

Вартість проведених ремонтів розраховується з врахуванням річної програми ремонту насосів та вартості одного ремонту за виразом:

$$B_p = \eta \cdot B_{OP}, \quad (6.1)$$

де η^B, η^P - відповідно базова і проектна річна програма поточного ремонту ($\eta^B = 500 \text{рем.}$, $\eta^P = 1000 \text{рем.}$);

B_{OP} - вартість одного ремонту, грн. ($B_{OP} = 750 \text{грн.}$);

$$B_p^B = 750 \cdot 500 = 375000 \text{грн.}$$

$$B_p^P = 1000 \cdot 750 = 750000 \text{грн.}$$

2. Експлуатаційні витрати (ЕВ) визначаються за виразом:

$$EB = 3\Pi + A + B_{EL} + B_{PEM} + IB, \quad (6.2)$$

де $ЗП$ - заробітна плата з нарахуванням, грн.;

A - амортизаційні відрахування, грн.;

$V_{ЕЛ}$ - вартість електроенергії, грн.;

$V_{РЕМ}$ - витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування приміщення та обладнання, грн.;

$ІВ$ - інші витрати складають 3% від загальної суми експлуатаційних витрат, грн.

Заробітна плата основних робочих для базового і проектного варіанту з нарахуваннями визначається за виразом:

$$ЗП = ЗП_{СР} \cdot K_{ПР} \cdot 12 + ЗП_{Н}, \quad (6.3)$$

де $ЗП_{СР}$ - середньомісячна заробітна плата робітника, грн.

($ЗП_{СР}^Б = 7500 \text{ грн.}$, $ЗП_{СР}^П = 7500 \text{ грн.}$);

$K_{ПР}$ - кількість основних робітників, чол. (для базового варіанту $K_{ПР}^Б = 1 \text{ чол.}$, для проектного варіанту $K_{ПР}^П = 2 \text{ чол.}$);

$ЗП_{Н}$ - нарахування на зарплату, грн. ($ЗП_{Н} = 0,22 \cdot ЗП$).

$$ЗП^Б = 7500 \cdot 1 \cdot 12 = 90000,0 \text{ грн.}$$

$$ЗП^П = 7500 \cdot 2 \cdot 12 = 180000,0 \text{ грн.}$$

Відповідно нарахування на зарплату визначаються:

$$ЗП_{Н}^Б = 0,22 \cdot 90000,0 = 19800,0 \text{ грн.}$$

$$ЗП_{Н}^П = 0,22 \cdot 180000,0 = 39600,0 \text{ грн.}$$

Тоді заробітна плата з нарахуваннями буде становити:

$$ЗП^B = 90000 + 19800,0 = 109800,0 \text{ грн.}$$

$$ЗП^П = 180000,0 + 39600,0 = 219600,0 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування включають в себе витрати на амортизацію обладнання і приміщення.

Витрати на амортизацію обладнання розраховуються за формулою:

$$A_{OB} = \frac{B_{OB} \cdot H_A}{100}, \quad (6.4)$$

де B_{OB} - балансова вартість обладнання, грн. (для базового варіанту $B_{OB}^B = 170000 \text{ грн.}$, для проектного $B_{OB}^П = B_{OB}^П + B_{OB}^B = 75000 + 170000 = 245000 \text{ грн.}$);

H_A - норма амортизації, % ($H_A = 21,93\%$).

$$A_{OB}^B = \frac{170000 \cdot 21,93}{100} = 37281,0 \text{ грн.}$$

$$A_{OB}^П = \frac{245000 \cdot 21,93}{100} = 53728,5 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію будівлі визначаються за формулою:

$$A_B = \frac{B_B \cdot H_B}{100}, \quad (6.5)$$

де B_B - балансова вартість будівлі, грн. ($B_B = 990000 \text{ грн.}$, як для базового так і для проектного варіанту);

H_B нормативний коефіцієнт амортизаційних відрахувань на приміщення, ($H_B = 7,76\%$).

Тоді

$$A_B = \frac{990000 \cdot 7,76}{100} = 76824,0 \text{ грн.}$$

Загальна вартість амортизаційних відрахувань складе:

$$A = A_{OB} + A_B, \quad (6.6)$$

Тоді

для базового варіанту

$$A^B = 37821,0 + 76824,0 = 114645,0 \text{ грн.}$$

і проектного

$$A^P = 53728,5 + 76824,0 = 130552,5 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію визначаються, виходячи із загальної потужності обладнання і часу його роботи на рік, а також потужності освітлювальних приладів, які працюють на протязі всього робочого дня за виразом:

$$B_{EL} = Q_{EL} + C_{EL}, \quad (6.7)$$

де Q_{EL} - річні витрати електроенергії, $кВт/год.$ (для базового варіанту $Q_{EL}^B = 37000 \text{ кВт/год.}$, для проектного варіанту $Q_{EL}^P = 51000 \text{ кВт/год.}$);

C_{EL} - ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн. ($C_{EL} = 1,96 \text{ грн.}$).

$$B_{EL}^B = 37000 \cdot 1,96 = 72520,0 \text{ грн.}$$

$$B_{EL}^P = 51000 \cdot 1,96 = 99960,0 \text{ грн.}$$

Витрати (B_{PEM}) на поточний ремонт (ПТ) та технічне обслуговування (ТО) складають 30% від суми амортизаційних відрахувань і визначаються за виразом:

$$B_{рем} = \frac{A \cdot 30}{100}, \quad (6.8)$$

Тоді

$$B_{рем}^B = \frac{114645,0 \cdot 30}{100} = 34393,5 \text{ грн.}$$

$$B_{рем}^П = \frac{130552,5 \cdot 30}{100} = 39165,8 \text{ грн.}$$

Інші витрати (ІВ) включають в себе витрати на спецодяг, інструменти, заходи з охорони праці, протипожежні заходи і складають 3% від загальної суми експлуатаційних витрат:

$$ІВ = \frac{ЗП + А + B_{ЕЛ} + B_{РЕМ} \cdot 3}{100}, \quad (6.9)$$

$$ІВ^B = \frac{109800,0 + 114645,0 + 75200,0 + 34393,5 \cdot 3}{100} = 10021,2 \text{ грн.}$$

$$ІВ^П = \frac{219600,0 + 130552,5 + 99960,0 + 39165,8 \cdot 3}{100} = 14678,4 \text{ грн.}$$

Тоді експлуатаційні витрати згідно виразу (6.2) складуть:

$$ЕВ^B = ЗП + А + B_{ЕЛ} + B_{РЕМ} + ІВ,$$

$$ЕВ^B = 109800,0 + 114645,0 + 75200,0 + 34393,5 + 10021,2 = 344059,7 \text{ грн.}$$

$$ЕВ^П = 219600,0 + 130552,5 + 99960,0 + 39165,8 + 14678,4 = 503956,7 \text{ грн.}$$

3. Повна собівартість проведених ремонтів (ПС) визначиться за виразом:

$$ПС = ЕВ \cdot 1,02, \quad (6.10)$$

$$ПС^B = 344059,7 \cdot 1,02 = 350940,9 \text{ грн.}$$

$$ПС^П = 503956,7 \cdot 1,02 = 514035,8 \text{ грн.}$$

4. Загальний прибуток (Π) визначиться за виразом:

$$\Pi = B_{\text{ІПР}} - \text{ПС}, \quad (6.11)$$

$$\Pi^{\text{Б}} = 375000 - 350940,9 = 24059,1 \text{ грн.}$$

$$\Pi^{\text{П}} = 750000 - 514035,8 = 235964,2 \text{ грн.}$$

5. Рівень рентабельності (P) буде дорівнювати:

$$P = \frac{\Pi}{\text{ПС}} \cdot 100\%, \quad (6.12)$$

$$P^{\text{Б}} = \frac{24059,1}{350940,9} \cdot 100\% = 6,9\%$$

$$P^{\text{П}} = \frac{235964,2}{514035,8} \cdot 100\% = 45,9\%$$

6. Додаткові капітальні вкладення (B) визначаються:

$$B = B_{\text{ІПР}} - B_{\text{д}}, \quad (6.13)$$

де $B_{\text{ІПР}}$ - вартість обладнання придбаного і діючого, грн.,

$$(B_{\text{ІПР}} = 245000 \text{ грн.});$$

$B_{\text{д}}$ - вартість діючого обладнання, грн., ($B_{\text{д}} = 170000 \text{ грн.}$).

$$B = 245000 - 170000 = 75000 \text{ грн.}$$

7. Річний економічний ефект (E_p) визначиться за виразом:

8.

$$E_p = \Pi^{\text{П}} - \Pi^{\text{Б}}, \quad (6.14)$$

$$E_p = 235964,2 - 24059,1 = 211905,1 \text{ грн.}$$

8. Термін окупності додаткових вкладень (T_o) буде дорівнювати:

$$T_o = \frac{B}{E_p}, \quad (6.15)$$

$$T_o = \frac{75000,0}{211905,1} \approx 0,4 \text{ року}$$

Основні результати розрахунку представлені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Техніко-економічні показники впроваджуваного проекту

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	Ремонт	Ремонт
Обсяг робіт, од.	500	1000
Кількість основних робітників, осіб	1	2
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	-	75000
Експлуатаційні витрати всього, грн.:	344059,7	503956,7
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	109800,0	219600,0
- амортизаційні відрахування, грн.	114645,0	130552,5
- вартість електроенергії, грн.	72520,0	99960,0
- витрати на ПР та ТО, грн.	34393,5	39165,8
- інші витрати, грн.	10021,2	14678,4
Повна собівартість продукції, грн.	350940,9	514035,8
Загальний прибуток, грн.	24059,1	235964,2
Річний економічний ефект, грн.	-	211905,1
Термін окупності додаткових вкладень, років	-	0,4

Висновок по розділу.

Впровадження розроблених заходів з відновлення насоса модифікації НШ-У дозволить збільшити загальний прибуток до 235964,2 грн., та отримати річний економічний ефект у розмірі 211905,1 грн. при терміні окупності додаткових вкладень за 0,4 року. Наведені розрахунки свідчать про економічну доцільність запропонованих заходів, які розроблені в даній роботі.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Проведення механічних операцій, які не забезпечують задані геометричні розміри і якість робочої поверхні деталі, при виконанні механічної обробки, приводять до зменшення післяремонтної довговічності насоса, що вказує на вагомість точності механічних операцій в технологічному процесі його ремонту з точки зору надійності.

2. Показник ймовірності технічного стану деталей качаючого вузла насоса, які потребують ремонту, знаходиться в інтервалі $P_p = 0,93...0,96$, що обумовлюється наявністю слідів гідроабразивного зношення на їх робочих поверхнях, для усунення яких необхідне застосування відновлювальних та механічних операцій.

3. Найменшу ремонтну технологічність ($P_{p.m.}^{n.o} = 0,31$) мають підтискача та підшипникова обойми, що обумовлюється складністю конфігурацій робочих поверхень, які зношуються, і для відновлення яких необхідно додаткове обладнання і оснастка, що впливає на зменшення показника складності обладнання, а через нього на зменшення показника ремонтної технологічності.

4. Відносно низький показник технологічності платика-замикача ($P_{p.m.}^o = 0,45$), обумовлюється трудомісткістю допоміжних операцій (притирка робочої поверхні платика), об'єм яких становить 25% від трудомісткості основних операцій.

5. На ремонтну технологічність деталей гідравлічних насосів модифікації НШ-К основний вплив мають конструктивні особливості робочих поверхень деталей, а також технології їх ремонту, які формують показник складності обладнання та впливають на трудомісткість допоміжних операцій технологічного процесу.

6. Резервом для покращення показників ремонтної технологічності деталей гідронасосів модифікації НШ-К, які лімітують його ресурс, слід вважати впровадження технологічних процесів, які розроблюються на основі

прогресивних способів відновлення робочих поверхонь деталей, і реалізуються не залежно від характеру та виду їх зношення.

7. Запропоновані методики для дефектації деталей торцевого зазору качаючих вузлів насосів модифікації НШ-У та НШ-К дозволяють підвищити якість контролю технічного стану деталей, служить запорукою для збільшення післяремонтного ресурсу насосів.

8. Методика виявлення взаємозв'язку між структурними параметрами деталей качаючого вузла насоса та його роботоздатністю, яка ґрунтується на порівняльній оцінці роботи насоса без навантаження і з номінальним навантаженням може бути реалізована на спеціалізованих ділянках з ремонту гідравлічних агрегатів для їх передремонтного діагностування.

9. Представлені прилади, устаткування і методики для проведення експериментальних наукових досліджень, дають можливість реалізувати спосіб відновлення ресурсолімітуючих деталей гідронасосів модифікацій НШ-У та НШ-К, а їх фрагменти можуть бути реалізовані в спеціалізованих підрозділах з ремонту гідронасосів.

10. В процесі обкатки відремонтованих шестеренних насосів, у яких деталі торцевого зазору качаючих вузлів були оброблені епіламом, при напрацюванні п'ятдесят годин набувається стабілізація їх подачі, яка для насоса НШ-50-2 становить $42,7 \text{ см}^3/\text{об.}$, а для насоса НШ-32-2 відповідно $27,0 \text{ см}^3/\text{об.}$, тоді як у насосів, які не оброблювалися епіламом, на протязі всього періоду обкатки набувається зменшення подачі насоса і період її стабілізації відсутній, що пояснюється формуванням на поверхні деталей шару орієнтованих молекул, які радикально міняють енергетичні властивості поверхні, надаючи поверхні антифрикційні, антиадгезійні та захисні властивості.

11. Не значна різниця між коефіцієнтами подачі насосів за перші двадцять годин роботи характеризується загальним припрацюванням деталей торцевого зазору і формуванням розмірних ланцюгів в з'єднаннях качаючого

вузла за рахунок стабілізації геометричного положення деталей, що має однакові наслідки для насосів, як оброблених так і не оброблених епіламом.

12. Зростання різниці коефіцієнтів подачі насосів після напрацювання двадцять годин, обумовлюється зміною ресурсних параметрів в результаті зношення деталей качаючого вузла насоса. При цьому у відремонтованих насосів НШ-50-2, деталі качаючих вузлів яких оброблені епіламом, при наробітку шістдесят годин коефіцієнт подачі на 1,4% перевищує коефіцієнт подачі відремонтованих насосів, які не оброблено епіламом. Для насосів НШ-32-2 даний показник становить 2,25 %.

13. Застосування в технологічному процесі ремонту шестеренних насосів модифікації НШ-К операцій для обробки деталей торцевого зазору качаючого вузла епіламом «Полизам-05» підтверджує ефективність застосування поверхнево-активних речовин з метою збільшення післяремонтного ресурсу шестеренних насосів

14. Дослідження довговічності відремонтованих насосів НШ-У за типовою технологією і запропонованою показали, що різниця між коефіцієнтами подачі за перші 10 год. роботи насосів характеризується процесом припрацювання деталей, яке супроводжується зношенням поверхонь деталей, які мають відхилення від шорсткості та геометрії. Подальша зміна між коефіцієнтами подачі обумовлюється далішим процесом зношення деталей спряження «шестерня – торцева поверхня втулки». При наробітку 60 год. коефіцієнт подачі експериментального насоса становить $\eta = 0,80$, що майже на 12,5% перевищує коефіцієнт подачі типового насосу ($\eta = 0,70$). Крива для експериментального насоса має досить пологий характер, це пов'язано з тим, що після припрацювання деталей інтенсивність їх зношення зменшується в результаті зміцнення торцевої поверхні втулок гідронасоса.

15. Детальний розгляд заходів з охорони праці при проведенні робіт зі складання, випробування, ремонту і обслуговування агрегатів гідравлічних систем, дав в можливість виявити шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які можуть мати місце і вказати на заходи, які дають можливість їх усунути,

що також покращить умови роботи та попередить травматизм на робочому місці.

16. Впровадження розроблених заходів з відновлення насоса модифікації НШ-У дозволить збільшити загальний прибуток до 235964,2 грн., та отримати річний економічний ефект у розмірі 211905,1 грн. при терміні окупності додаткових вкладень за 0,4 року. Наведені розрахунки свідчать про економічну доцільність запропонованих заходів, які розроблені в даній роботі.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Автоматический контроль и диагностика систем управления силовыми установками летательных аппаратов / В.М. Васильев, Ю.М. Гусев, А.И. Иванов и др. - М.: Машиностроение, 1989. - 240 с.
2. Башта Т.М. Гидравлические приводы летательных аппаратов [Текст] /.Т. М. Башта -М.: Машиностроение, 1967. -495 с.
3. Раздолин В.М. Агрегаты воздушно-реактивных двигателей. [Текст] /.В. М. Роздолин - М.: Машиностроение, 1973. - 350 с.
4. Юдин Е.М. Шестеренные насосы. -М.: Машиностроение, 1964. - 232 с.
- 5.Буренин В. В. Конструкции шестеренных насосов [Текст] /.В. В. Буренин.-М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1982. - 40 с.
6. Шестеренные насосы. Конструкция и применение / ЦНИИТЭСТРОЙМАШ. - № БП-82-14866. - 1984. - 28 с.
7. Гидравлические шестеренные насосы: конструкция и развитие / ЦНИИТЭСТРОЙМАШ. - № БИ-82-14549. - 23 с.
8. Абрамов Е. И. Элементы гидропривода: Справочник. [Текст] /. Абрамов Е. И - Киев: Техніка, 1977. - 320 с.
- 9.Тетюхин В. И. Эксплуатация и ремонт шестеренных, аксиально-поршневых и пластинчатых насосов. -Л.: Стройиздат, 1974. - 184 с.
10. Агрегаты гидроприводов сельскохозяйственной техники. Технические требования на капитальный ремонт [Текст] / - М.: ГОСНИТИ, 1981 - 160 с.
11. Ачкасов К. А. Справочник начинающего слесаря: Ремонт, регулирование приборов системы питания и гидросистемы тракторов, автомобилей, комбайнов -2-е изд. перераб. и доп. [Текст] / К. А. Ачкасов, В. П. Вегера -М.: Агропромиздат, 1987.-352 с.
12. Абрамов Е. І. Елементи гідроприводу: Довідник. [Текст] / Е. І. Абрамов, К. А. Колесниченко, В. Т. Маслов - Київ: Техніка, 1977. - 320 с
13. Башта Т. М. Гидропривод и гидропневмоавтоматика. [Текст] / Т. М. Башта - М.: Машиностроение, 1972.-320 с.

14. Осипов А.Ф. Объемные гидравлические машины коловратного типа [Текст] / А. Ф. Осипов - М.: Машиностроение, 1971.- 208 с.
15. Вишенский И. И. Исследование работы шестеренных насосов // Пневматика и гидравлика. - М., 1973. - С. 264-273.
16. Селиванский Ю. М. Виброакустические характеристики шестеренных насосов и их использование для анализа рабочего процесса // Труды Николаевского кораблестроительного института. - Николаев, 1973. - Вып. 77. - С. 17-20.
17. Влияние рабочих параметров на пульсацию и уровень шума шестеренных гидронасосов / ЦНИИТЭСТРОЙМАШ. - № БП-82-14895. -М., 1982.-12 с.
18. Исследование характеристик пульсаций нагнетаемого давления в шестеренчатых насосах / ТПП. - № 18341/3. - М., 1987. - 24 с.
19. Виброакустическая активность механизмов с зубчатыми передачами: Сб. статей. - М.: Наука, 1971. - 253 с.
20. Авиационные зубчатые передачи и редукторы. / Под ред. Э. Б. Булгакова -М.: Машиностроение, 1981. - 374 с.
21. Саенко В. П. Исследование зависимостей радиальных нагрузок, объемных и механических потерь от характера распределения давления жидкости в шестеренных насосах: Дисс. ... канд. техн. наук. - Харьков, 1978.- 178 с.
22. Барышев В. И. Повышение надежности и долговечности гидросистем тракторов и дорожно-строительных машин в эксплуатации. - Челябинск: Южно-Уральское кн. изд-во, 1973. - 112 с.
23. Влияние закупоривания жидкости во впадинах между зубьями на шумность работы шестеренных насосов / ТПП, БССР, Минское отд-е, -№ 737/4. - Минск, 1980. - 14 с.
24. Исследование явления запираания жидкости в шестеренчатом насосе / ТПП. - № Б-2172. - М., 1988. - 18 с.
25. Черноиванов В. И. Технология ремонта деталей и узлов сельскохозяйственной техники с применением полимерных материалов [Текст]./ В. И. Черноиванов, В. В. Березникова - М.: ГОСНИТИ, 1975 - 144 с.

26. Черкун В. Е. Ремонт тракторных гидравлических систем [Текст] / В. Е. Черкун - М.: Колос, 1984 - 253 с.
27. Тельнов Н. Ф. Ремонт масляных насосов, фильтров тракторных и комбайновых двигателей. [Текст] / Н. Ф. Тельнов - М.: Колос, 1969 - 71 с.
28. Наливайко В. Н. Прогрессивный способ восстановления шестерен гидронасосов. [Текст] / В. Н. Наливайко, М. И. Черновол - Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1989, № 2, С. 48-50.
29. Буренин В. В. Шестеренные насосы для объемного гидропривода. [Текст] / В. В. Буренин - Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1998, № 8, С. 38-40.
30. Волков Г. М. Холодная молекулярная сварка в ремонтном производстве. [Текст] / Г. М. Волков, А. Б. Гончаров А. Б - Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1996, № 11, С. 25-27.
31. Бабаев И. А. Исследование и разработка технологии восстановления деталей порошковыми композиционными покрытиями: (на примере шестерен насосов типа НШ). Автореф. дисс. канд. техн. наук [Текст] / И. А. Бабаев И.- М.: 1982, 23 с.
32. Литовченко Н. Н. Восстановление изношенных деталей электродуговой металлизацией. [Текст] / Н. Н. Литовченко, Г. Г. Денисов - Техника в сельском хозяйстве, 2001, № 2, С. 32-33.
33. Саидов Р. Б. Восстановление шестерен гидронасосов полимерно-металлическими покрытиями. [Текст] / Р. Б. Саидов - Техника в сельском хозяйстве, 1985, № 10, с. 58.
34. Черноиванов В. И. Технология ремонта деталей и узлов сельскохозяйственной техники с применением полимерных материалов [Текст]./ В. И. Черноиванов, В. В. Березникова - М.: ГОСНИТИ, 1975 - 144 с.
35. Ісаєнко В. Ю. Підвищення експлуатаційної надійності гідравлічних насосів модифікації НШ-К застосуванням епіламних покриттів робочих поверхонь деталей / В. Ю Ісаєнко, П.Т. Мельянцов // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo- Praktycznej " Inżynieria i

technologia. Osiągnięcia naukowe, rozwój, propozycje na rok 2016" (30.12.2016) - Warszawa: Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2016. - S 22-28.

36. Иващенко Н. И. Технология ремонта автомобилей [Текст] / Н. И. Иващенко – Киев, «Вища школа», 1977 – 360 с.

37. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2010 – 245 с.

38. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, Вентиляція та Кондиціонування. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013 – 179 с.

39. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – К.: Держстандарт, 1999. – 31 с.

40. ГОСТ 12.1.005-88. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 43 с.

41. ДСН-3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – К.: Держстандарт, 1999 – 72 с.

42. ДБН В.2.5-28-2006. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінбуд України, 2006 – 87 с.

43. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. – К.: Укр. НДПБ, 2007 – 75 с.

44. ДБН В.1.1.7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003 – 47 с.

45. НАПБ Б.03.001-2004. Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників. К.: МНС України, 2004 – 47 с.

46. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні. – К.: Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій, 2004 – 49 с.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра надійності і ремонту машин

Технологічні методи підвищення зносостійкості деталей торцевих пар тертя шестеренних насосів в умовах сервісних підприємств

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня “Магістр”

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМз-1-19
Соколов Сергій Андрійович
Керівник: к.т.н., доцент
Мельянцов Петро Тимофійович

Дніпро 2021

1

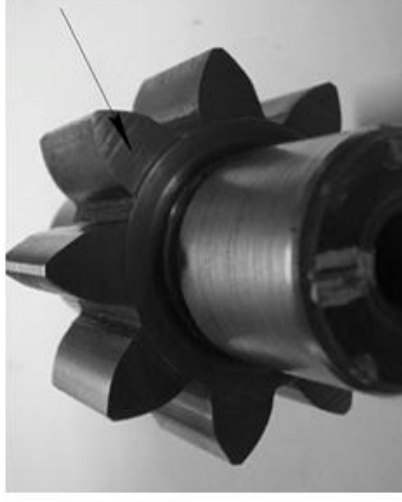
Мета роботи: "Забезпечення післяремонтної довговічності відремонтованих шестеренних насосів, підвищенням зносостійкості деталей торцевих пар тертя шестеренних насосів технологічними методами."

Задачі досліджень:

1. Провести аналіз експлуатаційної надійності насосів та виявити причини втрати їх роботоздатного стану.
2. Дослідити дефекти і зношення деталей торцевого зазору качаючих вузлів шестеренних насосів.
3. Розглянути фактори, що визначають ресурс гідронасосів та провести оцінку ремонтної технологічності деталей шестеренного насоса.
4. Розробити методику експериментальних досліджень по виявленню взаємозв'язку між структурними параметрами качаючого вузла насоса і коефіцієнтом його подачі.
5. Обґрунтувати технологічні заходи з підвищення довговічності деталей торцевого зазору качаючих вузлів шестеренних насосів.
6. Експериментально розглянути функціональний взаємозв'язок між структурними параметрами технічного стану деталей торцевого зазору качаючих вузлів шестеренних насосів і їх технічним ресурсом.



Гідроабразивне зношення торцевої
поверхні платика



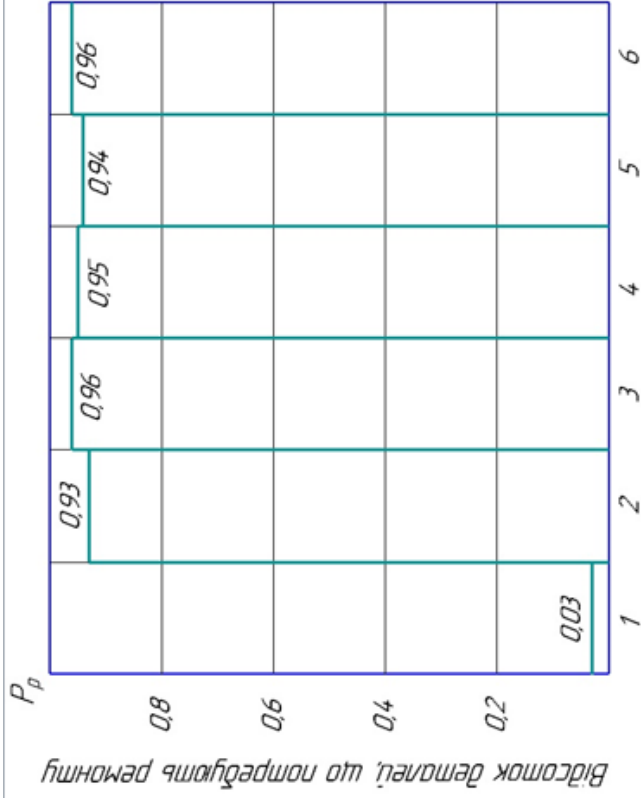
Гідроабразивне зношення торцевої
поверхні шестерні



Гідроабразивне спрацювання
торця втулки насоса НШ-У

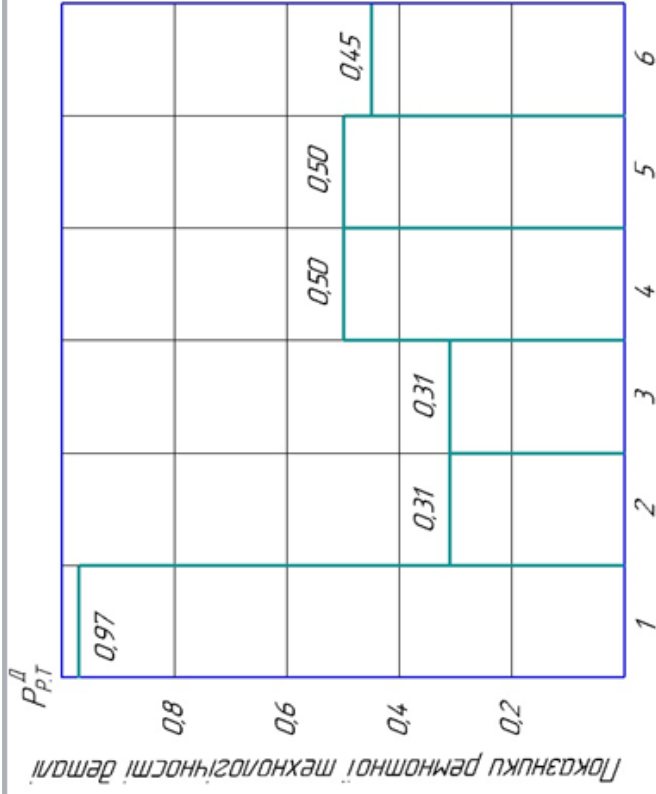


Гідроабразивне зношення цапф введеної
шестерні і її торця зубів насоса НШ-У³



№ п/п	Найменування деталі	Деталь являється придатною без ремонту R_n .	Деталь потребує ремонту R_p .	Деталь непридатна $R_{н.п.}$.
1	Корпус гідронасоса	0,95	0,03	0,02
2	Підтиска обійма	0	0,93	0,07
3	Підшипникова обійма	0	0,96	0,04
4	Ведуча шестерня	0	0,95	0,05
5	Ведена шестерня	0	0,94	0,06
6	Пластики-замікачі	0	0,96	0,04

Ймовірності технічного стану деталей гідравлічних насосів



Найменування деталі	Критерії, які характеризують ремонтну технологічність								
	P_n	P_p	$\sum_{i=1}^m f_i \cdot K_{xi}$	$\sum_{j=1}^z f_j^{дан} \cdot K_{xj}$	K_k	K_o	K_e	$P_{p.m.}^d$	
1. Корпус гідронасоса	0,95	0,03	0,924	0,150	0,77	1,0	0,59	0,97	
2. Підтиска обойма	0	0,93	1,83	0,54	0,77	0,73	0,59	0,31	
3. Підшипникова обойма	0	0,96	1,62	0,53	0,77	0,73	0,59	0,31	
4. Ведуча шестерня	0	0,95	2,15	0,27	0,77	1,0	0,59	0,50	
5. Ведена шестерня	0	0,94	1,99	0,20	0,77	1,0	0,59	0,50	
6. Платики-замікачі	0	0,96	0,64	0,16	0,77	1,0	0,59	0,45	

Результати оцінки ремонтної технологічності деталей



Експериментальний насос НШ-50-К встановлений на стенді КИ-4815М для проведення експериментальних досліджень.



Загальний вид панелі керування і контролю показників стенда КИ-2815М.

Дефект	Коефіцієнт повторюваності дефекту	Спосіб усунення
Зношування платиків	1,00	Перешліфовка під ремонтний розмір, P1, P2.
Зношування торців ведучої і веденої шестерень	1,00	Перешліфовка під ремонтний розмір, P1, P2.

Характерні дефекти круглого шестеренного насоса (НШ-К)



Методика замірювання товщини платика-замикача

Дефект	Повторюваність дефекту		Спосіб усунення
	коефіцієнт	в %	
Гідрообразивне зношення торцевої поверхні втулки	1,00	100	Електроіскрове наплавлення, доведення під ремонтний розмір
Гідрообразивне зношення на торцях шестерень, задири.	1,00	100	Перешліфовка під ремонтний розмір.

Дефекти деталей шестеренного насоса типу НШ-У



Методика замірювання довжини зубів шестерень

Загальний вид модернізованої установки
«ALIER-31»:

1 – генератор;

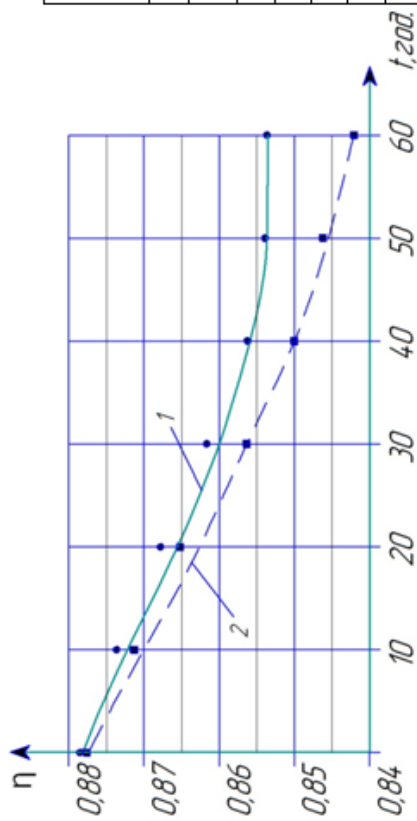
2-кабель;

3 – електромагнітний вібратор.



Найменування параметра	Режими установки				
	1	2	3	4	5
Середнє значення зарядного струму, А	0,3	0,4	0,6	2,6	3,8
Амплітуда напруги на накопичувальному конденсаторі, В	45	67	67	96	96
Ємність накопичувальних конденсаторів, МКФ $\pm 30\%$	60 ± 20	60+20	60+20	360 ± 120	360 ± 120
Енергія розряду, Дж	0,06	0,13	0,28	0,81	1,66

Основні енергетичні характеристики
установки

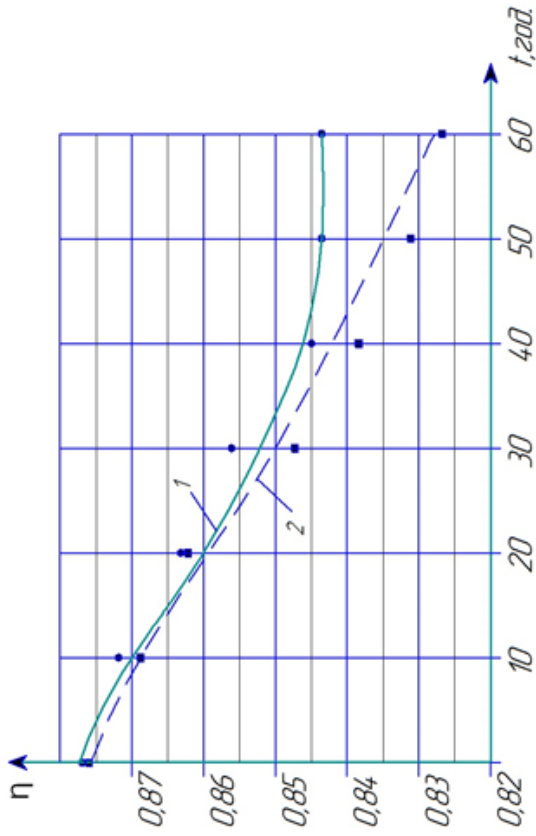


Залежність коефіцієнта подачі (η) насоса НШ-50-2 від наробітку:

- 1 – деталі торцевого зазору качаючого вузла насоса оброблені епіламом;
2. – деталі торцевого зазору качаючого вузла насоса не оброблені епіламом.

Час обкатки насоса, год.	Робочий об'єм насоса, см ³ /об.	Робочий тиск, Р, МПа	Дійсна подача насоса, см ³ /об.	Коефіцієнт об'ємної подачі насоса, η
1	2	3	4	5
Насос НШ-50-2 (відремонтований під 2-й ремонтний розмір, епіламом)				
10	50,0	14,0	43,6	0,872
20	50,0	14,0	43,4	0,868
30	50,0	14,0	43,1	0,862
40	50,0	14,0	42,8	0,856
50	50,0	14,0	42,7	0,854
60	50,0	14,0	42,7	0,854
Насос НШ-50-2 (відремонтований під 2-й ремонтний розмір, не оброблений епіламом)				
10	50,0	14,0	43,7	0,874
20	50,0	14,0	43,4	0,868
30	50,0	14,0	42,8	0,856
40	50,0	14,0	42,5	0,850
50	50,0	14,0	42,3	0,846
60	50,0	14,0	42,1	0,842

Результати експериментальних досліджень зміни коефіцієнта подачі насосів НШ-50-2



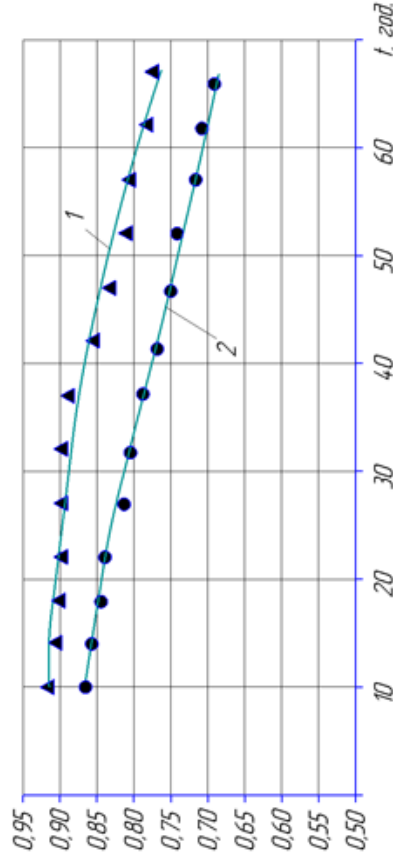
Залежність коефіцієнта подачі (η) насоса НШ-32-2 від наробітку:

- 1 – деталі торцевого зазору качаючого вузла насоса оброблені епіламом;
2. – деталі торцевого зазору качаючого вузла насоса не оброблені епіламом.

Час обкатки насоса, год.	Робочий об'єм насоса, $\text{см}^3/\text{об.}$	Робочий тиск, $P, \text{МПа}$	Дійсна подача насоса, $\text{см}^3/\text{об.}$	Коефіцієнт об'ємної подачі насоса, η
1	2	3	4	5
Насос НШ-32-2 (відновлений під 2-й ремонтний розмір, епіламом)				
10	32,0	14,0	27,9	0,871
20	32,0	14,0	27,6	0,863
30	32,0	14,0	27,4	0,856
40	32,0	14,0	27,1	0,845
50	32,0	14,0	27,0	0,844
60	32,0	14,0	27,0	0,844
Насос НШ-32-2 (відновлений під 2-й ремонтний розмір, не оброблений епіламом)				
10	32,0	14,0	27,8	0,869
20	32,0	14,0	26,6	0,863
30	32,0	14,0	27,1	0,847
40	32,0	14,0	26,8	0,838
50	32,0	14,0	26,6	0,831
60	32,0	14,0	26,4	0,825

Результати експериментальних досліджень зміни коефіцієнта подачі насосів НШ-32-2

Результати експериментальних досліджень функціональної залежності між коефіцієнтом подачі і часом випробування насоса.



Графічна залежність коефіцієнта подачі насоса (η) від наробітку:

- 1.- торцеву поверхню втулки насоса відновлено електроіскровим наплавленням;
- 2. - торцева поверхня втулки насоса в стані поставки від заводу виробника.

№ досліду	Коефіцієнт подачі насоса, η	Час випробування насоса, т.год.	
		Експериментальний насос НШ-50У	Насос НШ-50У в стані поставки
1	0,92	10,0	10,0
2	0,90	15,0	15,0
3	0,89	17,0	17,0
4	0,88	22,0	22,0
5	0,89	28,0	28,0
6	0,89	32,0	32,0
7	0,87	38,0	38,0
8	0,85	42,0	42,0
9	0,83	48,0	48,0
10	0,82	52,0	52,0
11	0,80	58,0	58,0
12	0,78	62,0	62,0
13	0,77	68,0	68,0

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	Ремонт	Ремонт
Обсяг робіт, од.	500	1000
Кількість основних робітників, осіб	1	2
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	-	75000
Експлуатаційні витрати всього, грн.:	344059,7	503956,7
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	109800,0	219600,0
- амортизаційні відрахування, грн.	114645,0	130552,5
- вартість електроенергії, грн.	72520,0	99960,0
- витрати на ІП та ГО, грн.	34393,5	39165,8
- інші витрати, грн.	10021,2	14678,4
Повна собівартість продукції, грн.	350940,9	514035,8
Загальний прибуток, грн.	24059,1	235964,2
Річний економічний ефект, грн.	-	211905,1
Термін окупності додаткових вкладень, років	-	0,4

1. Проведення механічних операцій, які не забезпечують задані геометричні розміри і якість робочої поверхні деталі, при виконанні механічної обробки, приводять до зменшення післяремонтної довговічності насоса, що вказує на вагомість точності механічних операцій в технологічному процесі його ремонту з точки зору надійності.
2. Показник ймовірності технічного стану деталей качаючого вузла насоса, які потребують ремонту, знаходиться в інтервалі $P_p = 0,93 \dots 0,96$, що обумовлюється наявністю слідів гідроабразивного зношення на їх робочих поверхнях, для усунення яких необхідне застосування відновлювальних та механічних операцій.
3. Найменшу ремонтну технологічність ($P_{p,m}^{n.o} = 0,31$) мають підтиска та підшипникова обойми, що обумовлюється складністю конфігурації робочих поверхонь, які зношуються, і для відновлення яких необхідно додаткове обладнання і оснастка, що впливає на зменшення показника складності обладнання, а через нього на зменшення показника ремонтної технологічності.
4. Відносно низький показник технологічності платика-замикача ($P_{p,m}^o = 0,45$), обумовлюється трудомісткістю допоміжних операцій (притирка робочої поверхні платика), об'єм яких становить 25% від трудомісткості основних операцій.
5. На ремонтну технологічність деталей гідравлічних насосів модифікації НШ-К основний вплив мають конструктивні особливості робочих поверхонь деталей, а також технології їх ремонту, які формують показник складності обладнання та впливають на трудомісткість допоміжних операцій технологічного процесу.
6. Резервом для покращення показників ремонтної технологічності деталей гідронасосів модифікації НШ-К, які лімітують його ресурс, слід вважати впровадження технологічних процесів, які розроблюються на основі прогресивних способів відновлення робочих поверхонь деталей, і реалізуються не залежно від характеру та виду їх зношення.

7. Запропоновані методики для дефектації деталей торцевого зазору качаючих вузлів насосів модифікації НШ-У та НШ-К дозволяють підвищити якість контролю технічного стану деталей, служить запорукою для збільшення післяремонтного ресурсу насосів.
8. Методика виявлення взаємозв'язку між структурними параметрами деталей качаючого вузла насоса та його роботоздатністю, яка ґрунтується на порівняльній оцінці роботи насоса без навантаження і з номінальним навантаженням може бути реалізована на спеціалізованих дільницях з ремонту гідравлічних агрегатів для їх передремонтного діагностування.
9. Представлені прилади, устаткування і методики для проведення експериментальних наукових досліджень, дають можливість реалізувати спосіб відновлення ресурсолімітуючих деталей гідронасосів модифікацій НШ-У та НШ-К, а їх фрагменти можуть бути реалізовані в спеціалізованих підрозділах з ремонту гідронасосів.
10. В процесі обкатки відремонтованих шестеренних насосів, у яких деталі торцевого зазору качаючих вузлів були оброблені епіламом, при напруцюванні п'ятдесят годин наблюдається стабілізація їх подачі, яка для насоса НШ-50-2 становить $42,7 \frac{\text{см}^3}{\text{об}}$, а для насоса НШ-32-2 відповідно $27,0 \frac{\text{см}^3}{\text{об}}$, тоді як у насосів, які не оброблювалися епіламом, на протязі всього періоду обкатки наблюдається зменшення подачі насоса і період її стабілізації відсутній, що пояснюється формуванням на поверхні деталей шару орієнтованих молекул, які радикально міняють енергетичні властивості поверхні, надаючи поверхні антифрикційні, антиадгезійні та захисні властивості.
11. Не значна різниця між коефіцієнтами подачі насосів за перші двадцять годин роботи характеризується загальним припруцюванням деталей торцевого зазору і формуванням розмірних ланцюгів в з'єднаннях качаючого вузла за рахунок стабілізації геометричного положення деталей, що має однакові наслідки для насосів, як оброблених так і не оброблених епіламом.

12. Зростання різниці коефіцієнтів подачі насосів після напрацювання двадцять годин, обумовлюється зміною ресурсних параметрів в результаті зношення деталей качаючого вузла насоса. При цьому у відремонтованих насосів НШ-50-2, деталі качаючих вузлів яких оброблені епіламом, при наробітку шістьдесят годин коефіцієнт подачі на 1,4% перевищує коефіцієнт подачі відремонтованих насосів, які не оброблено епіламом. Для насосів НШ-32-2 даний показник становить 2,25 %.
13. Застосування в технологічному процесі ремонту шестеренних насосів модифікації НШ-К операцій для обробки деталей торцевого зазору качаючого вузла епіламом «Полизам-05» підтверджує ефективність застосування поверхнево-активних речовин з метою збільшення післяремонтного ресурсу шестеренних насосів
14. Дослідження довговічності відремонтованих насосів НШ-У за типовою технологією і запропонованою показали, що різниця між коефіцієнтами подачі за перші 10 год. роботи насосів характеризується процесом припрацювання деталей, яке супроводжується зношенням поверхонь деталей, які мають відхилення від шорсткості та геометрії. Подальша зміна між коефіцієнтами подачі обумовлюється далшим процесом зношення деталей спряження «шестерня – торцева поверхня втулки». При наробітку 60 год. коефіцієнт подачі експериментального насоса становить $\eta = 0,80$, що майже на 12,5% перевищує коефіцієнт подачі типового насосу ($\eta = 0,70$). Крива для експериментального насоса має досить пологий характер, це пов'язано з тим, що після припрацювання деталей інтенсивність їх зношення зменшується в результаті зміцнення торцевої поверхні втулок гідронасоса.

15. Детальний розгляд заходів з охорони праці при проведенні робіт зі складання, випробування, ремонту і обслуговування агрегатів гідравлічних систем, дав в можливість виявити шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які можуть мати місце і вказати на заходи, які дають можливість їх усунути, що також покращить умови роботи та попередить травматизм на робочому місці.
16. Впровадження розроблених заходів з відновлення насоса модифікації НШ-У дозволить збільшити загальний прибуток до 235964,2 грн., та отримати річний економічний ефект у розмірі 211905,1 грн. при терміні окупності додаткових вкладень за 0,4 року. Наведені розрахунки свідчать про економічну доцільність запропонованих заходів, які розроблені в даній роботі.

MONOGRAFIA
POKONFERENCYJNA

SCIENCE,
RESEARCH, DEVELOPMENT #36

TECHNICS AND TECHNOLOGY.

London

29.12.2020 - 30.12.2020

SPIS/СОДЕРЖАНИЕ

ОЦІНКА РЕМОНТНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА МОДИФІКАЦІЇ НШ-К ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ ТРАКТОРА	
Соколов С. А., Мельянцов П.Т.	42
РЕАЛИЗАЦИЯ ПРИНЦИПОВ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭНЕРГОЁМКИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	
Сажин В.Б.	51
ТЕОРЕМА БАЙЕСА НА ПРИКЛАДІ ЗАТРИМОК ТРАНСПОРТУ	
Гриненко А. О., Олійник О. В.	60
PARADOX OF MONTY HALL AS MODEL OF REAL PROCESSES	
Liutova K.	63
ОСНОВИ ТЕОРІЇ ДЕМПСТЕРА-ШАФЕРА	
Коба Ю.Ю., Олійник О.В.	65
ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ТЕКСТИЛЬНЫХ ВОЛОКОН, ОБРАБОТАННЫХ В БУРЕ	
Шарабидзе М.Р., Гогинови К.М., Хвадагиани Л.С.	69
О ВОССТАНОВЛЕНИИ МОНООКСИДА МАРГАНЦА МОНООКСИДОМ УГЛЕРОДА	
Пантейков С. П.	73

ОЦІНКА РЕМОНТНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ШЕСТЕРЕННОГО НАСОСА МОДИФІКАЦІЇ НШ-К ГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ ТРАКТОРА

Соколов С. А.,

Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, магістрант кафедри «Надійність і ремонт машин»

Мельянцов П.Т.,

кандидат технічних наук, доцент, Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, доцент кафедри «Надійність і ремонт машин»

Ключові слова: насос шестеренний, гідравлічна система, ремонтна технологічність, гідроабразивне зношення, технологія ремонту.

Keywords: gear pump, hydraulic system, repair manufacturability, hydroabrasive wear, repair technology.

Досягнення високого технічного рівня тракторів і сільськогосподарських машин тісно пов'язане з підвищенням робочих параметрів їх гідравлічних систем, визначаючим для яких являється продуктивність шестеренного насоса. На сьогоднішній день в гідравлічних системах тракторів широке застосування знайшли насоси модифікації НШ-К, що обумовлюється їх конструктивними особливостями, які забезпечують більшу експлуатаційну довговічність за рахунок конструктивних особливостей, до яких слід віднести наявність в качаючому вузлі систем компенсації торцевого і радіального зазорів при їх зростанні в результаті зношення деталей [1,2].

Аналіз роботи тракторів, в гідравлічних системах яких застосовуються насоси модифікації НШ-К, показав, що в умовах рядової експлуатації відсоток відмов, які припадають на насоси, досягає 30% [3].

Також вдалось встановити, що за своїм характером відмови розподіляються наступним чином: зношення деталей качаючого вузла-70-75%; порушення герметичності в з'єднанні «кришка-корпус» – 10-11%; порушення герметичності в спряженні «манжета-вал ведучої шестерні» – 10-11%, пошкодження деталей – 3-10%

Являється явним, що такі відмови в насосі, як порушення герметичності, усуваються заміною ущільнювальних кілець та манжет, а зношення деталей качаючого вузла потребує для відновлення їх роботоздатності застосування поточного або капітального ремонтів.

Як правило, тривалість ремонтних дій характеризується обумовлює простоювання трактора. Втрати часу пов'язані з відновленням роботоздатного стану гідравлічного насосу в значній мірі будуть обумовлюватися ремонтною техноло-

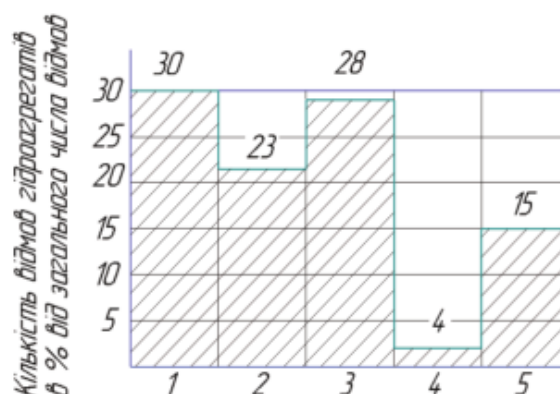


Рис. 1. – Кількість відмов основних елементів гідросистеми [3]: 1 – гідронасос; 2. – гідророзподільник; 3 – гідроциліндр; 4 – фільтр робочої рідини; 5 – рукава гідравлічні.

гічністю його деталей, технічною підготовкою виробничого підрозділу, який спеціалізується по ремонту гідронасосів, а також прийнятими технологічними процесами для ремонту та відновлення їх деталей.

Аналіз технологічних процесів, які реалізуються для відновлення робоздатного стану гідронасосів, проводиться в роботах [1,2,4]. В них в основному розглядаються загальні технологічні процеси, які знайшли реалізацію на ремонтних підприємствах, їх ефективність з точки зору довговічності. При цьому, не достатньо звернуто увагу на функціональну залежність між ремонтною технологічністю деталей і способами їх ремонту, які забезпечують необхідну післяремонтну довговічність.

В цілому, проведений аналіз технологічних процесів, показує, що вони сформовані без врахування оцінки ремонтної технологічності деталей гідронасоса, реалізація якої забезпечить зниження трудомісткості ремонтних робіт та їх собівартості і забезпечить необхідну післяремонтну довговічність.

Метою роботи є – визначення факторів, які впливають на оцінку ремонтної технологічності ресурсолімітуючих деталей гідравлічних насосів і обґрунтування заходів з впливу на них, для підвищення ефективності технологічних процесів з їх ремонту.

Оцінка ремонтної технологічності деталей характеризується пристосованістю їх до відновлення робоздатного стану. На ремонтну технологічність деталей впливають конструктивні і технологічні особливості, ступінь зношення і пошкодження.

Для визначення критеріїв оцінки ремонтної технологічності деталей розглянемо наступні види ремонтних дій. Роботи пов'язані з відновленням робочих поверхонь деталей (технологічні процеси підготовки деталі до нарощування нового шару металу, механічна обробка для придання деталі необхідного розміру та фізико-механічних властивостей і якості робочій поверхні тертя). Ці

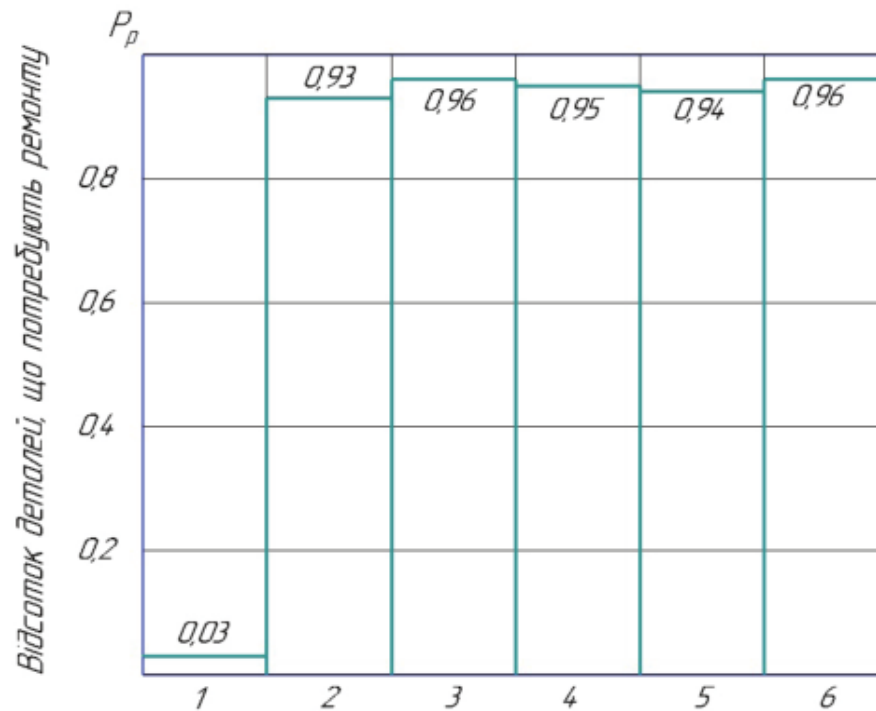


Рис. 2 – Ймовірність технічного стану ресурсолітуючих, які потребують ремонту: 1 – корпус гідронасоса; 2 – підтиска обійма; 3 – підшипникова обійма; 4 – ведуча шестерня; 5 – ведена шестерня; 6 – платики-замикачі.

операції являються основними, а трудомісткість їх виконання складе (t^{oc}). Одночасно в процесі ремонту деталей виникають допоміжні операції, проведення яких обумовлено необхідністю створення нових установчих баз, допоміжних контрольних операцій пов'язаних з особливістю конструкції деталі, і які не передбачені технологією їх виготовлення. Їх трудомісткість складе ($t^{дон}$).

Для визначення впливу конструкції і технології виготовлення деталі на її ремонтну технологічність представимо всю трудомісткість з відновлення роботоzдатності в наступному вигляді:

$$t^{a.p} = t^{oc} + t^{дон}, \quad (1)$$

де $t^{a.p}$ – трудомісткість відновлення роботоzдатного стану деталі, год .

t^{oc} – трудомісткість робіт, направлених на відновлення роботоzдатного стану деталі, які передбачені конструктивними особливостями деталі, год .

$t^{дон}$ – трудомісткість робіт, що витрачається при відновленні роботоzдатного стану деталі, не передбачених конструкцією і технологією її виготовлення, $\text{люд.} \cdot \text{год}$.

Для виявлення впливу технічного стану деталей, що поступають до ремонту, на їх ремонтну технологічність необхідно визначити ймовірність появи наступних несумісних дій: деталь являється придатною без ремонту P_n ; деталь потребує ремонту P_p ; деталь непридатна $P_{n,n}$. Згідно теореми суми ймовірностей: $P_n + P_p + P_{n,n} = 1$, значення цих ймовірностей визначається за виразами [5]:

Таблиця 1
Ймовірності технічного стану деталей гідравлічних насосів

№ п/п	Найменування деталі	Деталь являється придатною без ремонту P_n	Деталь потребує ремонту P_p	Деталь непридатна P_{nn}
1	Корпус гідронасоса	0,95	0,03	0,02
2	Підтискна обойма	0	0,93	0,07
3	Підшипникова обойма	0	0,96	0,04
4	Ведуча шестерня	0	0,95	0,05
5	Ведена шестерня	0	0,94	0,06
6	Пластики-замикачі	0	0,96	0,04

$$P_n = \frac{n_n}{n_z}; P_p = \frac{n_p}{n_z}; P_{nn} = \frac{n_{nn}}{n_z}, \quad (2)$$

де n_z – загальна кількість деталей одного найменування, які поступають до ремонту, од;

n_n – кількість придатних без ремонту деталей, од;

n_p – кількість деталей, які потребують ремонту, од;

n_{nn} – кількість непридатних деталей, які потребують заміни, од.

В процесі ремонту гідравлічних насосів модифікації НШ-К, основний об'єм робіт припадає на відновлення деталей спряжень качаючого вузла: «підшипникова обойма-цапфа шестерні», «підтискна обойма-цапфа шестерні», «пластик-торець зуба», «підтискна обойма-головка зуба».

В зв'язку з цим, нами проводився аналіз технічного стану гідравлічних насосів, які поступали до ремонту. Ймовірність технічного стану деталей визначалася проведенням дефектувальних робіт за відомими методиками [1,2,4]. Результати ймовірностей технічного стану деталей гідравлічних НШ-К представлені в табл.1 і на рис.2.

Проведений аналіз отриманих результатів показує, що найбільшу ймовірність в потребі ремонту, яка знаходиться в інтервалі $P_p = 0,93...0,96$, мають деталі качаючого вузла. Це обумовлюється тим, що на робочих поверхнях всіх деталей мають місце сліди гідроабразивного спрацювання, для усунення яких, необхідне застосування шліфувальних або притирочних операцій, при відновленні деталей способом ремонтних розмірів, або відновлювальних операцій з послідуною механічною обробкою.

Кількість деталей, технічний стан яких відновлюється, обумовлюється технологією відновлювальних робіт. На спеціалізованих підприємствах для відновлення робочих поверхонь деталей застосовується спосіб ремонтних розмірів для деталей спряження «підшипникова обойма-цапфа шестерні», «підтискна обойма-цапфа шестерні», «пластик-замикач-торець зуба», «підтискна обойма-головка зуба».

При значному зношенні такі деталі, як підтискна і підшипникова обойми відновлюються з застосуванням аргонодугового наплавлення з послідуною механічною обробкою під ремонтний розмір, а інші деталі з'єднань оброблюються механічно під ремонтний розмір. Так, у шестерень шліфуються поверхні цапф та торцева поверхня зуба шестерні під ремонтний розмір, а у платиків-замикачів робоча поверхня шліфується, а потім притирається під ремонтний розмір за його висотою.

Кількісна оцінка ремонтної технологічності деталі визначеного найменування буде формуватися з врахуванням її технічного стану при поступанні до ремонту, пристосованості її конструкції і технології виготовлення до відновлення, складності ремонтного обладнання та економічної доцільності ремонту. З врахуванням вище наведених факторів показник ремонтної технологічності можна визначити за виразом [5]:

$$P_{p.m.}^{\partial} = P_n + P_p \frac{\sum_{i=1}^m t_i^{oc} \cdot K_{ki}}{\sum_{i=1}^m t_i^{oc} \cdot K_{ki} + \sum_{j=1}^z t_j^{\partial on} \cdot K_{kj}} K_o \cdot K_e \quad (3)$$

m – кількість основних операцій, які застосовуються для відновлення роботоздатності деталі, *од*;

z – кількість допоміжних операцій, які застосовуються для відновлення роботоздатності деталі, *од*;

t_i^{oc} – трудомісткість i -ї основної операції з відновлення деталі, *люд.-год.*;

$t_j^{\partial on}$ – трудомісткість j -ї допоміжної операції з ремонту деталі, *люд.-год.*;

K_{ki} – коефіцієнт кваліфікації робіт i -ї основної операції при ремонті деталі;

K_{kj} – коефіцієнт кваліфікації робіт j -ї допоміжної операції з ремонту деталі, *люд.-год.*;

K_o – коефіцієнт складності обладнання та оснастки;

K_e – коефіцієнт економічної доцільності ремонту.

Визначимо на прикладі ремонту технологічність підтискної обойми качаючого вузла насоса, яка має найбільший показник непридатних деталей до відновлення ($P_{n.n} = 0,07$).

Трудомісткість основних операцій для відновлення підтискної обойми, складе $t_i^{oc} = 2,37$ *люд.-год.* (включають в себе очисні операції, дефектувальні, відновлювальні та ін.). Трудомісткість допоміжних операцій, яка включає в себе обробку пазів під платик-замикач складе $t_j^{\partial on} = 0,7$ *люд.-год.*

Коефіцієнт кваліфікації робіт (K_{ki}) визначається за виразом [4]:

$$K_{ki} = \frac{S_c^H}{S_c^{\Phi}} \quad (4)$$

де S_c^H – тарифна вартість робіт за найнижчим розрядом кожної спеціальності, *грн*;

S_c^F – тарифна вартість робіт за фактичним розрядом відповідно технологічному процесу ремонту деталі, *грн*.

Технологічний процес ремонту гідравлічних насосів характеризується застосуванням робітників високої кваліфікації – слюсарі п'ятого розряду за тарифною сіткою, що обумовлюється складністю конструкції агрегатів, а також виготовленням деталей за високими класами чистоти поверхні.

Найменший розряд при ремонті гідроагрегатів відповідає третьому (слюсар виконує зовнішню очистку агрегату, очистку деталей, підрозбирання та розбирання агрегатів), тарифна вартість робіт складає $S_c^H = 6,34 \text{ грн}$. Найвищий (фактичний) розряд відповідає п'ятому (слюсар проводить дефектацію деталей, відновлення робочих поверхонь, складання агрегатів, випробування агрегатів та ін.). Тарифна вартість робіт для даного розряду складає $S_c^F = 8,22 \text{ грн}$.

Тоді коефіцієнт кваліфікації робіт (K_k) визначається:

$$K_k = \frac{6,34}{8,22} = 0,77$$

Коефіцієнт складності обладнання та оснастки визначається за виразом [5]:

$$K_o = \frac{S_o^H}{S_o^P}, \quad (5)$$

де S_o^H – вартість обладнання для обробки поверхонь, які відновлюються, при виготовленні нової деталі (відновлювальними вважаються ті поверхні, які оброблюються для усунення дефекту при ремонті даної деталі), *грн*;

S_o^P – вартість ремонтного обладнання для відновлення роботоздатності деталі згідно технологічного процесу ремонту, *грн*.

Розглянемо коефіцієнт складності обладнання для відновлення підтискної обойми насоса. Робоча поверхня підтискної обойми працює з зубом шестерні, утворюючи радіальний зазор в спряженні «підтискна обойма-головка зуба». Втрата роботоздатності даної деталі характеризується

гідраабразивним зношенням робочої поверхні підтискної обойми, що приводить до зростання радіального зазору і збільшення витоків робочої рідини. Отже, для відновлення робочої поверхні підтискної обойми необхідно відновити її геометричну форму і клас чистоти робочої поверхні. На заводах-виробниках для основної обробки поверхні застосовують горизонтально-фрезерні верстати, вартість даного обладнання складе $S_o^H = 80500 \text{ грн}$.

На спеціалізованому ремонтному підприємстві при наявності значного зношення поверхні обойми застосовують аргонодугове наплавлення з наступним розточуванням під ремонтний розмір. Вартість обладнання для даної реалізації даної технології складе $S_o^P = 110000 \text{ грн}$

MONOGRAFIA POKONFERENCYJNA

Таблиця 2

Результати оцінки ремонтної технологічності деталей

Найменування деталі	Критерії, які характеризують ремонтну технологічність							
	P_n	P_p	$\sum_{i=1}^m t_i^{oc} \cdot K_{ki}$	$\sum_{j=1}^z t_j^{don} \cdot K_{kj}$	K_k	K_o	K_e	$P_{p.m.}^o$
Корпус гідронасоса	0,95	0,03	0,924	0,150	0,77	1,0	0,59	0,97
Підтискна обойма	0	0,93	1,83	0,54	0,77	0,73	0,59	0,31
Підшипникова обойма	0	0,96	1,62	0,53	0,77	0,73	0,59	0,31
Ведуча шестерня	0	0,95	2,15	0,27	0,77	1,0	0,59	0,50
Ведена шестерня	0	0,94	1,99	0,20	0,77	1,0	0,59	0,50
Пластики-замикачі	0	0,96	0,64	0,16	0,77	1,0	0,59	0,45

Отже згідно виразу (5) коефіцієнт складності обладнання та оснастки буде дорівнювати:

$$K_o = \frac{80500}{110000} = 0,73$$

Коефіцієнт економічної доцільності відновлення деталі визначається за виразом:

$$K_e = \frac{S_o^n}{S_o^n + S_o^p}, \quad (6)$$

де S_o^n – преіскурантна вартість нової деталі, грн (вартість підтискної обойми $S_o^n = 300$ грн);

S_o^p – витрати на ремонт деталі, грн (обумовлюються технологією, яка застосовується для ремонту деталі, рекомендується $S_o^p < 0,7S_o^n$), за запропонованою технологією $S_o^p = 210$ грн.

Тоді коефіцієнт економічної доцільності відновлення деталі складе:

$$K_e = \frac{300}{300 + 210} = 0,59$$

Підставимо отримані значення до виразу (3) і визначимо показник ремонтної технологічності підтискної обойми ($P_{p.m.}^o$):

$$P_{p.m.}^o = 0 + 0,93 \cdot \frac{2,37 \cdot 0,77}{2,37 \cdot 0,77 + 0,7 \cdot 0,77} \cdot 0,73 \cdot 0,59 = 0,31$$

Аналогічні розрахунки проводяться для інших деталей, ймовірності технічного стану яких представлені в табл.1, а отримані результати наводяться в табл. 2. та на (рис.3).

Аналіз отриманих результатів показує, що найменшу ремонтну технологічність ($P_{p.m.}^o = 0,31$) мають підтискна та підшипникова обойми, що обумовлюєть-

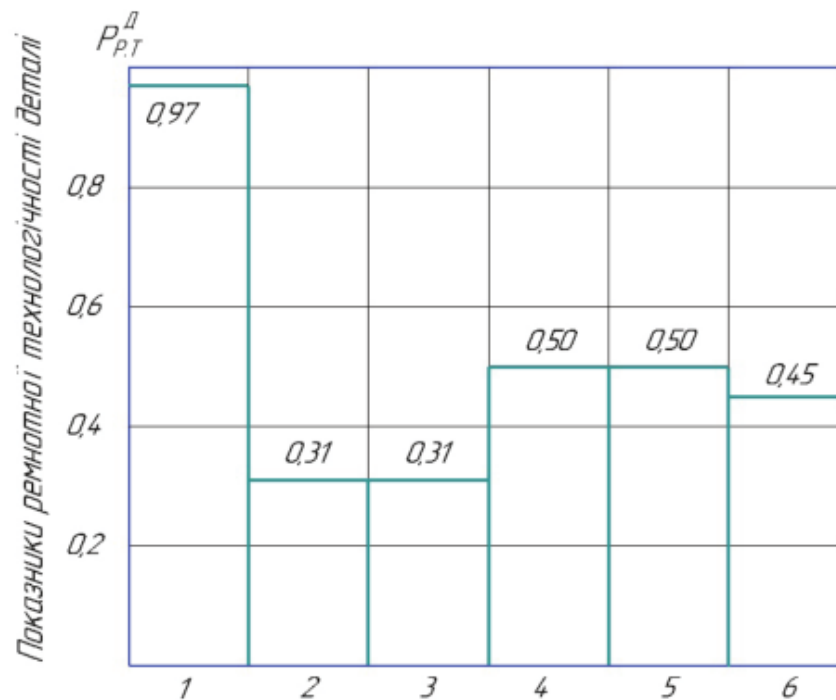


Рис.3. – Показники оцінки ремонтної технологічності деталей шестеренного насоса модифікації НШ-К: 1 – корпус гідронасоса; 2 – підтискна обойма; 3 – підшипникова обойма; 4 – ведуча шестерня; 5 – ведена шестерня; 6 – платики-замикачі.

ся конструктивними особливостями деталей, у яких відновлюються робочі поверхні аргонодуговим наплавленням з послідуною механічною обробкою. Для виконання даних операцій застосовується обладнання та оснастка, що приводить до зменшення коефіцієнта складності обладнання та оснастки до ($K_o = 0,73$) і в цілому впливає на показник технологічності.

Відносно низький показник технологічності платика-замикача ($P_{p.m.}^d = 0,45$), обумовлюється трудомісткістю допоміжних операцій (притирка робочі поверхні платика), об'єм яких становить 25% від трудомісткості основних операцій.

Високий показник ремонтної технологічності корпусу насоса ($P_{p.m.}^{к.н} = 0,97$) обумовлюється високим показником придатності деталі без ремонту ($P_n = 0,95$), отриманий по результатам його дефектації.

Показник ремонтної технологічності шестерень насоса становить ($P_{p.m.}^{ш} = 0,50$), що обумовлюється відносно високим показником коефіцієнта складності обладнання та оснастки, який становить ($K_o = 1,0$), а також не значною трудомісткістю допоміжних операцій, на які припадає 10% від трудомісткості основних операцій.

В цілому, проведені дослідження оцінки ремонтної технологічності деталей гідравлічних насосів модифікації НШ-К дають можливість зробити наступні висновки:

1. Показник ймовірності технічного стану деталей качаючого вузла насоса, які потребують ремонту, знаходиться в інтервалі $P_p = 0,93...0,96$, що обумовлюється наявністю слідів гідроабразивного зношення на їх робочих поверхнях, для усунення яких необхідне застосування відновлювальних та механічних операцій.

2. Найменшу ремонтну технологічність ($P_{p.m.}^{n.o} = 0,31$) мають підтиска та підшипникова обойми, що обумовлюється складністю конфігурацій робочих поверхень, які зношуються, і для відновлення яких необхідно додаткове обладнання і оснастка, що впливає на зменшення показника складності обладнання, а через нього на зменшення показника ремонтної технологічності.

3. Відносно низький показник технологічності платика-замикача ($P_{p.m.}^{\partial} = 0,45$), обумовлюється трудомісткістю допоміжних операцій (притирка робочої поверхні платика), об'єм яких становить 25% від трудомісткості основних операцій.

3. На ремонтну технологічність деталей гідравлічних насосів модифікації НШ-К основний вплив мають конструктивні особливості робочих поверхень деталей, а також технології їх ремонту, які формують показник складності обладнання та впливають на трудомісткість допоміжних операцій технологічного процесу.

4. Резервом для покращення показників ремонтної технологічності деталей гідронасосів модифікації НШ-К, які лімітують його ресурс, слід вважати впровадження технологічних процесів, які розроблюються на основі прогресивних способів відновлення робочих поверхень деталей, і реалізуються не залежно від характеру та виду їх зношення.

Література

1. Агрегаты гидроприводов сельскохозяйственной техники. Технические требования на капитальный ремонт [Текст] / – М.: ГОСНИТИ, 1981 – 160 с.
2. Ачкасов К. А. Справочник начинающего слесаря: Ремонт, регулирование приборов системы питания и гидросистемы тракторов, автомобилей, комбайнов -2-е изд. перер. и доп. [Текст] / К. А. Ачкасов, В. П. Вегера – М.: Агропромиздат, 1987.-352 с.
3. Ісаєнко В. Ю. Підвищення експлуатаційної надійності гідравлічних насосів модифікації НШ-К застосуванням епіламних покриттів робочих поверхень деталей / В. Ю. Ісаєнко, П.Т. Мельянцов // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo- Praktycznej « Inżynieria i technologia. Osiągnięcia naukowe, rozwój, propozycje na rok 2016» (30.12.2016) – Warszawa: Wydawca: Sp. z o.o. «Diamond trading tour», 2016. – S 22-28.
4. Черкун В. Е. Ремонт тракторных гидравлических систем 2-е изд., перер. и доп. [Текст] / В. Е. Черкун – М.: Колос, 1984. – 256 с.
5. Иващенко Н. И. Технология ремонта автомобилей [Текст] / Н. И. Иващенко – Киев, «Вища школа», 1977 – 360 с.