

**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:

**ОБҐРУНТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КРИТЕРІЮ ДОВГОВІЧНОСТІ
ДЕТАЛЕЙ ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДУ ТРАНСМІСІЇ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-3-20
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Сухов Богдан Сергійович

Керівник: _____ Толстенко Олександр Васильович

Рецензент: _____

Дніпро 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Надійності і ремонту машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

НРМ

(назва кафедри)

д.т.н. професор

(вчене звання)

Дирда В.І.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

”_____” _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Сухова Богдана Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування енергетичного критерію довговічності деталей об'ємного гідروприводу трансмісії

керівник роботи к.т.н. доцент Толстенко О.В.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від
року № _____

2. Строк подання студентом роботи до 1.12.2021

3. Вихідні дані до роботи Існуючі методи відновлення та зміцнення поверхонь деталей. Існуючі гідроагрегати та допоміжне обладнання. Показники стану охорони парці в базовому господарстві. Техніко-економічні показники роботи базового господарства

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання та задачі досліджень. 2. Теоретичне обґрунтування способу оцінки роботоздатності та прогнозування довговічності об'ємного гідроприводу ГСТ. 3. Методика проведення експериментальних досліджень та їх результати 4. Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях. 5. Техніко-економічні показники роботи. Загальні висновки та пропозиції. Список літератури. Додатки

РЕФЕРАТ

В даній дипломній роботі розглянуті питання підвищення надійності деталей гідроприводів трансмісії.

В дипломній роботі були розглянуті існуючі схеми технологічного процесу відновлення гідроагрегатів , проведено обґрунтування ефективних методів зміцнення поверхонь деталей, розроблено методику дослідження технічного стану зміцнених деталей, дотримання якої дозволить знизити трудомісткість ремонтних робіт та підвищити довговічність агрегатів на 15 – 20 % .

Дипломна робота включає в себе пояснювальну записку обсягом 97 аркушів, а також 12 слайдів графічної частини.

Ключові слова - капітальний ремонт, зміцнення, електроіскрове оброблення, діагностування, дослідження, організація ремонту, програма ремонту, трудомісткість, переозброєння. технологія ремонту технологічний процес, електроіскрове відновлення і т.д.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1 Конструкція, принцип роботи й застосовність об'ємного гідроприводу ГСТ - 112 та ГСТ – 90.....	9
1.2 Аналіз причин відмов і порушення працездатності об'ємного гідроприводу.....	ГСТ-112 22
1.3. Способи і засоби оцінки працездатності об'ємного гідроприводу ГСТ-90.....	26
1.4. Мета і задачі дослідження.....	30
2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ОЦІНКИ РОБОТОЗДАТНОСТІ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ОБ'ЄМНОГО.....	ГІДРОПРИВОДУ 32
2.1. Теоретична модель зв'язку динаміки внутрішнього витoku рідини від зношування сполучень гідроприводу.....	32
2.2. Вплив зовнішніх навантажень і властивостей деталей ГСТ на працездатність.....	гідроагрега- ту.....37
2.3. Висновок.....	45
3. ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА І СТРУКТУРА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	46
3.1. Програма і структура досліджень.....	46
3.2. Методика проведення стендових випробувань об'ємних гідростатичних трансмісій ГСТ-90.....	47
3.3. Методика проведення і оцінки технологічної дії на робочі поверхні деталей.....	50
3.4. Методика оцінки технологічної	

дії.....	54
3.4. Експериментальна оцінка працездатності і довговічності об'ємного гідроприводу ГСТ – 90.....	58
3.5. Обґрунтування енергетичного критерію руйнування деталей ГСТ.....	65
3.7. Висновки до розділу	72
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	73
4.1. Загальні відомості про охорону праці на підприємстві ТОВ Агрофірма "Нібас".....	73
4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на ділянці з ремонту та випробування гідравлічних систем.....	75
4.3. Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів.....	76
4.4. Правила безпечного виконання робіт при діагностуванні та ремонті гідравлічних систем і агрегатів.....	78
4.5. Дії у разі настання надзвичайної ситуації	82
4.6. Висновок.....	83
5. ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ.....	84
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	90
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	92
ДОДАТКИ.....	97

ВСТУП

Технічний рівень сучасної с.-г. техніки визначається вимогами, що пред'являються до якості виконання робіт, а також економічністю і надійністю в експлуатації. Об'ємний гідропривід - одна з основних складових, що характеризують функціональні можливості і надійність машин. Його агрегати є найважливішою частиною силових приводів, що перетворюють енергію двигуна в рух робочих органів с.-г. і промислових машин.

Сучасні вимоги до безвідмовності і довговічності об'ємних гідроприводів с.-г. техніки, які обумовлюють вживання гідроагрегатів високого технічного рівня, конструкційне і технологічне виконання яких гарантує тривалий термін експлуатації.

Агрегати об'ємних гідроприводів, що працюють в ідеальних умовах за відсутності забрудненості робочої рідини, із обґрунтованим вибором запасів міцності і швидкохідності, за даними Прокоф'єва В.Н. та інших науковців [1, 2], мають практично необмежений ресурс.

В умовах реальної експлуатації істотний вплив на технічний стан об'ємних гідроприводів надає ряд чинників, які можуть обмежити термін служби і впливати на працездатність і довговічність.

Істотним чинником, що визначає ресурс об'ємних гідроприводів, є чистота робочої рідини. Наявність забруднень викликає знос пар тертя, погіршує режим мастила, закупорює канали різного перетину, приводить до заклинювання деталей, що рухаються, підвищує сили тертя і порушує працездатність.

Довговічна і надійна робота гідроприводу, окрім умов експлуатації, залежить також багато в чому від дотримання регламенту технічного обслуговування.

Наявність на ринку і використання дешевих, невідповідаючих технічним вимогам, витратних матеріалів, таких як масло, фільтроелементи, а також порушення режимів експлуатації, періодичності заміни масла приводять до порушення захисту гідросистем від попадання механічних домішок, утворюванню

в робочій рідині після тривалої експлуатації продуктів розпаду, що ще більше впливає на працездатність і ресурс елементів гідроприводу.

Обстеження комбайнів «ДОН-1500Б» випуску 2001 р., що експлуатувалися в гарантійний період (~ 500 мото-год.) в господарствах Дніпропетровської області показали, що напрацювання повністю нових об'ємних гідроприводів ГСТ-90 (гідростатичних трансмісій ГСТ-90) значно менше встановленого заводом виробником нормативу - 1800 мото-год. [3].

Також відсутня досконала методика оцінки працездатності ГСТ-90. Використовування заводських стендів і методики оцінки працездатності в умовах сервісних центрів підприємств виробників і ремонтно-технічних підприємств (РТП) не представляється можливим по економічних міркуваннях, а існуючі стенди КИ-4815М, КИ-28097-ОЗМ, ІС-50.00.00 не дозволяють визначати основні технічні характеристики об'ємного гідроприводу ГСТ-90 [3-9].

У зв'язку з цим, дослідження працездатності нових і відремонтованих ГСТ-90 і визначення методів підвищення їх надійності є актуальною задачею.

Публікації. За результатами роботи надруковано статтю: Сухов Б.С. Обґрунтування енергетичного критерію довговічності деталей об'ємного гідроприводу трансмісії мобільних машин / Сухов Б.С. // Актуальні проблеми розвитку науки в контексті глобальних трансформацій інформаційного суспільства: Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. Київ. – 2021. – С. 78 - 83.

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Конструкція, принцип роботи й застосовність об'ємного гідроприводу ГСТ - 112 та ГСТ - 90

Об'ємний гідропривід це сукупність об'ємних гідромашин і гідроапаратури, призначених для передачі механічної енергії від двигуна до робочого органа за допомогою потоку робочої рідини. До об'ємних гідромашин відносяться гідронасоси (вхідна ланка) і гідромотори (вихідна ланка).

Під гідроапаратурою розуміють пристрої для керування (регулювання) роботою об'ємного гідроприводу.

Найбільше поширення в мобільних енергетичних засобах одержали роторно-поршневі об'ємні гідроприводи, їх частка становить до 30% від загальної кількості [1, 2]. Прикладом такого гідроприводу є гідростатична трансмісія ГСТ-112 та ГСТ-90, яка відноситься до аксіально-поршневих гідромашин другого типу. Аксіальною називається гідромашина, у якій циліндри, і поршні (плунжери) розташовані в роторі (блоці циліндрів) паралельно осі його обертання.

Залежно від розташування вала ротора аксіально-поршневі гідромашини підрозділяються на першого й другого типу, тобто з похилим блоком циліндрів і з похилим диском. Максимальний кут нахилу для них становить не більш 45° [1, 10].

Залежно від конструкції аксіально-поршневих гідромашин можна класифікувати по декільком ознакам [2, 5]:

- по характеру руху вихідної ланки гідромотора підрозділяються на об'ємний гідропривід обертального, поступального й поворотного руху;
- по можливості регулювання підрозділяються на регульовані, у якому швидкість вихідної ланки може змінюватися, і нерегульовані;
- по способу регулювання бувають механічні, гідравлічні, електричні й пневматичні в ручному або автоматичному режимі;

- по типу гідросистем підрозділяються на відкриту, у якій робоча рідина в гідробаку має безпосередній контакт із повітряним середовищем, і закриту;
- по конструкції деталей розподільного з'єднання бувають із плоскими й сферичними розподільниками;
- по конструкції поршнів підрозділяються на поршні з опорними п'ятами, шатунні й безшатунні.

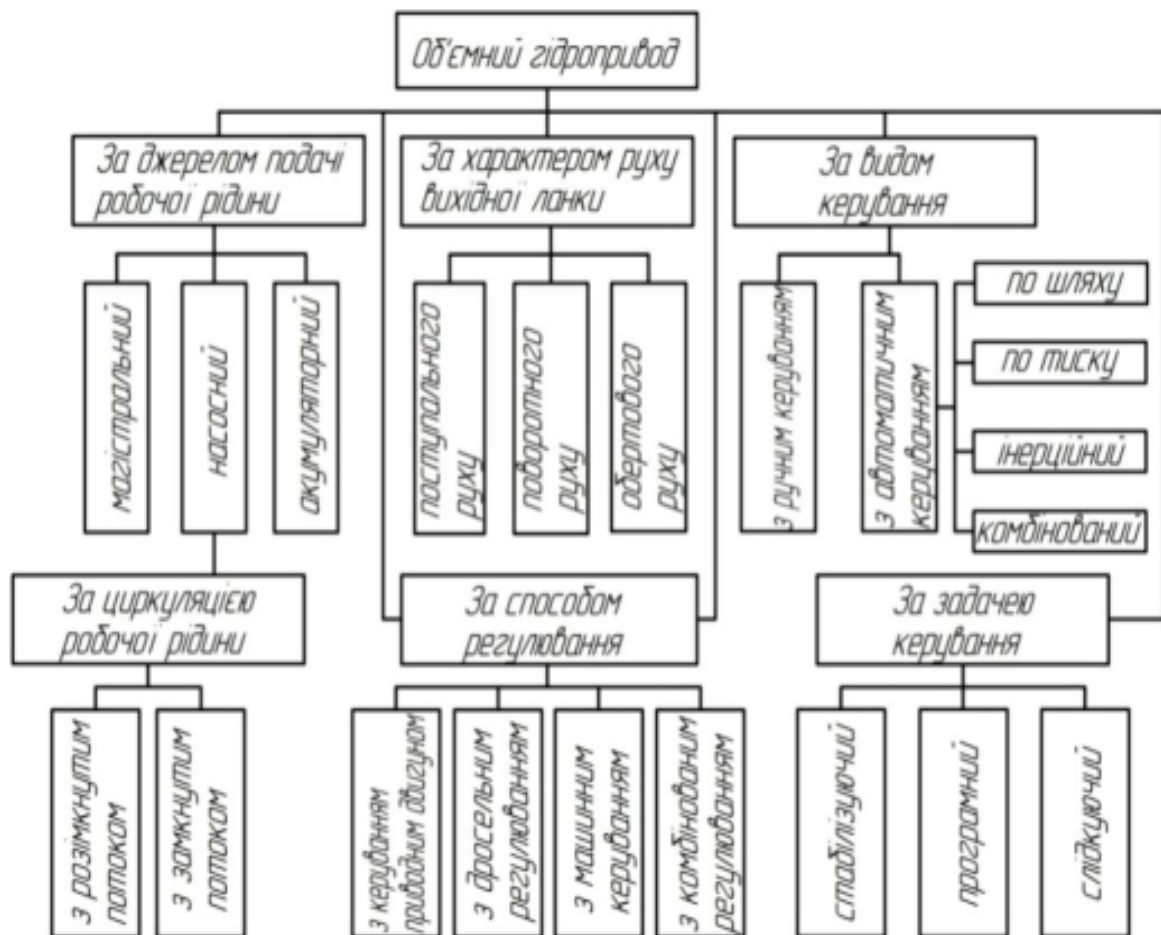


Рис. 1.1. Класифікація приводів об'ємного типу

Магістерська робота присвячена дослідженню об'ємного гідроприводу на прикладі ГСТ-112. Об'ємний гідропривід ГСТ розроблений в 1946 р. коМПанією Sauerstrand (зараз Sauer-Danfoss, Німеччина). КоМПанія випускає аксіально-поршневі гідронасоси й гідромотори SPV і SMF 20.. 25 серій. В 1977 році СРСР підписав з коМПанією Sauer-Sundstrand ліцензійна угода по виробництві об'ємних гідроприводів. В 1981 році на Кіровоградському заводі «Гідросила» (Україна, м. Кропивницький) [11] і пізніше на ВАТ «Гидромаш» [12] почався

серійний випуск об'ємних гідроприводів ГСТ-90 для сільськогосподарських машин.

На сьогоднішній день виробниками об'ємних гідроприводів є: ВАТ «Гідросила» (Україна, м. Кропивницький) з 2009 р. - виділене в окреме підприємство ПАО «Гідросила АПМ» і закордонні фірми ВАТ «Гидромаш» (г. Салават), ВАТ «Пневмостроймашина» (м. Єкатеринбург), «Sauer-Danfoss» (Німеччина), «Psm-hydraulics», Rexrothbosch Group (Німеччина), Kawasaki Precision Machinery (Японія), HIDRAULICA UMPLOPENI (Румунія), EUROPARTS (Словаччина) і ін. [13].

В Україні перше місце по виробництву об'ємних гідроприводів ГСТ займає ВАТ «Гідросила». Зараз заводом випускаються об'ємні гідроприводи: ГСТ-33; -52; -70; -90; -119; -166, які є аналогами німецьких SPV і SMF з 20 по 25 серію. За аналогією власними силами заводу ВАТ «Гідросила» розроблені ГСТ-112; -130 (підвищеної потужності). Гідропривід ГСТ-112 уніфікований по габаритних і приєднувальних розмірах із ГСТ-90, але вигідно відрізняється від нього підвищеною потужністю. Тому зараз об'ємний гідропривід ГСТ-112 застосовують замість ГСТ-90. Технічні характеристики ГСТ наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики ГСТ

Параметри	ГСТ-90	ГСТ-112
Робочий об'єм, см ³ / об	89	112
насоса: макс	0	0
мін	89	112
мотора: макс		
Частота обертання вала, об/хв	1500	1500
НОМ	3000	3000
макс	500	500
насоса: хв	50	50
мотора: хв		

Об'єм насоса підживлення, см ³ / об	18,03	18,03
Об'ємна подача насоса, л/хв	42,3	53,2
мін	126,8	212
ном	253	320
макс		
Тиск нагнітання, МПа	27	27
ном	40	40
макс		
Тиск підживлення, МПа	1,5	2
ном	1,8	2,3
макс		
Приводний крутний момент насоса, Нм	405,87	501,28
ном	610,48	758,76
макс		
ККД, %	0,86	0,86
Маса без робочої рідини, кг	125	127
Напрямок обертання	лівий/правий	лівий/правий

Вивчення спеціальної літератури [5-13] і накопичений досвід ремонту показує, що ГСТ-112 і його аналоги використовується на різній вітчизняній сільськогосподарській і будівельно-дорожній техніці: зернозбиральні комбайни ACROS модельного ряду 530, 535, 560, 580, ДОН- 1500Б (із привідним мостом «Конорд», «Клас», «ТКЗ»)/1500Р випуску з 1997 р., ДОН-142, КЗС-7, КЗС-10 К «Полісся», КЗР-10 «Полісся-Ротор», КЗС-9-1 «Славутич», «VECTOR-410, 420», СК-5М-1 (із привідним мостом «Херсонські комбайни»); кормозбиральні комбайни ДОН-680/680М, КВК-800 «Полісся», «Полісся УЭС 2-250»; асфальтоукладальники СД-404, ДС-504/506; автобетоновози СБ-/159Б/237, АБС-8DA/9DA/10DA/11DA/12; фронтальний навантажувач ТЕ-40, а також на закордонній техніці таких відомих марок як: «Claas», «Fendt», «Case», «Challenger», «John Deere», «New-Holland» і ін.

Широке застосування об'ємного гідроприводу ГСТ-112 на сільськогосподарській техніці обумовлене рядом переваг, до яких відноситься:

- безступінчасте регулювання швидкості обертання й реверс гідромотора;
- компактність;
- високий ККД до 0,97;
- придатність для роботи при частотах обертання до 3000 об/хв і тиску до 42 МПа.

Такі технічні можливості роблять ГСТ-112 універсальним засобом при механізації й автоматизації різних технологічних процесів. На рис. 1.2 представлений об'ємний гідропривід ГСТ-112, який складається з регульованого аксіально-поршневого гідронасоса НПА-112 1, у зборі із шестеренним насосом підживлення 3 (останнім часом широке поширення одержали модифікації з тандемом шестеренних насосів) і серворозподільником керування 7; нерегульованого гідромотора МПА-112 2, у зборі із клапанною коробкою 20. Гідронасос НПА-112 з'єднується з гідромотором МПА-112 лініями нагнітання «А» і «В» 19. Є гідробак для робочої рідини 10, теплообмінник 11 і фільтр тонкого очищення з вакуумметром 9 [8, 10]. Конструкція об'ємного гідроприводу ГСТ-112 містить у собі чотири системи [14]: Система «гідронасос - гідромотор» складається із блоку циліндрів 21 у зборі з поршнями 22, розподільника латунного 23 і сталевого 24, упору 13, опори 29, люльки 6, двох ліній нагнітання «А» і «В» 19 (рис. 1.2).

Призначення системи «гідронасос - гідромотор» - перетворювати механічну енергію двигуна в гідравлічну, створюючи потік робочої рідини гідронасосом в одній з ліній нагнітання, і навпаки гідравлічну енергію потоку в механічному гідромотором. У системі «гідронасос - гідромотор» відбувається замкнена циркуляція робочої рідини. Система підживлення містить у собі: насос підживлення 3 із запобіжним клапаном 17, зворотні 18 і переливний 15 клапани (рис. 1.2). Призначення системи підживлення - створювати необхідний тиск у лінії керування, компенсувати виток у гідронасосі й гідромоторі,

Лінія високого тиску
 Лінія низького тиску
 Лінія всмоктування
 Лінія керування
 Лінія дренажу

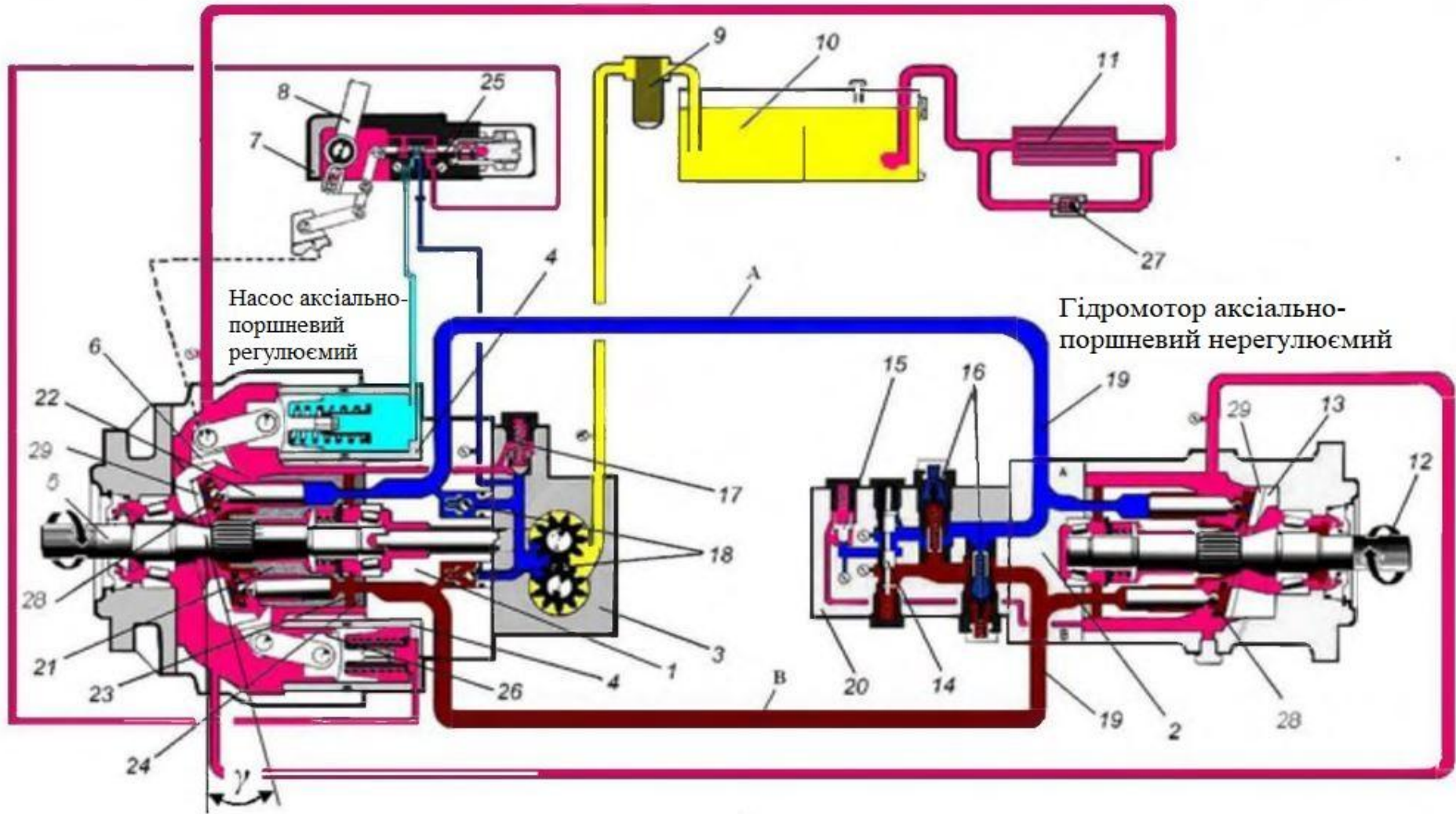


Рис. 1.2 - Схема об'ємного гідроприводу ГСТ-112:

1 - гідронасос НПА-112; 2 - гідромотор МПА-112; 3 - насос підживлення; 4 - сервоциліндри; 5 - вал насоса; 6 - люлька; 7 - серворозподільник; 8 - важіль керування серворозподільником; 9 - фільтр; 10 - гідробак; 11 - теплообмінник; 12 - вал гідромотора; 13 - упор; 14 - золотник клапанної коробки; 15 - клапан переливний; 16 - клапана високого тиску; 17 - клапан запобіжний насоса підживлення; 18 - клапана зворотні; 19 - лінії нагнітання А и В; 20 - клапанна коробка; 21 - блок циліндрів; 22 - поршні; 23 - розподільник латунний; 24 - розподільник сталевий; 25 - золотник серворозподільника; 26 - поршні сервоциліндра; 27 - клапан запобіжний теплообмінника; 28 - п'ята поршня; 29 – опора.

забезпечувати фільтрацію й охолодження робочої рідини.

На рис. 1.3 представлений загальний вид насоса підживлення.

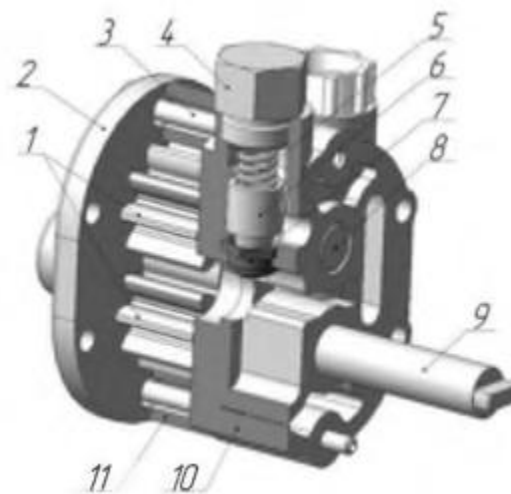


Рис. 1.3 - Насос підживлення:

1 - провідна й ведена шестірні; 2 і 10 - задня й передня кришки; 3 - болт кріплення кришок; 4 - пробка клапана; 5 - пружина клапана; 6 - запобіжний клапан; 7 - сідло клапана; 8 - вісь; 9 - вал; 11 - корпус насоса.

Система керування містить у собі: серворозподільник 7, два сервоциліндра 4 з поршнями сервоциліндра 26, які з'єднані тягами з люлькою 6 (рис. 1.2). На рис. 1.4 представлений загальний вид серворозподільника.

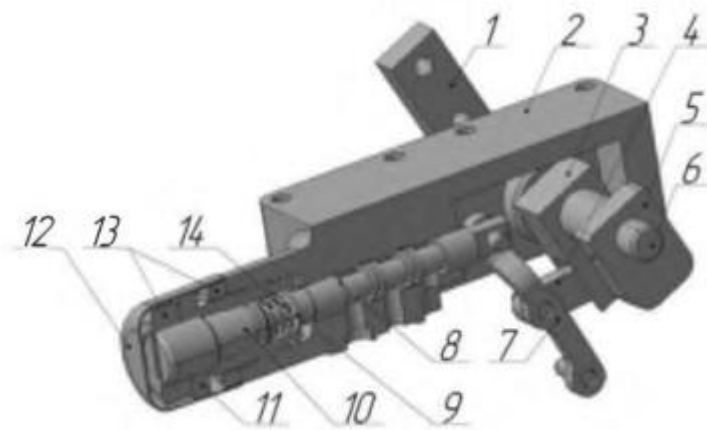


Рис. 1.4 - Серворозподільник:

1 - важіль керування; 2 - корпус; 3 - упор; 4 - тяга; 5 - нерухливий упор; 6 - валик керування; 7 - важіль; 8 - золотник; 9 - шайба; 10 - гвинт; 11 - склянка; 12 - ковпачок; 13 - гайка; 14 - пружина.

Призначення системи керування - регулювати подачу гідронасоса, тиск у лініях нагнітання «А» і «В», частоту, напрямки обертання й крутний момент на валу гідромотора. Клапанно-запобіжна система містить у собі: клапанну коробку 20 із двома клапанами високого тиску 16 (рис. 1.2). На рис. 1.5 представлений загальний вид клапанної коробки. Призначення клапанно-запобіжної системи - захищати об'ємний гідропривід від перевантажень. Один клапан високого тиску обмежує тиск у лінії нагнітання «А», другий у лінії нагнітання «В» (рис. 1.2).



Рис. 1.5 - Клапанна коробка: 1 - корпус; 2 - клапана високого тиску.

Принцип роботи об'ємного гідроприводу ГСТ-112 полягає в наступному (рис. 1.2): При обертанні блоку циліндрів 21 п'яти поршнів 28 ковзають по опорі 29, розташованій в люльці 6, яка нахилена щодо блоку циліндрів, поршні 22 у результаті цього переміщуються по циліндрах в осьовому напрямку, викликаючи зміну об'єму робочих камер.

При цьому в одній половині камер блоку циліндрів обсяг буде збільшуватися, а в іншій - зменшуватися. Завдяки отворах у латунному й сталевому розподільниках 23, 24 робочі камери з'єднуються з лініями нагнітання «А» і «В» 19.

Міняючи кут нахилу люльки 6, можна змінювати подачу гідронасоса за один оберт його приводного вала. Керування гідронасосом здійснюється серворозподільником 7. Відхиляючи важіль керування 8 в одну зі сторін, відбувається переміщення золотника 25 серворозподільника 7, який з'єднує лінію керування з порожниною одного із сервоциліндрів 4. Тиск, що розвивається насосом підживлення 3 у лінії керування, впливає на поршні сервоциліндра 26, викликаючи його переміщення й зміни кута нахилу люльки.

Якщо вплив на важіль керування відсутній, то люлька автоматично вертається в нейтральне положення, тобто поршні в циліндрах залишаються нерухливими, незважаючи на обертання вала 19 гідронасоса, подача буде дорівнювати нулю.

Відмінність об'ємного гідроприводу ГСТ-112 від ГСТ-90 полягає в більшому робочому обсязі, за рахунок збільшення діаметра поршнів, що спричинила зміна конструкції качаючого вузла, [11]. У ГСТ-90 постійне підтискання поршнів до опори або упору забезпечується шістьма пружинами через сферичну втулку й сепаратор. Пружини встановлюються в блоці циліндрів і передають зусилля на сферичну втулку. У ГСТ-112 застосовується форсований вузол, що качає, ХЧ-23 (рис. 1.6), який кріпиться до люльки 11 гідронасоса НПА-112 або упору гідромотора МПА-112 за допомогою двох болтів 12. Підтискання поршнів 9 до опори 13 або упору забезпечується втулкою 10, у яку встановлюються опора 13, сепаратор 2 з дев'ятьма поршнями.

З боку сепаратора 2 встановлюється стопорне кільце 1 у паз втулки 10. Торцьове підтискання латунного 5 до сталевого 7 розподільника здійснюється центральною пружиною 4 через шайби 8 аналогічно ГСТ-90.

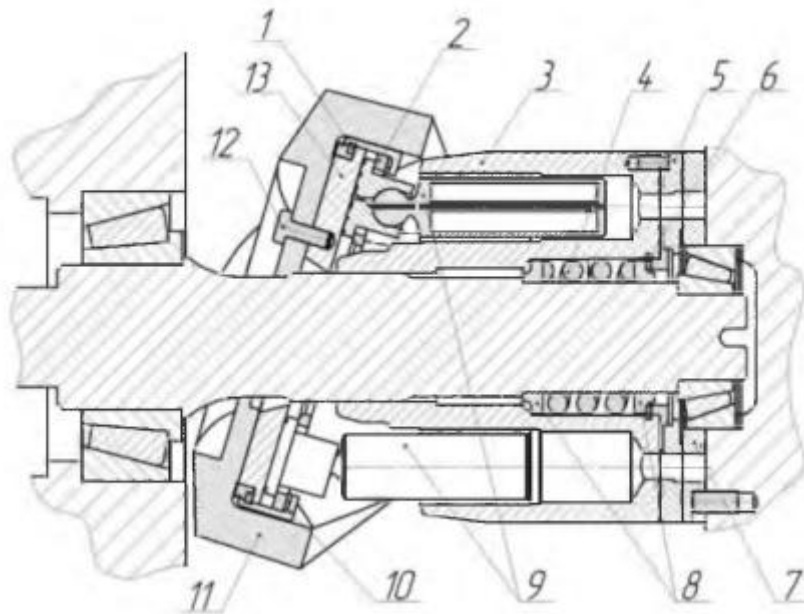


Рис. 1.6 – качаючий вузол, ХЧ-23 (БК5.889.199-01) ГСТ-112:

1 і 6 - стопорні кільця; 2 - сепаратор; 3 - блок циліндрів; 4 - центральна пружина; 5 і 7 - латунний і сталевий розподільники; 8 - шайба; 9 - поршні; 10 - втулка; 11 - люлька; 12 - болт; 13 - опора. вузли, що качають, гідронасоса НПА-112 і гідромотора МПА-112 мають однакову конструкцію й взаємозамінні.

Відповідно до вимог [15, 16] заводу-виготовлювача ВАТ «Гідросила» новий об'ємний гідропривід ГСТ-112, при номінальних значеннях частоти обертання гідронасоса «ном. = 2000 об/хв і тиску 20 Рном. = 27 МПа в лініях нагнітання, повинен розвивати номінальну подачу гідронасоса ном. = 212,8-7,6 л/хв і крутний момент на валу гідромотора не менш $M_{кр} = 404 \text{ Н м}$, при об'ємному коефіцієнті корисної дії (ККД) 0,95. Максимальний тиск у лінії нагнітання становить $P_{отх} = 42+2 \text{ МПа}$. На рис. 1.7 представлений графік залежності ККД і фактичної об'ємної подачі робочої рідини від частоти обертання приводного вала гідронасоса НПА-112 [17].

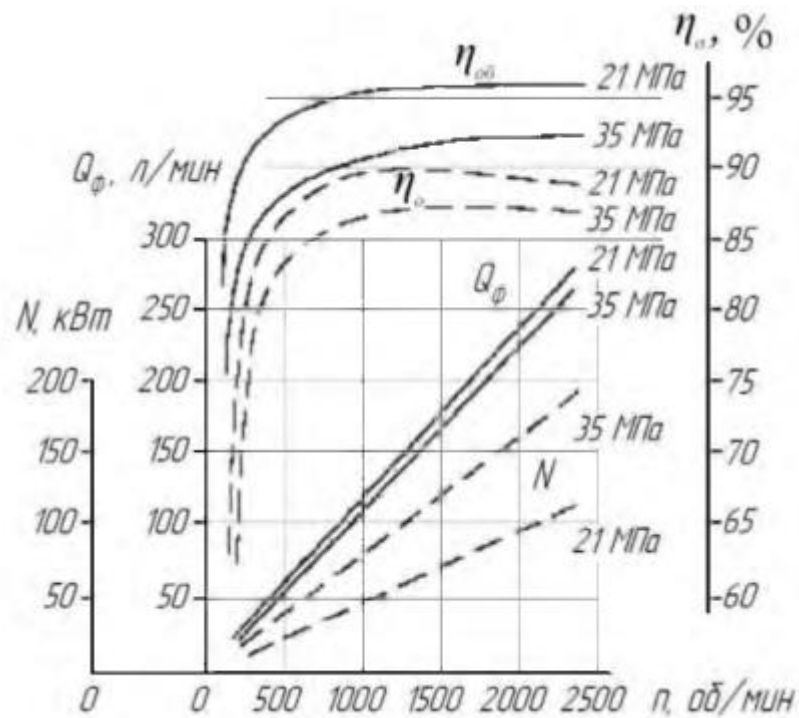


Рис. 1.7 - Графік залежності ККД і фактичної подачі робочої рідини від частоти обертання приводного вала гідронасоса НПА-112:

$Q_{ф}$ - фактична об'ємна подача, л/хв; N - споживана потужність, кВт; $\eta_{об}$ - об'ємний ККД; η_o - повний ККД.

З рис. 1.7 випливає, що з ростом частоти обертання приводного вала гідронасоса відбувається збільшення фактичної подачі $Q_{ф}$ і потужності N гід-

ронасоса. При одній і тій же частоті обертання зі збільшенням тиску від 21 до 35 МПа, фактична об'ємна подача й об'ємний ККД гідронасоса знижується через збільшення сумарних витоків через технологічні зазори в з'єднаннях ГСТ.

Повний ККД досягає максимального значення при 800... 1000 об/хв, а потім повільно знижується. На рис. 1.8 представлена схема роботи серворозподільника й графік залежності робочого об'єму гідронасоса НПА-112 від кута нахилу важеля керування в кожную сторону [11]. З рис. 1.8 видно, що відхилення важеля керування на кут $\alpha = \pm 30^\circ$ викликає зміни робочого об'єму гідронасоса від 0 до 3 об 112 см³ / об за рахунок переміщення люльки на кут $\beta = \pm 18^\circ$. Початок переміщення люльки відповідає куту відхилення важеля керування $\alpha = 30^\circ$, кінець переміщення відповідає $\alpha = 27,5^\circ$.

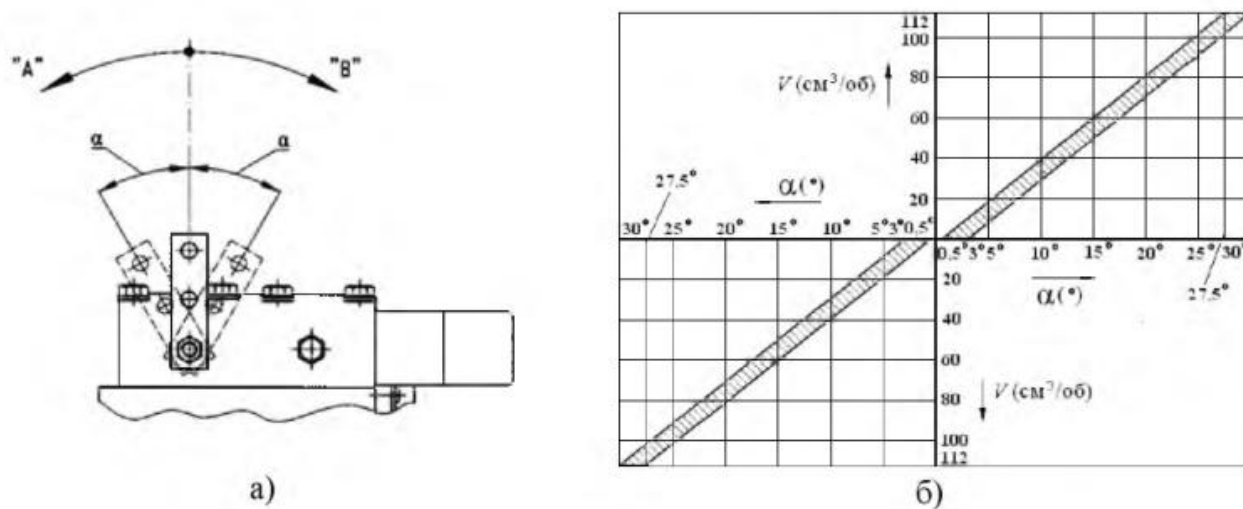


Рис. 1.8 - Схема роботи серворозподільника

а) відхилення важеля керування; б) графік залежності робочого об'єму гідронасоса НПА-112 від кута нахилу важеля керування в кожную сторону: $\alpha = 0 \dots 30^\circ$ - кут нахилу важеля керування серворозподільником; "А" і "В" - напрямки відхилення важеля керування; V - робочий об'єм гідронасоса, см³/об.

Залежно від кута нахилу важеля керування, у лінії керування насосом підживлення створюється відповідний тиск, який переміщає люльку вузла, що качає, на необхідний кут.

Отже, виходячи із принципу роботи, зниження тиску в лінії керування впливає на зниження об'ємної подачі й об'ємного ККД гідронасоса й може бути причиною втрати працездатності гідроприводу. Достовірних даних про вплив тиску в лінії керування на працездатність ГСТ-112 немає. Тому встановлення причин і факторів, що приводять до зниження тиску в лінії керування й оцінка технічного стану окремих елементів об'ємного гідроприводу ГСТ-112, є однією із завдань роботи.

Для виготовлення найбільш відповідальних деталей об'ємного гідроприводу ГСТ-112 на заводі-виготовлювачі «Гідросила» використовуються наступні матеріали: для сталевих розподільників сталь Х12Ф1, із твердістю 55...60 НРС (для ГСТ-90 використовувалася сталь ШХ15 СГ-Ш); для опор сталь ШХ 15, із твердістю 50..55 НРС; для латунного розподільника, п'ят поршнів і втулок блоку циліндрів латунь ЛМЦСКА 582-2-1-1; для поршнів сталь 50ХФА із твердістю поверхні 56...62 НРС після загартування на глибину 0,8...1,2 мм; для блоку циліндрів сталь 40ХН. Приводні вали гідронасоса й гідромотора виготовляються зі сталі 18ХГТ [13].

Використовувані на заводі-виготовлювачі матеріали суттєво відрізняються від матеріалів, рекомендованих конструкторами розроблювача. Це пояснюється техніко-економічними міркуваннями й не завжди обґрунтовується теоретичними розрахунками й експериментальними дослідженнями. Неправильний вибір матеріалів деталей пари тертя може скоротити довговічність окремих з'єднань і об'ємного гідроприводу в цілому.

Таким чином, проведений аналіз конструкції, принципу роботи й застосовності об'ємних гідроприводів ГСТ-112 показав, що вони широко використовуються в різних галузях виробництва і є складними й дорогими агрегатами. Достовірні дані про причини відмови й механізм втрати працездатності

ГСТ-112 дозволять запропонувати нові шляхи підвищення довговічності об'ємних гідроприводів, що, безсумнівно, є актуальним завданням.

1.2 Аналіз причин відмов і порушення працездатності об'ємного гідроприводу ГСТ-112

За даними заводу-виготовлювача ВАТ «Гідросила», критерієм граничного стану об'ємного гідроприводу ГСТ-112 є зниження об'ємного КПД гідронасоса (гідромотора) на номінальних режимах більш, ніж на 20%. Гарантійний наробіток до відмови для нових ГСТ-112 становить не менш 1500 годин роботи при номінальних режимах і середній доремонтний ресурс не менш 3000 мото-год. [18, 19].

Причини, що приводять до втрати працездатності й ресурсній відмові об'ємного гідроприводу згідно [10, 13, 20], можна розділити на три групи: конструкційні, виробничі й експлуатаційні рис. 1.9. Конструкційні відмови (до 20% від загальної кількості) обумовлені в основному недосконалістю й прорахункам у конструкції деталей при проектуванні.

Виробничі відмови (до 50%) обумовлені порушенням вимог конструкторської документації, технології виготовлення, застосуванням некондиційних матеріалів, недостатнім контролем якості в процесі виробництва. Необгрунтована заміна матеріалів для виробництва відповідальних деталей на заводах-виготовлювачах може привести до відмови або зниження ресурсу агрегату в цілому.

Експлуатаційні відмови (до 30%) обумовлені недотриманням правил, застережених у ТУ 4142-005-07522144-2000, низкою кваліфікацією обслуговуючого персоналу, природнім старінням і зношуванням ГСТ. Найбільший інтерес для нас представляють експлуатаційні відмови, подальші дослідження спрямовані на їхнє докладне вивчення.

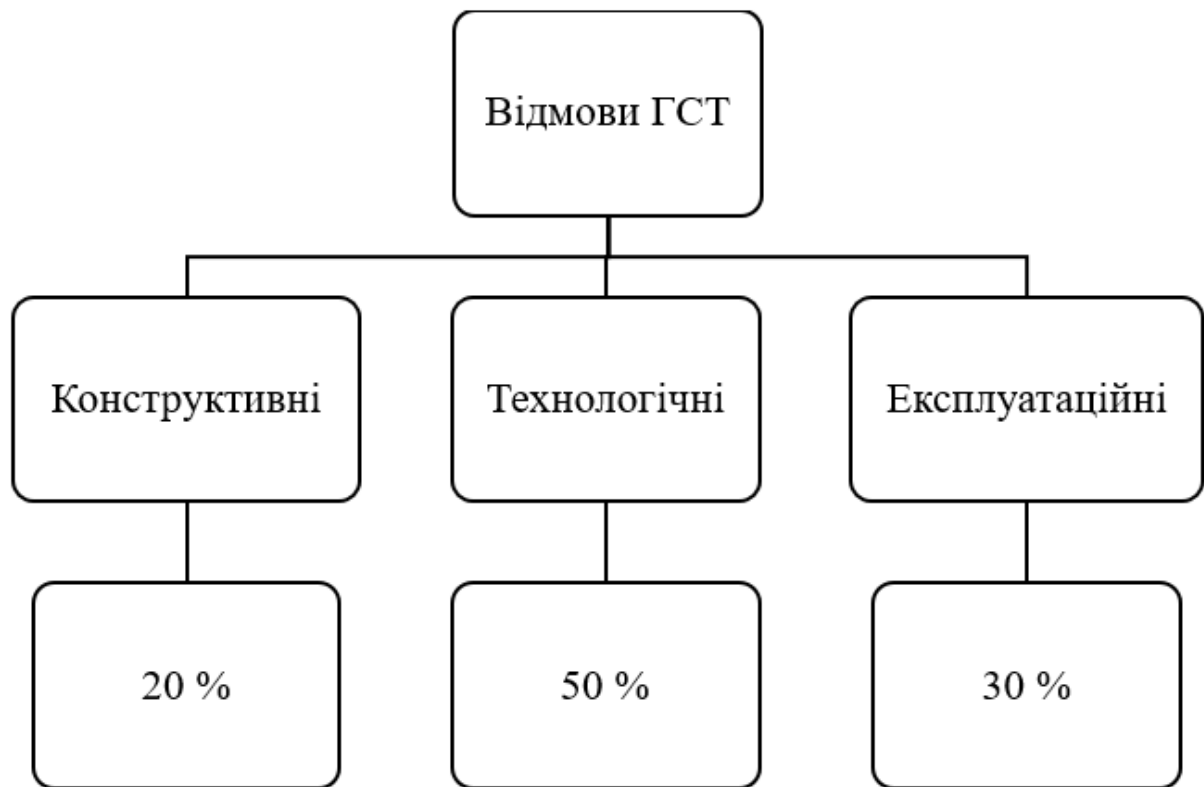


Рис. 1.9. Відмови ГСТ

Дослідження експлуатаційної надійності й причин відмови об'ємних гідроприводів, проведені Камчуговим Н.В., Баликовим Н.М., Галіним Д.А. показали, що наробіток до відмови становить не більш 1000 годин роботи, а середній доремонтний ресурс не перевищує 60 % від заявленого.

Установлено, що причинами втрати працездатності ГСТ є збільшення зазорів у прецизійних з'єднаннях вузлів і агрегатів гідроприводу за рахунок зношування відповідальних деталей.

Проведені дослідження в роботах [13, 21, 22, 23] показали, що не менш 60 % експлуатаційних відмов об'ємних гідроприводів прямо або побічно пов'язане із забрудненням робочої рідини.

У процесі експлуатації об'ємного гідроприводу ГСТ-112 деталі в з'єднаннях піддаються різним видам зношування (рис. 1.10) [24]. Робочі поверхні латунного й сталевих розподільників піддаються гідроабразивному зношуванню. Частки, потрапляючи між розподільниками, викликають зношування з боку випускних серпоподібних вікон. У міру зростання значення зазору, інтенсивність зношування з'єднання збільшується.

При високій температурі й швидкості ковзання можливо виникнення захоплювання в з'єднаннях «латунний - сталевий розподільники», «п'ята - опора коліски» і «п'ята - похилої шайби» спочатку на окремих ділянках, а потім і по всій робочій поверхні деталей, що приводить до підвищення сил тертя в з'єднаннях. У результаті виникає пластична деформація й закупорка розвантажувального отвору п'яти, що викликає повне стирання робочої поверхні п'яти й опори [25].

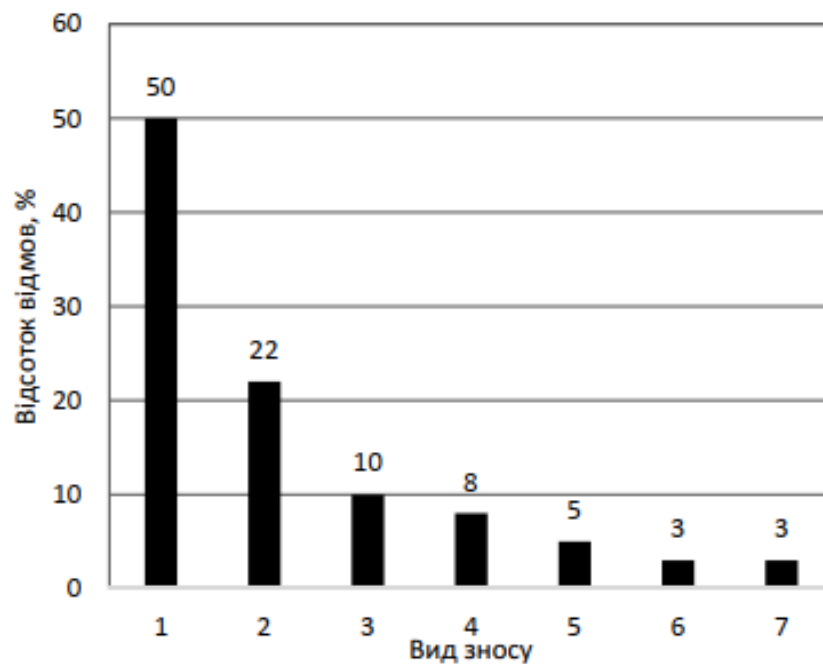


Рис. 1.10. Види зносу деталей ГСТ

1 – гідроабразивний знос, 2 – втомний знос (руйнування), 3 – захоплювання поверхонь тертя, 4 – кавітаційний знос, 5 – ерозія, 6 – корозія, 7 – змінання поверхонь

Дефекти деталей наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Дефекти деталей ГСТ

		
Вирив п'яти	Знос плунжера	Перегрів розподільника
		
Гідро абразивний знос	Абразивний знос	Знос п'яти
		
Знос шліців валу	Кольори мінливості на поверхні підшипника	Сліди схватування

Для підтвердження або спростування пропонованого механізму втрати працездатності необхідне проведення теоретичних і експериментальних досліджень ГСТ-112, що є однією із завдань дисертаційної роботи. Достовірні дані про причини й механізм втрати працездатності ГСТ дозволять запропонувати нові шляхи підвищення довговічності об'ємних гідроприводів.

1.3. Способи і засоби оцінки працездатності об'ємного гідроприводу ГСТ-90

В даний час існує два способи оцінки працездатності об'ємного гідроприводу ГСТ-90: статичний і динамічний (рис. 1.11) [26].

Статична оцінка (перевірка) ГСТ-90 розроблена в ГНУ ГОСНИТИ: полягає в тому, що на стенді КИ-4815М на гідрощільність і герметичність перевіряються окремі агрегати ГСТ-90. Для цього на стенд необхідно встановити насос високого тиску, настановні плити для кріплення гідроагрегатів, а також додаткову апаратуру управління і контролю.



Рис. 1.11. Способи оцінки працездатності об'ємного гідроприводу

Статична оцінка витoku рідини в качаючому вузлі проводиться шляхом підведення одночасно до обох нагнітальних магістралей агрегату (насоса або гідромотора) робочої рідини, що перевіряється, під тиском 21 МПа. Провертаючи вал уручну, заміряють витік із дренажних отворів протягом 60 с. Величина витoku не повинна перевищувати 2,75 л/хв [3-5, 10].

Результати статичної оцінки значною мірою залежать від чистоти робочої рідини. Механічні частинки, що містяться в робочій рідині, під дією тиску потраплятиме між деталями розподільного і поршневого вузлів, і, оскільки відносна швидкість цих деталей мала, вони не руйнуються, як при нормальній роботі агрегатів, а розтискає їх, і тим самим приводять до різкого зростання витоків [13]. Також на величину витоків значною мірою впливатиме температура робочої рідини.

Основною труднощами у використуванні цього способу для оцінки технічного стану всіх вузлів ГСТ-90 є модернізація стенду КИ-4815М. Об'єм робіт, пов'язаний з установкою додаткового насоса високого тиску, настановних плит і додаткової апаратури управління і контролю, рівний об'єму робіт по виготовленню нового стенду [13].

На рис. 1.12 зображений загальний вид малоенергоємного стенду КИ-28109 ГОСНИТИ для статичної перевірки агрегатів ГСТ-90. Для діагностики об'ємного гідроприводу розроблена науково - обґрунтована математична модель об'ємних і гідромеханічних втрат в аксіальних - поршневих гідромашинах, що враховує вплив зносу деталей випробовуваних агрегатів.

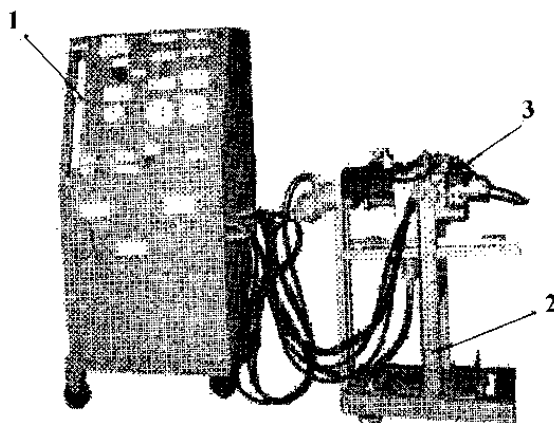


Рис. 1.12. Загальний вид малоенергоємного стенду КИ-28109 ГОСНИТИ:

1 - приладова панель; 2 - підставка; 3 - насос НПА-90

Аналогічна методика перевірки об'ємного гідроприводу використовується в МАДІ на кафедрі гідроприводу і гідропневмоавтоматики. На гідрощільність перевіряється качаючий вузол, ущільнення торця, сервоклапан, клапанна коробка, насос підживлення.

До достоїнств статистичної методики відноситься можливість оцінки технічного стану кожного окремого вузла ГСТ-90.

До недоліків статистичних методів оцінки відноситься неможливість оцінити працездатність комплекту ГСТ-90 в цілому, визначити основні технічні характеристики (подачу, момент, ККД).

Динамічна оцінка працездатності об'ємного гідроприводу ГОСНИТИ полягає у вимірі тиску в чотирьох крапках. В процесі випробування працездатність ГСТ-90 оцінюється по високому тиску, тиску насоса підживлення, тиску дренажу, і розрядці, що максимально розвивається, у всмоктуючій магістралі [3-9].

Динамічна оцінка витoku робочої рідини в качаючому вузлі гідроприводу проводиться на випробувальному стенді при частоті обертання привідного валу 1500 об/мин в два етапи. Вимірюють значення подачі для кожного агрегату (насоса або гідромотора окремо) при тиску 3,5 МПа і 21 МПа. Допустима різниця подачі не повинна перевищувати 8,0 л/хв. [10-13].

На рис. 1.13 зображений загальний вид модернізованого стенду КИ-4815М ГОСНИТИ - стенд КИ-28097-03 ГОСНИТИ, для динамічних випробувань об'ємних гідроприводів ГСТ-90, із більш потужним привідним двигуном і додатковою приставкою [27].

Підключення манометра для виміру тиску проводиться через технологічні заглушки в гідроагрегатах за допомогою спеціально виготовлених переходників.

Динамічний метод оцінки працездатності, в порівнянні із статичним, дозволяє із більш високою точністю оцінити технічний стан комплекту ГСТ-90, показати можливу причину відмови.

Проте, при відмові агрегату по другій і третій групі складності (за винятком випадків поломок деталей) вимір по чотирьох крапках не дозволяє виявити конкретну деталь або вузол, що викликали відмову. Тому цей спосіб діагностики повинен поєднуватися з частковим або повним розбиранням агрегату і дефектацією деталей [3-5].



Рис. 1.13. Загальний вид стану КИ-28097-03М ГОСНИТИ:

1 - стану КИ-28097-03М ГОСНИТИ ; 2- приставка до стану; 3 - об'ємний гідропривід ГСТ-90

Перевірку ГСТ-90 також можна здійснювати на серійних обкатувально-гальмівних стандах для випробування двигунів: КИ-5540, КИ-5541, КИ-5543. [28].

Аналіз представлених методик показав, що існує необхідність в розробці нової методики і стану оцінки працездатності ГСТ-90, що забезпечує визначення основних технічних характеристик нових, тих що, були в експлуатації і відремонтованих агрегатів.

До достоїнств нового методу оцінки працездатності об'ємного гідроприводу ГСТ-90 повинна відноситися можливість післяремонтної обкатки і випробувань із визначенням технічних характеристик.

Як привід насоса ГСТ-90 доцільно використовувати контрольно-випробні станди, що серійно випускаються, це істотно понизить капіталовкладення і дасть можливість використовувати нову методику перевірки і стану на невеликих ремонтно-технічних підприємствах.

1.4. Мета і задачі дослідження

Аналіз науково-технічної літератури і експериментальних робіт показав, що причиною порушення працездатності ГСТ є: забруднення, перегрів робочої рідини, порушення умов мастила, і циклічно змінні навантаження на деталі, що приводить до інтенсивного зношування пар тертя і падіння об'ємного ККД гідроприводу»

В науково-технічній літературі існують різні точки зору на причину ресурсної відмови ГСТ і на чинники, що визначають його працездатність. Це зв'язано перш за все з тим, що за допомогою стендів, вживаних на ремонтних підприємствах неможливо отримати безпосередню оцінку показника працездатності ГСТ - об'ємного коефіцієнта корисної дії.

Окрім цього не визначений ступінь впливу різних чинників, що визначають ресурс ГСТ, що необхідне для розробки технологічних рекомендацій по ремонту і вибору способів відновлення і зміцнення робочих поверхонь деталей та прогнозуванню довговічності.

У зв'язку з цим метою роботи є оцінка працездатності і розробка технологічних рекомендацій по ремонту об'ємного гідропривода трансмісії, які забезпечують 90 - відсотковий ресурс після ремонту і об'ємний коефіцієнт корисної дії (ККД) агрегатів 0,95, а також розробка методики прогнозування довговічності деталей за енергетичним критерієм.

Для виконання поставленої мети необхідно, вирішити наступні задачі;

1. Досліджувати дефекти деталей і знос пар тертя об'ємного гідроприводу ГСТ-90, що визначає його працездатність.

2. Розробити методику і стенд для оцінки працездатності об'ємного гідроприводу ГСТ-90, які відповідають вимогам технічних умов на випробування.

3. Встановити чинники, визначаючі зниження об'ємного ККД ГСТ-90, напрацювання повністю і міжремонтний ресурс.

4. Провести зміцнення деталей об'ємного гідروприводу трансмісії методом електроіскрової обробки.
5. Провести моделювання напружено – деформованого стану деталей об'ємного гідроприводу трансмісії.
6. Розрахувати довговічність нових, відновлених та бувших в експлуатації без відновлення деталей за енергетичним критерієм.
7. Розробити заходи по безпечній роботі та охороні праці.
8. Провести економічну ефективність запропонованих технологічних рекомендацій.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ОЦІНКИ РОБОТОЗДАТНОСТІ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДУ ГСТ

2.1. Теоретична модель зв'язку динаміки внутрішнього витоку рідини від зношування сполучень гідروприводу

Основними вузлами і сполученнями об'ємного гідроприводу ГСТ-90 (рис. 1.2), що визначають його ресурс є блок циліндрів з дев'ятьма плунжерними парами, розподільні пари, золотникові пари, сполучення «п'ята - опора», «п'ята - похила шайба» і ін. [1-7].

Динаміка зміни втрати рідини у міру експлуатації насоса (гідромотора) пов'язана з динамікою зміни зазору від напрацювання залежністю:

$$z_{щ}(t) = \Delta_{щ} + \mathcal{G}_{np} t_{np}^{\xi} + \mathcal{G}_c t_c^{\xi_c}, \quad (2.1)$$

де $\Delta_{щ}$ - координата середини поля допуску сполучення, мм;

$\mathcal{G}_{np}, \mathcal{G}_c$ - відповідно коефіцієнти швидкості зношування сполучення в період прироблення і експлуатації;

ξ_{np}, ξ_c - відповідно, зміни швидкості зношування сполучення залежно від напрацювання.

Отже, математична модель динаміки витоку рідини через щілини пари тертя «розподільник сталевий – приставне дно» матиме вигляд:

$$q_p(t) = \frac{1}{\mu(t)} \cdot \frac{D \left(\Delta_{щ} + \mathcal{G}_{np} t_{np}^{\xi_{np}} + \mathcal{G}_c t_c^{\xi_c} \right)}{12L} (\Delta P), \quad \text{л/хв. (м}^3/\text{с)}, \quad (2.2)$$

де $\mu(t)$ - динамічна в'язкість рідини, Па·с;

D - середнє коло ущільнення торця, м;

L - ширина поверхні ущільнення торця, м;

ΔP - перепад тиску, Па.

Схема витоку рідини через зазор в розподільній парі насоса (гідромотора) представлена на рис. 2.1. Динаміка витоку рідини в розподільній парі можна визначається і по перетвореній формулі.

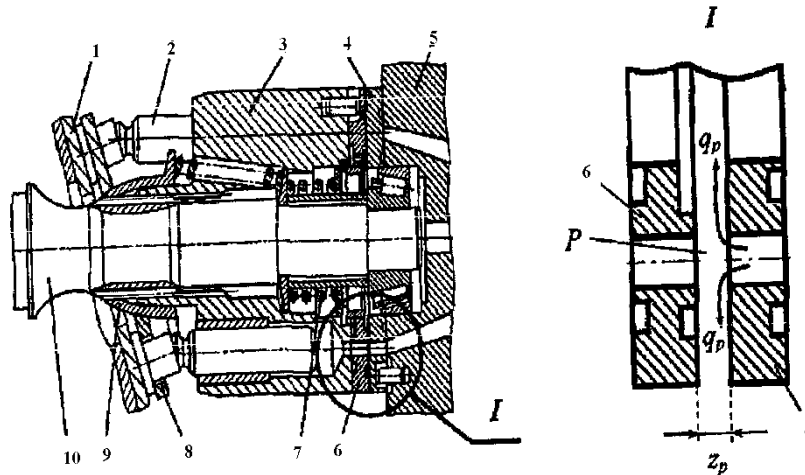


Рис. 2.1. Схема витоку рідини через зазор в розподільній парі насоса (гідромотора):

1 - опора; 2 - поршень з п'ятою; 3 - блок циліндрів; 4- розподільник сталевий; 5 - кришка задня; 6 - розподільник латунний; 7 - пружина; 8 - сепаратор; 9 - втулка сферична; 10 - вал; P - тиск в лінії нагнітання; q_p - втрата в розподільній парі; z_p - зазор торця в розподільній парі (технологічний - 2 мкм).

Математичну модель динаміки витоку рідини через щілину, утворену між поршнем і втулкою блоку циліндрів (рис. 2.2) або між золотником в отвором корпусу клапанної коробки можна записати у вигляді:

$$q_{n.з}(t) = \frac{1}{\mu(t)} \cdot \frac{D(g_c t_c^{\varepsilon_c})^3}{12L_{n.з}} (\Delta P) \cdot \left(1 + \frac{3}{2} \varepsilon^2\right), \text{ л/хв. (м}^3/\text{с)}, \quad (2.3)$$

де D - середнє коло кільцевої щілини, м;

$L_{n.з}$ - довжина поршня, золотника, м;

величини робочого тиску, але і від інтенсивності зношування сполучень гідроагрегатів.

Із зростанням витоку рідини у внутрішні порожнини агрегатів відбувається зниження об'ємного ККД гідроприводу до граничного значення $\eta_{опр}$ зменшення тиску в гідролінії «насос - гідромотор».

При напрацюванні насоса рівного t :

$$Q_{нф}(t) = Q_p - q_{ym}(t) - q_x(t) \quad (2.5)$$

де $q_{ym}(t)$ - швидкість витоку рідини через зазори насоса, л/хв;

$q_x(t)$ - витрата втрат стиснення, л/хв.

Тоді динаміка зниження об'ємного ККД насоса, у міру використання, матиме вигляд:

$$\eta_o(t) = 1 - \frac{q_{ym}(t) + q_x(t)}{Q_p} \quad (2.6)$$

За даними ВАТ «Гідросила», граничним станом насоса НПА-90 є зниження подачі насоса не більше ніж на 20%, що відповідає, при початковому значенні ККД, рівним 0,95, граничному значенню 0,76 [25].

Тоді гранична швидкість витоку рідини в насосі:

$$q_{ym}(t) + q_x(t) = Q_p (1 - \eta_{опр}) = 133,45 \cdot (1 - 0,76) = 32,0 \text{ , л/хв.}$$

Продуктивність насоса підживлення НШ-18 рівна 27,5 л/хв, тобто гранична швидкість витоку рідини в дренаж не може перевищувати цього значення.

Значення об'ємного ККД всього гідроприводу убуде складатися із значень об'ємних ККД насоса і гідромотора по формулі:

$$\eta_o = \eta_{no} \cdot \eta_{mo} = 0,95 \cdot 0,95 = 0,9.$$

Тоді, в першому наближенні, граничне і допустиме зниження об'ємного ККД всього гідроприводу, по функціональному критерію (20% зниження подачі), можна прийняти рівними: $\eta_{пр о} = 0,578$, $\eta_{доп о} = 0,731$ відповідно.

Як вже було сказано, падіння об'ємного ККД насоса, як правило, пов'язано із зносом робочих поверхонь деталей: розподільників, поршнів, золотників, втулок, отворів, п'ят, опор» упорів.

В науково-технічній літературі [13-17] існують різні думки про ступінь впливу цих чинників на об'ємний ККД гідроприводу.

Достовірним способом рішення даної задачі є експеримент, який дозволить оцінити коефіцієнти значущості чинників, що визначають об'ємний ККД гідроприводу.

Якщо випробування проводити при фіксованому числі обертів валу насоса, тиску нагнітання, температурі масла і забрудненості робочої рідини, то рівняння регресії, наприклад, для трьох факторного експерименту матиме вигляд:

$$\bar{\eta}_o = M \{ \eta_o \} \approx b_o + \sum_{i=1}^3 b_i z_i + \sum_{i,j} b_{i,j} z_i z_j + \dots + b_{123} z_1 z_2 z_3 + \varepsilon \quad (2.7)$$

де η_o - об'ємний ККД (параметр оптимізації);

z_i - зазори в сполученнях, які варіюються при постановці експерименту;

b_o , b_i , b_{ij} і т.д. оцінки коефіцієнтів значущості;

ε - похибка оцінки.

Досвід експериментального дослідження ГСТ-90 показує, що об'ємний ККД найбільш ефективно визначається шляхом безпосереднього дослідження втрати рідини за наслідками випробування агрегату, а також через відомі закономірності зміни витоку із зростанням зазорів. В даній роботі ці дві задачі вирішено спільно методами однофакторного та багатфакторного експерименту.

2.2. Вплив зовнішніх навантажень і властивостей деталей ГСТ на працездатність гідроагрегату

В аксіально-поршневих гідромашинах із зростанням навантаження (див. рис. 1.2,1.3) і збільшенням зазорів (див. ф. 2.2, 2.3) підвищуються питомі навантаження на поверхні деталей, що труться, і збільшуються внутрішні втрати рідини через зазори. Отже, збільшується кількість проникаючих в зазори абразивних частинок, що, у свою чергу, веде до зростання інтенсивності зношування пара тертя [21].

В поршневій парі блоку циліндрів підвод рідини для мастила опори, сферичної і плоскої поверхонь п'ят здійснюється через дросельні осьові канали діаметром A , Мастило поршня і втулки блоку циліндрів проводиться рідиною, що протікає під тиском P через зазори, утворювані цією парою тертя. Рідина через зону контактів втулки і поршня може протекти в тому випадку, якщо розсовуюча сила буде більше сили стиснення.

В зонах контакту поршня з втулкою максимально нормальна напруга в зоні з еліптичним майданчиком контакту обчислюється по формулі:

$$\sigma_{z \max} = 63,662 \left[\frac{P_k}{l} \left(\frac{2}{d} - \frac{2}{D} \right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.8)$$

де P_k - контактні сили, стискаюча робочі поверхні поршня і втулки;
 d, D - діаметри поршня і втулки, відповідно;

1 - значення довжини напіввісі контактного майданчика.

У міру експлуатації насоса і гідромотора площа контакту пари «поршень-втулка збільшується, граничне значення якої можна оцінити мікрометрируванням плями контакту.

Блок циліндрів 5 рис. 2.3 знаходиться під дією результуючих сил F_H тиску робочої рідини P на виступи донець циліндрів і пружини $N_{пр}$, що притискує його до розподільника 3, і результуючої, розсовуючої сили R_H тиску масляної плівки в стиковому зазорі z_p між розподільником 3 і 4.

При порушенні умови $F_H + N_{пр} > R_H$ відбудеться розгерметизація розподільного вузла.

Так, на думку Снека (Н. J. Sneek), в ущільненнях (рис. 2.2) торців з хвилястістю до ексцентриситетом робочої поверхні і тангенціально - що змінюється завтовшки плівки розсовуюча сила наближено дорівнює (турбулентний режим):

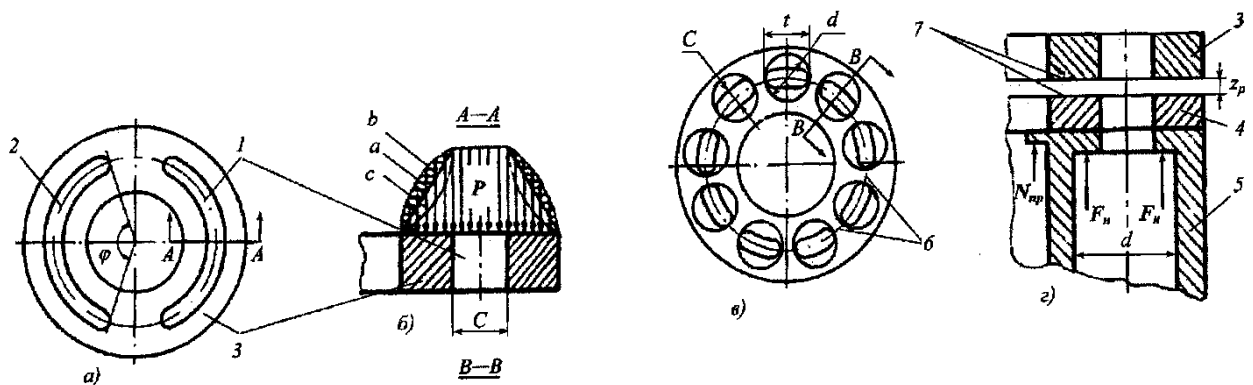


Рис. 2.3. Схеми дії сил у стиковому зазорі розподільної пари:

1 - нагнітаюче вікно; 2 - всмоктуюче вікно; 3 - розподільник сталевий; 4 - розподільник латунний; 5 - блок циліндрів; 6 - перемички; 7 - щільні поясокчи; ψ - кут охоплення вихідної щілини, град; d - діаметр циліндра, мм; C , t - ширина і довжина отвору циліндра, відповідно, мм; z_p - зазор розподільної пари, мм; a , $б$, $с$ - криві, що характеризують зміну епюр тиску; P - тиск рідини, МПа; F_H і $F_{об}$ - результуючі сили тиску рідини, Н; $N_{пр}$ - сила пружини, Н

$$R_H = \pi P_1 (r_2^2 - r_1^2) + \frac{\pi \rho \left(\frac{\omega}{2}\right)^2}{4} (r_2^2 - r_1^2)^2 + 2\pi \left[\frac{(P_2 - P_1) - \frac{\rho}{2} \left(\frac{\omega}{2}\right)^2 (r_2^2 - r_1^2)}{(r_2^3 + r_1^3)} \right].$$

$$\left[\frac{4}{11} (r_2^{11} - r_1^{11}) \right] - \frac{r_1^3}{2} (r_2^2 - r_1^2) + 0,02 \rho (\nu)^4 \cdot \alpha \varepsilon \pi r_2^2 \left| \frac{r_2 \omega}{2} \right|^3 \left(\frac{r_2 \omega}{2} \right) \left[\frac{\sin \theta}{\left(\frac{z_p}{2}\right)^4} \right].$$

$$\left[\frac{4}{11} \left[\frac{1 - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{\frac{7}{4}}}{1 - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{\frac{3}{4}}} \right] \cdot \left[1 - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{\frac{11}{4}} \right] - \frac{4}{15} \left[1 - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{\frac{15}{4}} \right] + \left[1 - \frac{1 - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{\frac{7}{4}}}{1 - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^{\frac{3}{4}}} \right] \cdot \left[\frac{1 - \left(\frac{r_1}{r_2}\right)}{2} \right] \right], \text{кгс (2.9)}$$

де P_1 - тиск на внутрішньому r_1 (м) радіусі ущільнення, кгс/м²;

P_2 - тиск на зовнішньому r_2 (м) радіусі ущільнення, кгс/м²;

ω - кутова швидкість ущільнення, с⁻¹;

ρ - густина рідини, кгс·с²/м²;

ν - кінематична в'язкість рідини, м²/с, н = м/с;

α - відношення амплітуди хвилястості поверхні до величини зазору z_p ;

ε - ексцентриситет ущільнення, м;

θ - фазовий кут між проекцією центру лінії центрів і лінією початку відліку хвилястості, радий.

Під тиском робочої рідини P на торці поршня виникає пульсуюча осьова сила F_H притискуюча п'яту поршня до опори під кутом θ .

Зазор в парі «п'ята - опора», «п'ята – похила шайба» утворюється розсовуючою силою:

$$R_H = p \frac{r_{n2}^2 - r_{n1}^2}{\ln \frac{r_{n2}}{r_{n1}}}, \quad \text{де } p \frac{r_{n2}^2 - r_{n1}^2}{\ln \frac{r_{n2}}{r_{n1}}} = p_b \frac{D_n^2}{2}, \text{, кгс} \quad (2.10)$$

де P і P_b - тиск в циліндрі і в камері b , відповідно, кгс/м²;

D_n , - середнє коло ущільнення п'яти, м. r_{n1} ,

r_{n2} - внутрішній і зовнішній радіуси ущільнення п'яти, м.

Підставляючи у формули (2.10) числові значення параметрів насоса НПА-90 при $n_{\max} = 2000$ об/хв. отримали: $F_H = 5934,6$ кгс; $N_{\text{пр}} = 115,3$ кгс (дані ВАТ «Гідросила») [25]; $R_H = 4477,7$ кгс, тобто умова виконується: $5934,6 + 115,3 > 4477,7$. При розрахунку по формулі (2.16) умова нерозгерметизації також виконується.

Таким чином, розрахунки по формулах (2.10) і (2.11) показали, що розгерметизація ущільнень торців в процесі роботи відсутня, а номінальний зазор утворюється за рахунок хвилястості і мікрошорсткості робочих поверхонь деталей.

До контактних ущільнень торців примусової дії пред'являється ряд суперечливих вимог. Для захисту ущільнюючих поверхонь від пошкоджень і зниження їх зносу необхідне розділення їх змащувальним шаром. В теж час, щоб втрати були мінімальні, відстань між торцевими поверхнями повинна бути не більше 2,5 мкм.

Контакти поверхонь тертя через перекис і попадання абразиву в рідину приводять до підвищення коефіцієнта тертя, що підвищує інтенсивність зношування. Тому від матеріалу відновленої або зміцненої поверхні потрібна пристосовність до умов, що змінилися. Він повинен володіти максимальною зносостійкістю і здатністю тривало витримувати навантаження.

Як відомо, несуча здатність пари тертя, в першому наближенні, визначається з формули:

$$q_r = \frac{H_\mu \cdot r}{R_z} \cdot \left(1 - \frac{2\tau}{\sigma_0} \right) \leq \sigma_{z \max}, \quad (2.11)$$

де q_r - максимальне питоме навантаження, сприймане парою тертя, визначується по ГОСТ 23,224 -86;

H_μ - мікротвердість більш м'якої поверхні;

r - радіус закруглює нерівностей більш твердої поверхні;

R_z - середня висота нерівностей більш твердої поверхні, визначується по десяти крапках;

$\sigma_{z \max}$ - фактичне навантаження на пару тертя.

Отже, пари тертя володітимуть кращою працездатністю, якщо дотримувати умову $q_r \ll \sigma_{z \max}$.

Згідно молекулярно - механічної теорії тертя коефіцієнт тертя пар ковзання визначається наступним виразом:

$$f = \frac{\tau_0}{p_r} + \beta + k \sqrt{\frac{h}{r}}, \quad (2.12)$$

де τ_0 - міцність адгезійного зв'язку на зріз за відсутності стискаючого зусилля;

p_r - фактичний тиск;

β - коефіцієнт зміцнення адгезійного зв'язку;

k - коефіцієнт пропорційності, залежний від геометричного контуру поверхонь;

h - глибина упровадження одиничної нерівності більш твердої поверхні в приповерхневі шари контртіла;

r - радіус закруглює одиничної нерівності більш твердої поверхні.

Відомо, що чим твердіше поверхня контртіла, тим більше P_r і менше перша складова правої частини.

Друга складова формули 2.12 матиме низьке значення тоді, коли поверхні матеріалів пари тертя (або однієї поверхні) містять шар менш міцного матеріалу.

Зовнішнє тертя має місце, якщо:

$$\frac{h}{r} \leq \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2\tau}{\sigma_0} \right), \quad (2.13)$$

де τ - міцність на зріз адгезійного зв'язку, містків зварювання, що утворюються;

σ_0 - межа текучості поверхні, що деформується.

З формули 2.13 виходить, що зовнішнє тертя повністю припиниться, якщо відношення $2\tau/\sigma_0 \geq 1$, а якнайкращою умовою тертя буде, якщо $\tau \rightarrow 0$.

Отже, щоб забезпечити зовнішнє тертя з мінімальними коефіцієнтами тертя не можна використовувати однорідний по глибині матеріал, тобто твердість матеріалу від поверхні в глибину повинна зростати

Як вже було сказано в парах тертя, наприклад, «поршень-втулка блоку циліндрів» твердість поверхні отвору повинна бути більше твердості поверхні поршня, щоб дотримувалася друга умова формули 2.12.

Ці задачі можуть бути вирішені нанесенням на поверхню отвору і (або) валу двошарових покриттів - твердого і м'якого. Перший шар забезпечить відновлення зношеного розміру, а другий, мало зміцнюючий шар менш міцного матеріалу, наприклад, міді, бронзи, або латуні створить умови, щоб τ_0 і β були мінімальними. Тоді під м'яким шаром плівки буде твердий матеріал, який забезпечить велику несучу здатність pr .

При цьому твердості матеріалів розташується таким чином, що сполучення „вал-втулка” з прямої пари тертя перетвориться в зворотну, що сприятливо позначиться на довговічності сполучення.

Взаємний контакт робочих поверхонь деталей відбувається по виступах мікронерівностей на вершинах хвиль б.

При первинному навантаженні, як правило, відбувається пластична деформація виступів, т, е, що входять в торкання виступи пластично сплющуються з упровадженням: упроваджується більш твердий виступ або той, якому геометрична форма надає більший опір деформації.

Площа фактичного контакту поверхонь складає 0,01-0,0001 номінальне площі поверхонь, що сполучаються, і складається з безлічі дискретних малих майданчиків б (рис. 2.4 а), розташованих на різних висотах плям торкання в місцях як найповнішого зближення поверхонь. При взаємодії поверхонь з двох різних матеріалів площа фактичного контакту визначається фізиці - механічними властивостями більш м'якого матеріалу і геометрією поверхні більш твердого матеріалу.

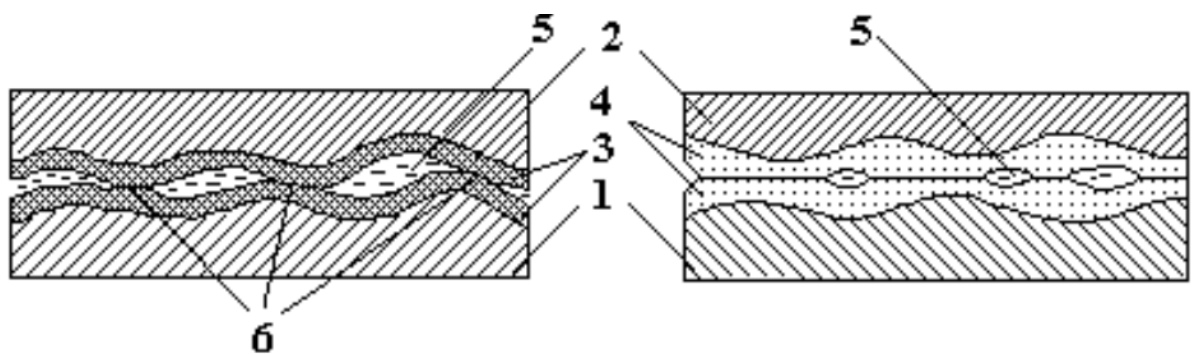


Рис. 2.4. Утворення на поверхні контакту деталей:

а) - при граничному мастилi; б) за наявності мідного покриття і утворення плівки; 1 - сталь; 2 - чавун; 3 – окисневі плівки; 4 - квазізріджені мідні і особливі плівки; 5- мастило; 6 - мікронерівності

Із формул 2.12, 2.13 виходить, що для підвищення несучої здатності з'єднання і зниження коефіцієнта тертя важливим є радіус закруглює мікронерівностей більш твердого тіла. Чим він більше, тим із більшою безпекою

дві зв'язані поверхні, що труть, можуть працювати в режимі зовнішнього тертя.

При терті із граничним мастилом і терті без змащувального матеріалу поверхні деталей завжди покриті крихкими окисними плівками, які запобігають безпосередньому контакту металевих поверхонь і їх схоплюванню, але одночасно перешкоджають виходу дислокацій на поверхню, що прискорюють наклеп поверхневого шару. Оскільки окисні плівки не здатні багато разів деформуватися, то в процесі тертя швидко руйнуються. Крім того окисні плівки при терті перешкоджають проникненню поверхнево-активних речовин до металу, чим знижують ефект пластифікації поверхневих шарів матеріалу деталей і не створюють умови для зниження сил тертя між ними. В результаті пластичні деформації охоплюють більш глибокі шари ділянок контакту, що збільшує інтенсивність зношування пари тертя.

Продуктами зношування при терті із граничним мастилом є в основному оксиди, які не мають електричного заряду, вільно несуться із зони тертя і, переміщаючись між контактуючими поверхнями, надає на них абразивну дію.

При терті мащених поверхонь із шарами міді, бронзи або латуні, можливо появи між ними тонкої квазізрідженої мідної плівки, а на ній, у свою чергу, полімерної плівки, утворюваних, як правило, в умовах близьких, до виборчого перенесення [16]. Тоді контакт поверхонь тертя здійснюється через м'який шар міді, що пластично деформується, на поверхні якій адсорбовані тонкі шари мастила. В результаті площа фактичного контакту може збільшитися в 10 - 100 разів, а матеріал деталей випробовуватимуть пружні деформації, а пластичні деформації перенесуться у всередину квазізрідженої мідної плівки, що повинне привести до різкого зниження інтенсивності зношування.

Розрахунково-експериментальним способом було встановлено [6], що для підвищення зносостійкості пар тертя до рівня нового сполучення, інтенсивність зношування повинна відповідати умові:

$$I = 3,82 \cdot E_{np}^{3,93} \cdot \Delta_{np}^{1,63} \cdot \left(\frac{H_{\omega}}{R_{\omega}} \right)^{0,326} \cdot \left(\frac{3f}{\sigma_0} \right) \leq (0,25 - 0,75) \cdot 10^{-10}, \quad (2.14)$$

де E_{np} - приведений модуль пружності контактуючих матеріалів, МПа;

$\Delta_{np} = \frac{R_{\max}}{r \cdot b^v}$ - приведений параметр шорсткості матеріалів;

R_{\max} - відстань між найбільшим виступом і якнайменшою западиною, мкм;

b, v - параметри кривої опорної поверхні, мкм;

H_{ω}, R_{ω} - відповідно, максимальна висота і радіус закруглює хвилі;

f - коефіцієнт тертя;

σ_0 - межа текучості більш м'якого матеріалу, МПа;

t_y - параметр фрикційної утомленості.

Аналіз формули 2.14 і умови взаємодії в прецизійних парах тертя дозволяє виявити вид технологічної дії на робочі поверхні деталей насоса і гідромотору, із тим, щоб підвищити їх ресурс. Для зниження інтенсивності зношування деталей, які створюють ресурсовизначаючі сполучення, необхідно змінити їх фізико-механічні властивості, зокрема, підвищити твердість і понизити коефіцієнт тертя контактуючих поверхонь.

Для реалізації умови 2.14 самим відповідним методом, на нашу думку, є електроіскрова обробка, яка дозволяє не тільки наносити металопокриття необхідної товщини із заданими фізико-механічними властивостями, але і зміцнювати робочі поверхні деталей.

2.3. Висновок

Розроблено методику розрахунку втрат робочої рідини між деталями приводи та її вплив на старіння деталей об'ємного гідроприводу трансмісії.

Встановлено можливість зміцнення та відновлення деталей гідропри-
воду методом електроіскрового оброблення.

РОЗДІЛ 3

ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА І СТРУКТУРА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма і структура досліджень

Весь об'єм експериментальних досліджень можна розділити на декілька етапів (рис. 3.1). На першому етапі проводився аналіз причин відмов були в експлуатації об'ємних гідроприводів ГСТ-90. Був проведений вхідний стендовий контроль і аналіз дефектів і внесків деталей і сполучень.



Рис. 3.1. Етапи досліджень

Дослідження проводились з метою отримання порядку та закономірності зносу деталей в сполученнях в процесі експлуатації ГСТ-90 і параметрів їх розподілу.

На другому етапі здійснювалося планування багатofакторного експерименту, розроблялася програма його проведення. Реалізований багатofакторний експеримент. Це дозволило виявити зв'язок об'ємного ККД ГСТ-90 з внесками деталей і зазорами в сполученнях.

Третій етап присвячений розробці методики і устаткування для оцінки працездатності ГСТ-90, які дозволяють визначати основні технічні характеристики об'ємного гідроприводу.

Згідно розробленої методики був модернізований серійний обкатувальний стенд КИ-5543 (ГОСНИТИ).

Четвертий етап присвячений розробці технологічних рекомендацій по ремонту ГСТ-90 із відновленням і зміцненням деталей ресурсовизначаючих сполучень, що дозволяють забезпечити 100% технічний рівень агрегатів (об'ємний ККД 0,95) і підвищити їх післяремонтний ресурс.

Згідно запропонованим рекомендаціям відремонтована партія насосів і гідромоторів об'ємного гідроприводу ГСТ-90 і проведені експлуатаційні випробування гідроагрегатів

На п'ятому етапі проведений розрахунок техніко-економічної ефективності запропонованих рекомендацій.

3.2. Методика проведення стендових випробувань об'ємних гідростатичних трансмісій ГСТ-90

3.2.1. Експериментальна установка і замірювальна апаратура, які використовуються при виконанні лабораторних досліджень

Для експериментальних досліджень гідроприводу трансмісії комбайнів створений натуральний комплексний стенд (рис.3.2).

Основним агрегатом стенда є серійний зразок ГСТ-90, який складається з аксіально-плунжерного гідронасосу і аксіально-плунжерного гідромотора

Привод гідронасоса здійснюється машиною балансірною АКБ-82-4 потужність 55 КВт, частота обертань якої регулюється рідинним реостатом у діапазоні від 600хв-1 до 1500хв-1.

Корпус гідромотора з'єднано з корпусом гідронасоса рукавами високого тиску, через спеціальні штуцери, які дозволяють підключати до них датчики тиску, манометри або інші пристрої.

Стабілізація температурного режиму робочої рідини здійснюється системою охолодження, яка складається з водяного теплообмінника і гідронасоса НШ –10Е з автономним приводом. Змінюючи подачу холодної води, можна забезпечити необхідну температуру робочої рідини.

Поворот важеля керування робочим об'ємом гідронасоса, здійснюється дистанційно спеціальним пристроєм, який дозволяє повільно змінювати кут нахилу ричала від -30° до $+30^{\circ}$ С відносно нейтрального положення і фіксувати його в різному положенні, а також різко вручну переміщати важіль на будь-який фіксуємий кут в цьому діапазоні.



Рис.3.2. Комплексний стенд для експериментальних досліджень гідроприводу трансмісії

Стенд складається: електродвигун, гідронасос, гідромотор, бак, насосна станція, манометр заміру тиску в магістралі підшипники, манометр заміру тиску в дренажній магістралі, манометр заміру тиску в нагнітальній магістралі.

Як вже було відзначено, існує два основні способи оцінки працездатності об'ємного гідроприводу ГСТ-90: статичний і динамічний.

Динамічна і статична перевірка були в експлуатації об'ємних гідроприводів ГСТ-90 показали, що результати, отримані по цих методиках, мають істотну розбіжність. За наслідками динамічної перевірки агрегатів встановлено, що всі 100% об'ємних гідроприводів вважалися непрацездатними.

За наслідками статичної перевірки встановлено, що вірогідність надходження на ремонт об'ємних гідроприводів, в агрегатах яких витік рідини в дренаж перевищує допустиме значення $q = 2,75$ л/хв., складає 61%, Ці агрегати вважалися непрацездатними, інші 39% вважалися умовно працездатними.

Крім того, динамічна і статична методики визначають технічний стан об'ємного гідроприводу тільки по умовних показниках (витік або тиск).

Таким чином, оцінка працездатності повного комплекту ГСТ-90 з використанням існуючих методик приводить до недостовірних результатів. Заводська методика перевірки складна і дорога. Тому для перевірки ГСТ-90 необхідно розробити нову методику, що дозволяє визначити технічний стан всього комплекту ГСТ-90, наближену до заводської, і стенд, здатний задавати необхідні режими занурення гідроприводу.

Дана методика нами розроблена. Її суть полягає в тому, що при випробуваннях вал насоса обертається із швидкістю 1500 об/хв., а вал гідромотора обертається із змінним навантаженням. Випробування проводяться після обкатки, при номінальних значеннях тиску $P = 21$ МПа і $P = 27$ МПа, при яких визначають подачу насоса, витрата рідини через гідромотор, об'ємний ККД насоса, гідромотора і комплекту ГСТ-90 в цілому.

Для перевірки працездатності нових, та бувших в експлуатації і відремонтованих ГСТ-90 розроблений експериментальний стенд (рис. 3.2), техні-

чні характеристики якого дозволяють випробовувати гідроагрегати по даній методиці.

Новизна стенду полягає в тому, він обладнаний спеціальним гідравлічним гальмом [12] і приладами, що забезпечують повне завантаження гідротрансмисії в динамічному режимі, Стенд може використовуватися для випробувань всього типорозмірного ряду ГСТ. Методика випробувань дозволяє контролювати всі основні технічні характеристики ГСТ-90.

3.3. Методика проведення і оцінки технологічної дії на робочі поверхні деталей

Результати експерименту дозволили встановити основні чинники і ступінь їх впливу на робочі параметри об'ємного гідроприводу ГСТ-90. До них відносяться наступні сполучення: «розподільник сталевий – приставне дно», «плунжер - втулка блоку циліндрів», «золотник - отвір корпусу клапанної коробки».

Аналіз літературних джерел, а також досвід, накопичений в науковій лабораторії кафедри НРМ показали, що для підвищення зносостійкості партертя, що впливають на працездатність об'ємного гідроприводу ГСТ-90, найприйнятнішим способом технологічної дії на робочі поверхні деталей є електроіскрова обробка, яка дозволяє як зміцнювати робочі поверхні, так і наносити на них шар металопокриття із заданими фізико-механічними властивостями.

Методика проведення технологічної дії.

При проведенні експериментальних досліджень по електроіскровій обробці основною задачею є вибір раціональних технологічних параметрів при різних режимах нанесення поверхневого шару.

Заздалегідь розроблений маршрут технологічної дії на деталі ГСТ-90 показав, що ЕІО необхідно проводити по наступним напрямкам:

1. Вибір раціональних режимів зміцнення торцевої поверхні латунного

розподільника в розподільній парі.

2. Вибір раціональних режимів наплавлення на зовнішні поверхні поршня і золотника в поршневій і золотниковій парах.

Для проведення досліджень по першому напрямку готувалися зразки з латуні ЛМЦСКА 58-2-2-1-1, з шорсткістю поверхні $Ra=0,32$ мкм. Перед експериментом зразки знежирювалися, вимірювалися.

Для проведення досліджень по другому напрямку як зразки були підібрані плунжера насоса і золотники гідромотора. Зразки знежирювалися і вимірювалися.

Початкові дані заносилися в таблицю протоколу експерименту.

Вибір матеріалів електродів здійснювався виходячи з аналізу літературних джерел і попередніх досліджень в даному напрямі.

Для зміцнення поверхонь торців латунного розподільника використовувалася установка «Елітрон-21Б» (рис 3.3), живлення якої здійснюється від мережі змінного струму 220В [26].

Універсальна установка «Елітрон-21Б» з ручною обробкою призначена для зміцнення робочих поверхонь, а також для відновлення розмірів зношених деталей (із зносом до 0,05 мм) і електричних контактів.

Установка складається з генератора 1, призначеного для створення робочих імпульсів струму і напруги, і електромагнітного віброзбудника 2, який забезпечує комутацію розрядної мережі віброуючим електродом. Регулювальні тумблери показані на панелі установки (рис 3.3).

Установка забезпечує три режими по ємкості: (10+3) мкФ, (20+6) мкФ, (30+9) мкФ і сім режимів по напрузі: 40,50,60, 70, 80,90 і 100 В. Середнє значення зарядного струму змінюється в діапазоні від 1,0 до 2,3 А.

Віброзбудник забезпечує закріплення електродів діаметром 1,5, 2,0 та 3,0 мм. Для ручної ЕІО застосовують електроди круглого та прямокутного перетину.



Рис. 3.3 Установа „Елітрон-21Б”:

1 – генератор; 2 – збудник; 3 – тумблер включення; 4 – ручка регулювання напруги; 5 – ручка регулювання ємкості накопичення конденсаторів; 6 – ручка регулювання частоти вібрації віброзбуджувач; 7 – амперметр; 8 – деталь.

Частота вібрації електроду змінюється в діапазоні не менше ніж від 100 до 500 Гц, а частота проходження імпульсів на накопичувальних конденсаторах в діапазоні не менше ніж від 50 до 500 Гц.

Дослідження проводили на всіх режимах установки. Площа досліджуваної поверхні складала 1 см².

Вимірювання мікротвердості оброблюваної поверхні здійснювали за допомогою мікротвердоміра ПТМ-3. Вимірювання зразків проводилося в триразовій повторності як до, так і після нанесення шару.

Нанесення покриття на поршні і золотники здійснювалося на установці «Елітрон-21Б».

В табл.3.2 приведені основні енергетичні характеристики установки «Елітрон-21Б».

На рис. 3.4 представлена принципова схема роботи установки «Елітрон-21»

Таблиця 3.2-Режими роботи установки «Елітрон - 21»

№ режиму	Напруга холостого ходу, В	Робочий струм, А	Ємність конденсатора, мкФ	Енергія розряду, Дж
1	15	0,-0,7	360	0,02
2	22	0,7-0,8		0,05
3	35	0,9-1,3		0,13
4	50	1,4-1,8		0,27
5	60	1,9-2,3		0,39
6	70	2,4-2,8		0,52

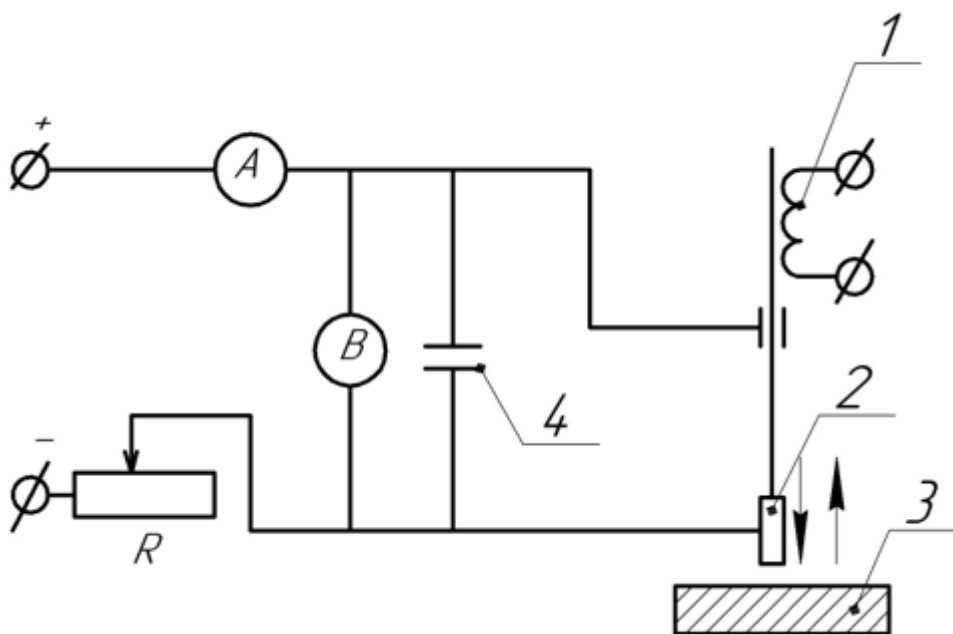


Рис.3.4. Принципова схема роботи установки «Елітрон 2»

1 - генератор; 2 – електрод (анод); 3 - оброблювана деталь; 4 - ємність

В ході досліджень частоту обертання зразка фіксували на рівні 11,2 об/хв., а частоту обертання електроду - інструменту - на рівні 3500 об/хв., Варіювали режимами установки 4 и 5 (робочий струм $I = 2,6$ А і 3,8 А, енер-

гія розряду $W=0,81$ Дж і $1,66$ Дж відповідно, при напрузі $U = 96$ В, див. табл. 3.2., подачею електроду на оборот зразка S від $0,11$ до $1,17$ м/хв. і числом проходів електроду по поверхні зразка m від 1 до 4 .

Після електроіскрової обробки зразки знежирювали ацетоном, зважували і вимірювали. Якість поверхневого шару зразків за допомогою мікроскопа МІМ-8. Це дозволяло оперативного знайти також зовнішні дефекти покриття, як несплошність, поверхневі пори, раковини.

Для досліджень було також задіяне наступне устаткування: терези аналітичні типу ВЛА-200 (точність вимірювання до $0,00005$ г) із гирями; мікрометр важільного типу МРП 25-75 з точністю $0,001$ мм

Первинна обробка результатів експерименту полягала у визначенні товщини шару металопокриття і сплошності покриття зразків.

Результати вимірів і первинної обробки заносилися у відповідності з картою протоколу експерименту. Для кожного варіанту технологічних режимів і матеріалу електроду експеримент повторювали три рази. Результати усереднювалися.

3.4. Методика оцінки технологічної дії

Дослідження металографії. Для оцінки якості і прогнозування працездатності зміцненого і нанесеного шарів необхідно провести дослідження металографії [13].

Для проведення досліджень металографії були підготовлені зразки з латуні ЛМЦСКА 58-2-2-1-1, сталі Х12Ф1, оброблені електроіскровим методом згідно методикам, викладеним вище. Із зразків виготовляли мікрошліфи. Для виявлення мікроструктури зони з'єднання основного металу із покриттям зразки труїли в 4% водному розчині азотної кислоти протягом 5.7 с. Після того, що труїть зразки промивалися проточною водою і просушувалися [14].

Вимірювання мікротвердості покриття проводили через 10 мкм між центрами відбитків уздовж зони з'єднання і від поверхні углиб основи мета-

лу, що дозволило визначити межі різних по мікротвердості зон покриття. Значення мікротвердості визначалося за наслідками усереднювання 10... 15 вимірів.

Триботехнічне випробування проводили відповідно до вимог ГОСТ 23.224-86 [29]. Даний стандарт встановлює загальні положення методів оцінки зносостійкості відновлених деталей рухомих сполучень, що зношуються в процесі експлуатації.

Випробування зразків здійснювали по групі А - порівняльні випробування, єство яких полягає у визначенні співвідношення інтенсивності зношування еталонних поверхонь і оброблених ЕІО, випробовуваних за ідентичних умов.

Випробування для пар тертя «розподільник сталевий – приставне дно», «золотник - отвір корпусу» проводили по схемі поворотно-поступального руху на спареній машині тертя ХОБАТ-2 в умовах граничного тертя по методах [25, 26]. На рис. 3.5 представлена кінематична схема машини.

Порівняльним випробуванням піддалися дві партії зразків:

1. Необроблені електроіскровою обробкою, виготовлені із однойменних матеріалів деталей гідроагрегату;
2. Оброблені електроіскровою обробкою. Поверхні рухомих пластин не оброблялися; на поверхні нерухомих пластин наносили електроіскрове покриття.

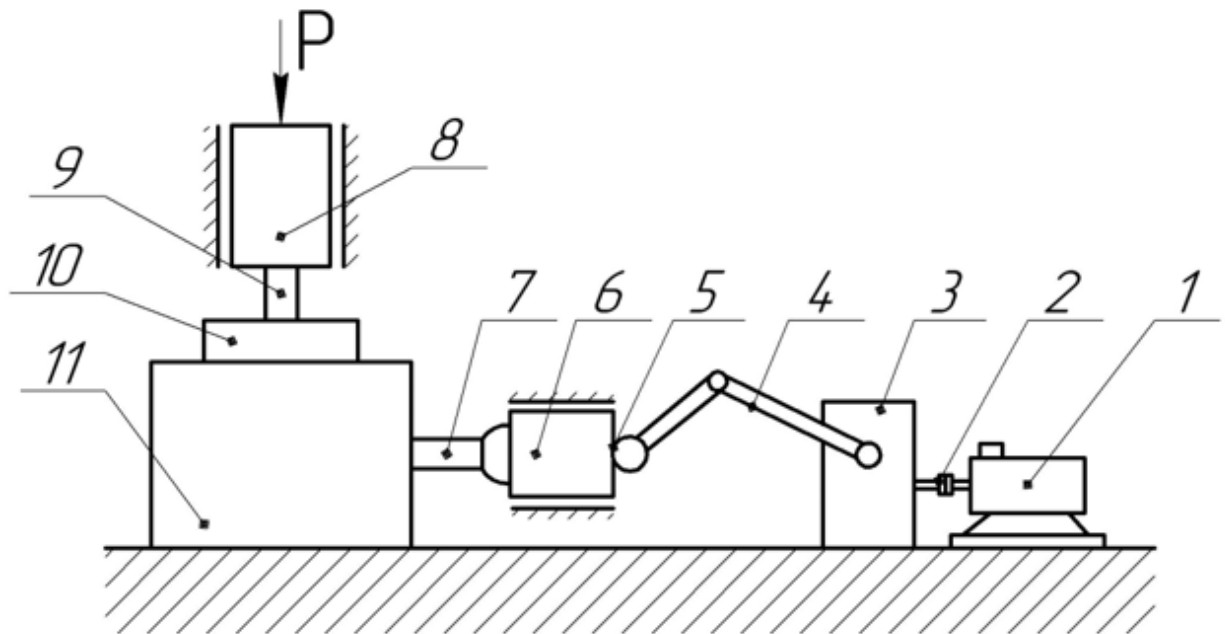


Рис 3.5. Кінематична схема машини тертя ХОБАТ;

1 - електродвигун; 2 - сполучна муфта; 3 - редуктор; 4 - кривошипно-шатунний механізм; 5 - шарнір; 6 - направляюча поршня; 7 - тяга; 8 - навантажуючий пристрій; 9 - нерухомий зразок; 10- рухомий зразок; 11 - повзун

Зразки оброблялися на установках «Елітрон-21Б» і «Елітрон-22Б» в ручному і механізованому режимах. До випробувань допускалися зразки, отримані на раціональних технологічних режимах з розбіжністю по мікротвердості не більше 15% і сплошність шару не менше 70 %.

Після випробувань рухомі і нерухомі пластини промивалися в бензині (ГОСТ 443-76) або ацетоні (ГОСТ 2603-79), висушувалися і піддавалися зважуванню. Зважування зразків проводили на аналітичних терезах ВЛР-200, в триразовій повторності

Триботехнічне випробування складалися з трьох етапів: притирання, прироблення і тривалих стаціонарних випробувань зносу. При цьому виявлялося максимальне навантаження R_{mp} (значення тиску, при якому починається заїдання зразка), що характеризує предзадирний стан і оптимальне навантаження R_{op} (значення тиску, вище за яке наголошується зростання коефіцієнта тертя), при якому коефіцієнт тертя мінімальний f_{min} .

В процесі випробувань безперервно реєструвався момент тертя, оброб-

ка діаграм якого дозволяє побудувати функцію $f(P)$. По цієї залежності визначається значення f_{min} ($P_{оп}$) (рис. 3.6).

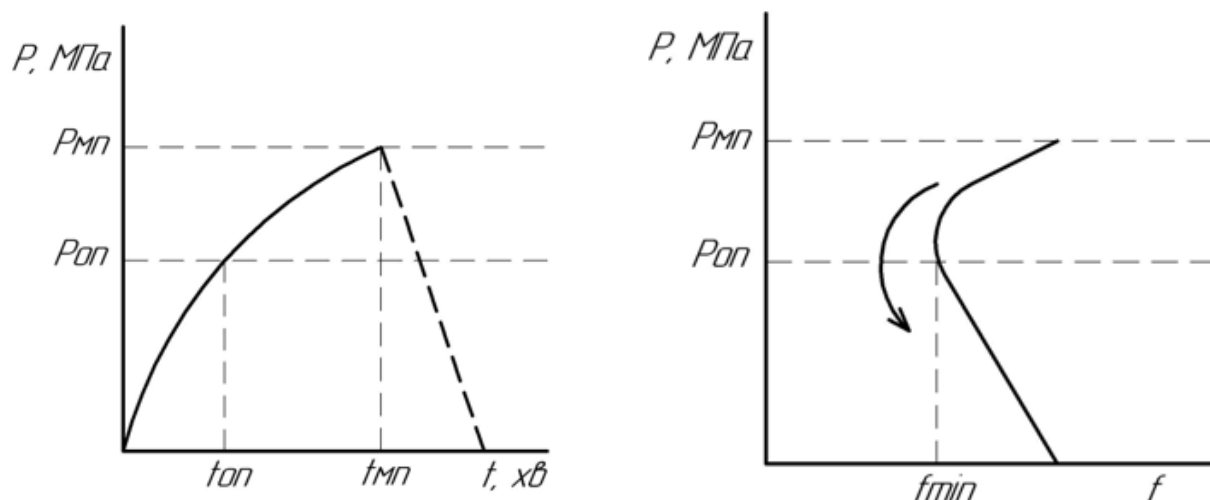


Рис. 3.6. Метод оцінки припрацьованості:

f - мінімальний коефіцієнт тертя; $P_{мн}$ - максимальне навантаження, МПа;

$P_{оп}$ - оптимальне навантаження, МПа; t - час занурення, хв.

Отримані дані про первинні маси зразків до і після кожного виду випробувань заносилися в протокол випробувань. Інтенсивність зношування базових і експериментальних з'єднань визначали по формулі [29]:

$$I = \frac{W}{L} \quad (3.7)$$

де W - лінійний знос зразка, м.

При визначенні лінійного зносу W зважуванням, використовується формула:

$$W = \frac{\Delta G}{\gamma \cdot F_c} \quad (3.8)$$

де ΔG - зміна маси зразка при випробуванні, кг;

γ - густина зношеного матеріалу, кг/м³;

F_c - контурна площа контакту зразків, m^2 ;

L - шлях тертя зразка, відповідний зносу W , м

$$L = N \cdot l \quad (3.9)$$

де l - лінійний розмір поверхні тертя зв'язаного зразка у напрямі ковзання, м;

N - число циклів, за кожний з яких поверхні тертя зразка проходять шлях l .

Інтенсивність зношування пари в цілому визначали як суму інтенсивностей зношування I_Σ елементів пари.

Порівняльну оцінку інтенсивностей зношування проводили по показнику чинника зносу:

$$\Phi = \frac{I_\Sigma}{P_{on}}, \quad (3.10)$$

3.4. Експериментальна оцінка працездатності і довговічності об'ємного гідроприводу ГСТ – 90

3.4.1. Обґрунтування необхідної товщини шару металопокриття

Відновлення зношених поршнів, золотників, втулок блоку циліндрів і отворів корпусів клапанних коробок включає механічну обробку для усунення слідів зносу і виправлення геометричної форми, а також нанесення на тіла обертання (поршні, золотники) шару металопокриття, компенсуючого сумарний знос сполучення, і припуск на механічну обробку.

Аналіз даних функцій, дозволяє визначити необхідну товщину шару металопокриття, що наноситься.

Виходячи із збільшення первинного зазору в сполученні нових деталей,

визначимо сумарний знос:

$$U_{\max} = D_{\max} - d_{\min} - z_{\text{техсп}}, \quad (3.11)$$

де U_{\max} - максимальний сумарний лінійний знос зв'язаних поверхонь, мм;

$D_{\max} - d_{\min}$ - максимальний і мінімальний розміри деталей сполучення, відповідно, мм;

$z_{\text{техсп}}$ - середній технологічний зазор в сполученні нових деталей, мм

Для поршневої пари ($z_{\text{техсп}} = 33$ мкм):

$$U_{\max} = 84 - 33 = 51 \text{ мкм},$$

Для золотникової пари ($z_{\text{техсп}} = 12$ мкм):

$$U_{\max} = 82 - 12 = 70 \text{ мкм}.$$

Шар металопокриття повинен не тільки компенсувати сумарний знос, але і припуск на механічну обробку зношених деталей, тому припуск на розгортання отворів на 30% більше максимальної погрішності геометричної форми відновлюваного отвору .

$$2Z_{\min} = \delta_{\max} \cdot 1,3 \quad (3.12)$$

де δ_{\max} - максимальне відхилення геометричної форми отвору, мкм. Для втулки:

$$2Z_{\min} = 20 \cdot 1,3 = 26 \text{ мкм.}$$

Для отвору корпусу:

$$2Z_{\min} = 22 \cdot 1,3 = 28,6 \text{ мкм.}$$

Приймаємо припуск на механічну обробку для всіх рівним 30 мкм.

Електроіскрова обробка дозволяє отримати рівномірний по товщині шар металопокриття із шорсткістю $Ra = 8 - 10$ мкм. Для зменшення шорсткості нанесеного шару на поверхні відновлених деталей рекомендується як подальша механічна обробка застосовувати доведення притиром. Прийmemo діаметральний припуск на обробку поршня і золотника $2Z_{\min} = 40$ мкм.

Визначивши максимальний сумарний знос і припуски на механічну обробку, визначимо максимальний шар металопокриття на сторону:

$$M_{\max} = (U_{\max} + 2Z_{\min} + 2z_{\min}) / 2 \quad (3.13)$$

Для поршня:

$$M_{\max n} = (51 + 30 + 40) / 2 = 60,5 \text{ мкм.}$$

Для золотника:

$$M_{\max z} = (70 + 30 + 40) / 2 = 70 \text{ мкм.}$$

Таким чином, аналіз розрахунків показав, що для відновлення необхідного технологічного зазору в сполученнях необхідно нанести на поверхню поршнів шар металопокриття не більше 121 мкм, на поверхню золотників не більше 140 мкм на діаметр.

3.4.2. Триботехнічні випробування відновлених пар тертя

Відновлення пар тертя проводилось електроіскровою обробкою на установці “Елітрон 21”. Даний метод передбачає зниження коефіцієнту тертя за допомогою утворення на парах тертя тонкої мідної плівки. Плівка утворюється в умовах вибіркового переносу [31] частинок матеріалу від електроду до деталі. Досліджувались покриття на латунне приставне дно з матеріалу ЛМЦСКА 58-2-2-1-1 яке зміцнювалось вольфрамовим електродом WL-15 ISO 6848, наносилась бронза, а також покривалась міддю тобто:

Латунь+вольфрам,

Латунь+вольфрам+бронза,

Латунь+вольфрам+бронза+мідь.

Також проведені досліді [32] по нанесенню багат шарових покриттів вказали на їх ефективність.

На рисунку 3.7 та 3.8 наведені фото процесу нанесення покриття та фото відновлених поверхонь до та після досліджень.

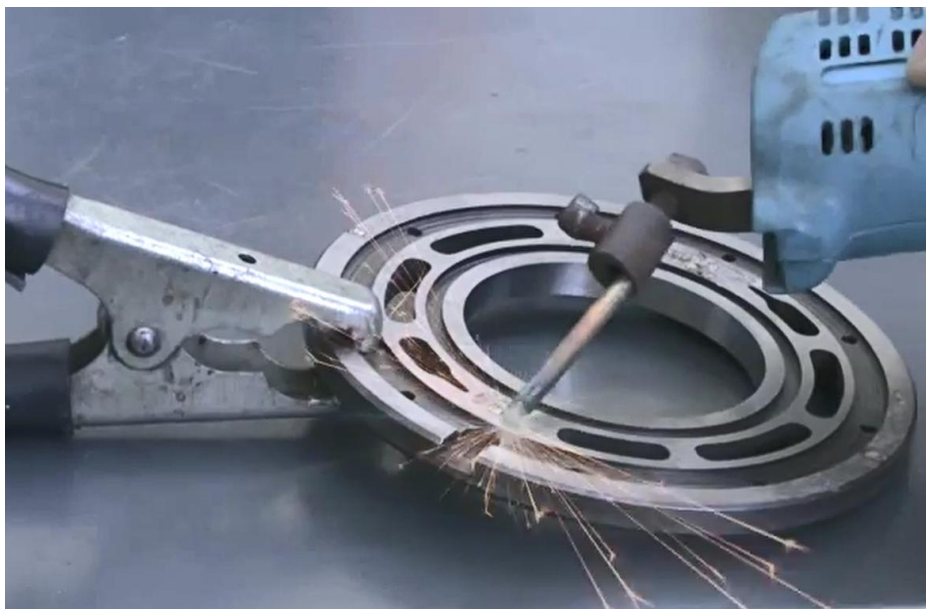


Рис. 3.8. Процес нанесення покриття

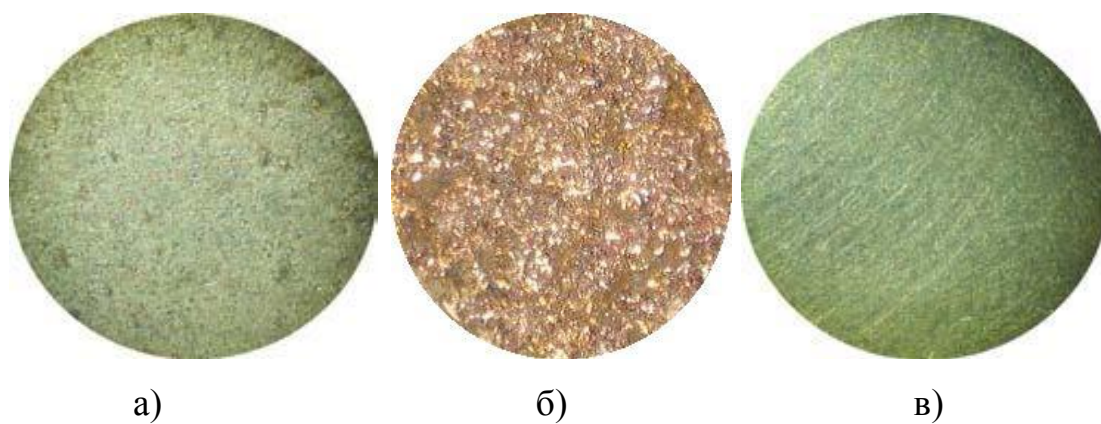


Рис. 3.8. Фото поверхні нанесеного відновленого шару бронзи (а), бронзи покритої міддю (б) та шару після припрацювання (в)

Випробування на стирання проводились згідно [31, 32] за результатами досліджень встановлено, що при нанесенні на латунне приставне дно бронзи з міддю коефіцієнт тертя зменшився на 15%, а зносостійкість підвищилась на 22%.

Дані випробування проведені відповідно до вказівок в пункті 3.3.

При обробці експериментальних даних, отриманих в процесі припрацювання для випробуваних покриттів виявлені навантаження $P_{МП}$, які характеризують поганий стан шорсткості покриття та мінімальний коефіцієнт тертя f_{min} , при оптимальному навантаженні $P_{ОП}$.

Експериментальні дані подані в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати випробувань на опір стиранню

Зразок, що не рухається		$P_{ОП}$, МПа	$P_{МП}$, МПа	f_{min}
Матеріал приставного дна	Електрод			
ЛМЦСКА 58-2-2-1-1	-	6,31	9,6	0,018
ЛМЦСКА 58-2-2-1-1	WL-15 ISO 6848	7,31	10,65	0,0142
ЛМЦСКА 58-2-2-1-1	WL-15 ISO 6848+ БрОС10-5+М1	7,01	11,31	0,012
ЛМЦСКА 58-2-2-1-1	WL-15 ISO 6848+ БрОС10-5	7,01	11,01	0,013

Значення коефіцієнтів тертя нових та оброблених методом електроіскрової обробки пар тертя, отриманих при випробуванні можна візуально побачити на рисунку 3.7.

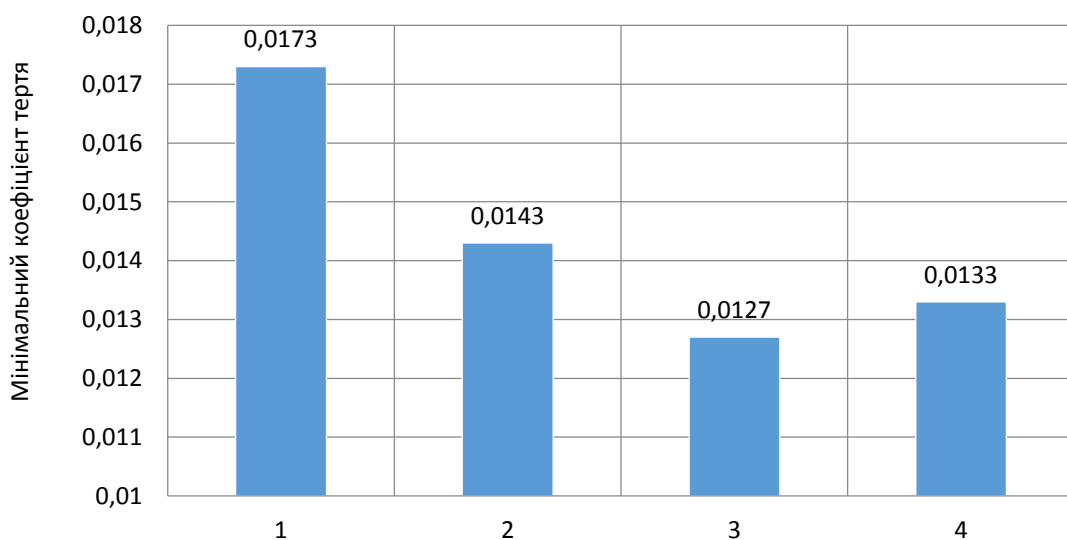


Рис. 3.7 – Значення мінімальних коефіцієнтів тертя нових та оброблених методом електроіскрової обробки пар тертя

1 - ЛМЦСКА 58-2-2-1-1, 2 - ЛМЦСКА 58-2-2-1-1+ WL-15 ISO 6848, 3 - ЛМЦСКА 58-2-2-1-1+ WL-15 ISO 6848+БрОС10-5+М1, 4 - ЛМЦСКА 58-2-2-1-1+ WL-15 ISO 6848+БрОС10-5

Таблиця 3.5 – Інтенсивності зносу оброблених методом електроіскрової обробки та нових пар тертя

Зразок, що не рухається		інтенсивність зносу приставного дна
Приставне дно	Електрод	
ЛМЦСКА 58-2-2-1-1	-	$1,90 \cdot 10^{-10}$
ЛМЦСКА 58-2-2-1-1	WL-15 ISO 6848	$1,70 \cdot 10^{-12}$
ЛМЦСКА 58-2-2-1-1	WL-15 ISO 6848+ БрОС10-5+М1	$1,17 \cdot 10^{-12}$
ЛМЦСКА 58-2-2-1-1	WL-15 ISO 6848+ БрОС10-5	$1,83 \cdot 10^{-12}$

Задаємося умовою, для аналізу таблиці 3.5:

$$I_{\text{в}} \leq 0,33 \cdot I_{\text{н}}, \quad (3.14)$$

де $I_{\text{в}}$, $I_{\text{н}}$ - відповідно середня інтенсивність зносу відновлених та нових пар тертя.

Аналізуючи таблицю 3.5, можемо зробити висновок, що умова (3.10) виконується навіть в тому випадку, коли методом електроіскрової обробки відновлюється зношена поверхня ротора.

Отже можемо візуально зобразити інтенсивність зносу кожного виду пари тертя та зображуємо його на рисунку 3.8.

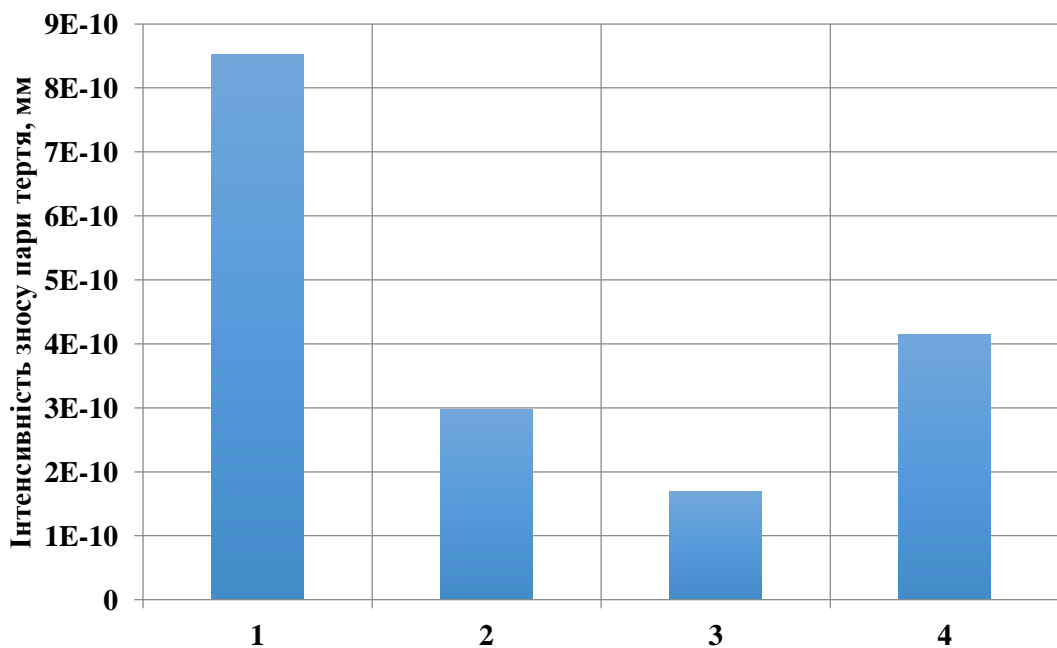


Рис. 3.8 – Гістограма інтенсивності зносу нових та оброблених методом електроіскрової обробки пар тертя

1 - ЛМЦСКА 58-2-2-1-1, 2 - ЛМЦСКА 58-2-2-1-1+ WL-15 ISO 6848, 3 - ЛМЦСКА 58-2-2-1-1+ WL-15 ISO 6848+БрОС10-5+М1, 4 - ЛМЦСКА 58-2-2-1-1+ WL-15 ISO 6848+БрОС10-5

Аналіз даних таблиці 3.5 та рисунку 3.8 вказує на те, що в парі тертя, робочі поверхні які оброблені електроіскровим методом інтенсивність зносу

в 2,05 ... 7,16 разів менше ніж у нових пар тертя, при чому найменша інтенсивність зносу у пари тертя під номером 3.

3.5. Обґрунтування енергетичного критерію руйнування деталей ГСТ

Деформація матеріалу при досягненні певних напружень може закінчуватися його руйнуванням. Під руйнуванням прийнято розуміти процес необоротного порушення цілісності матеріалу й поділ його на окремі частини під дією напружень. При цьому руйнування представляє собою процес, що полягає з ряду послідовних стадій, які включають: зародження тріщин субмікроскопічних розмірів, їх розвиток, заключний макроскопічний поділ зразка на окремі частини.

Особливості механіки деформування й руйнування визначили й вибір критеріїв руйнування. Звичайні критерії руйнування насамперед включають: допустимі напруження $[\sigma]$ і допустимі деформації $[\epsilon]$, виявилися прийнятними для окремих випадків (статичні навантаження). При циклічних навантаженнях вони фактично виявилися малоприматними.

Довговічність на основі узагальненого критерію руйнування дисипативного типу. Розрахунки довговічності розглядати найбільш доцільно з використанням двох критеріїв:

- енергетичного ψ - критерію дисипативного типу;
- критерію по пошкодженню.

Енергетичний критерій, заснований на суворих термодинамічних концепціях, має недолік. Енергія руйнування Δu вводилася як континуальна величина й не відображала в буквальному значенні особливості мікроструктури матеріалу, а виходить, і не враховувала особливості процесу його мікроруйнування.

Згідно енергетичної теорії зносу [34] зношування матеріалів призводить до їх втоми та подальшого руйнування.

Проведені дослідження в лабораторії кафедри надійності і ремонту машин також вказали на втомну природу руйнування деталей, яке виникає внаслідок зносу робочих поверхонь та порушення температурного режиму їх роботи. В таблиці 3.6 приведено процес втрати робото здатного стану деталі на прикладі п'яти плунжера.

Таблиця 3.6 – Процес руйнування п'яти плунжера

		
знос п'яти у вигляді окремих рисок	деякі ділянки повністю зношені	повністю зношена
		
повністю зношена, отвір статичного підпору завальцьовано	вирив п'яти плунжера внаслідок завальцьовання отвору ГСТ 112	Вирив п'яти внаслідок руйнування равальцьовання юбки п'яти ГСТ 90

Данні таблиці 3.6. підтверджують результати моделювання за допомогою програмного комплексу MSC. AFEA. Насамперед, загальне підвищення температури спричиняє збільшення лінійних геометричних розмірів деталей ходової частини, провокуючи зміну зазорів.

Другим по ступеню прояву температурного впливу є фактор зміни властивостей матеріалу, а також виникнення внутрішніх напружень у прикордонних контактних шарах біметалів. Оскільки контактні взаємодії супрово-

джуються різким локальним підвищенням температури (як видне з малюнків, наведених вище - до критичних крапок фазових переходів), а весь механізм обмивається робочою рідиною, то трибомеханічні процеси, і температурна картина взаємодії інваріантні. В узагальненому випадку розподіл температурних полів за обсягом конструкції ходової частини виглядає в такий спосіб:

Згідно розрахунків поле напружено деформованого стану розподіляється наступним чином рис. 3.9.

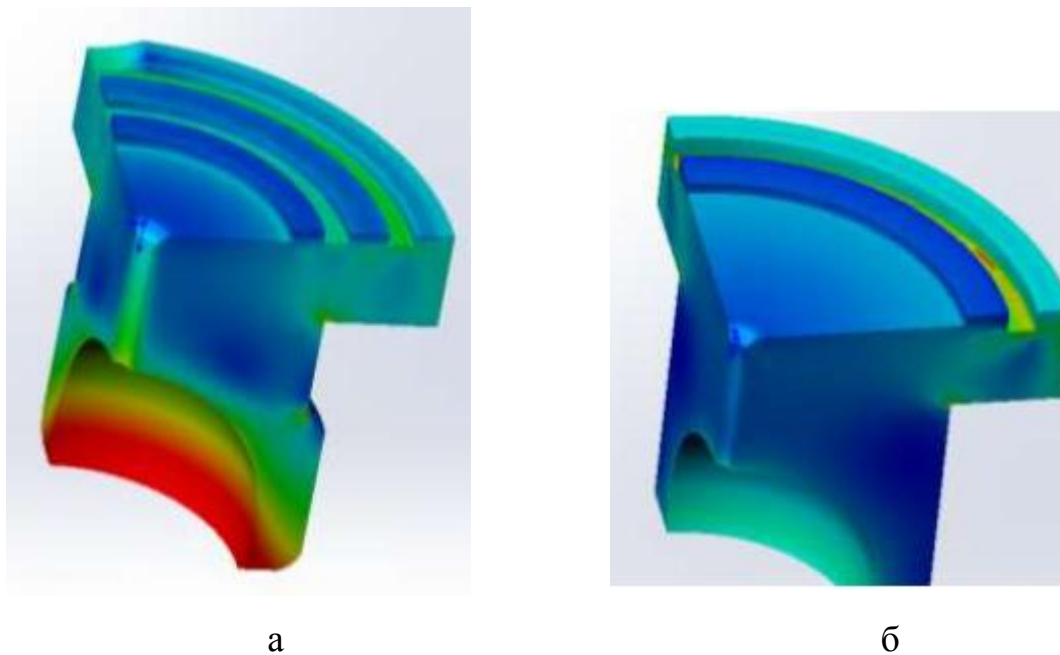


Рис. 3.9. Розподіл поля напружено деформованого стану п'яти
а – ГСТ – 90, б – ГСТ - 112

Як видно з таблиці 3.6 та з рис. 3.9 розвиток деформацій і подальша втома матеріалу відбувається у ГСТ 90 на юбці п'яти, а у ГСТ 112 на робочих поясах п'яти.

Насамперед, загальне підвищення температури спричиняє збільшення лінійних геометричних розмірів деталей ГСТ, провокуючи зміну зазорів.

В узагальненому випадку розподіл температурних полів за обсягом конструкції ГСТ виглядає в такий спосіб (рис. 3.10):

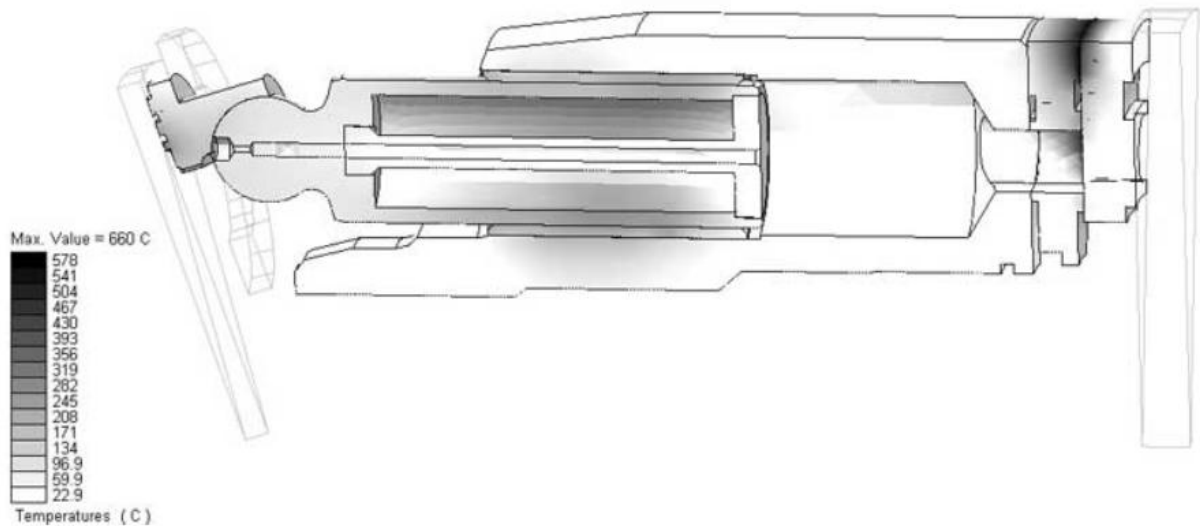


Рис. 3.10. Розподіл температурних та деформаційних полів

Як видно з рис. 3.10 найбільшій температурній дії і деформації набуває з'єднання "Розподільник – приставне дно".

Величина температури визначається кількістю роботи сил тертя дотичних деталей. Її конкретне значення розраховується моделюванням контактних напружень і сил.

За результатами моделювання температурні напруження становлять 2...5% (у біметалах 5...10%) щодо основних (від прикладених силових навантажень) напружень, а температура в зоні контакту змінюється в межах 50...200°C. При моделюванні враховувалися реальні зазори – конструкторські й технологічні допуски й посадки. Їхній вплив на працездатність конструктивних елементів знайшло відбиття й у зміні характеристик контакту сполучених вузлів і загального деформованого стану деталей.

Нескладний розрахунок за кінематичною схемою дозволяє встановити, що зміна зазору в парі поршень-втулка блоку циліндрів на 0,05% (від 0 до 20 мкм), приводить до збільшення колової швидкості руху гідростатичної опори щодо опорного диска на 3,9%. Збільшення зазорів у сферичному закладенні плунжерів приводить до збільшення контактних напружень на сфері.

На рис. 3.11 представлені картини розподілу контактних напружень у конструкції гідростатичної опори (ГСО) при тиску в поршневій камері $P_n =$

45МПа для різних значень зазорів у сферичному закладенні: а) $\delta = 0$, б) $\delta = 12$ мкм, в) $\delta = 25$ мкм.

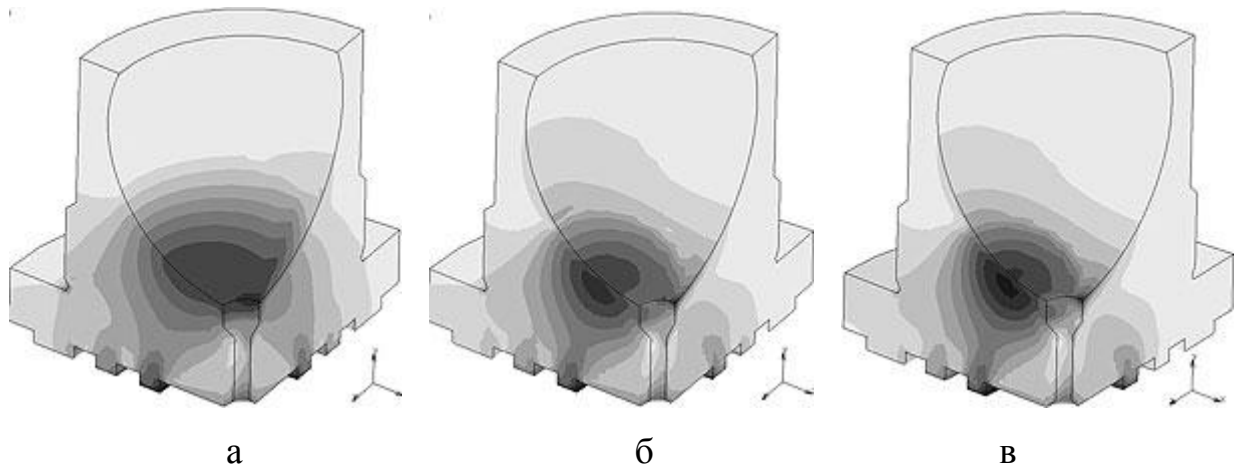


Рис. 3.11. Контактні напруження в конструкції ГСО при різних зазорах у сферичному закладенні

Таким чином встановлено вплив температурного режиму на деформації деталей. В свою чергу деформації призводять до старіння [34] матеріалу і згодом поломку деталі.

Визначення енергетичного критерію виконувалось згідно методики [4, 33]. Досліджувались латунне приставне дно.

В процесі випробування деталі зношувались на модернізованій машині тертя МИ-2 металевими інденторами рис. 3.12. в процесі тертя індентора по поверхні деталі виривались агрегати металу в по їх кількості та формі розраховувалась енергія руйнування деталей.

Для початку визначимо щільність енергії;

$$\Delta U_{zn} = U_0 \cdot n^*, \quad (3.5)$$

де U_0 - енергія руйнування 1го агрегату.

n^* - кількість агрегатів визначаємо за допомогою оптиметра (рис. 3.13) [4].

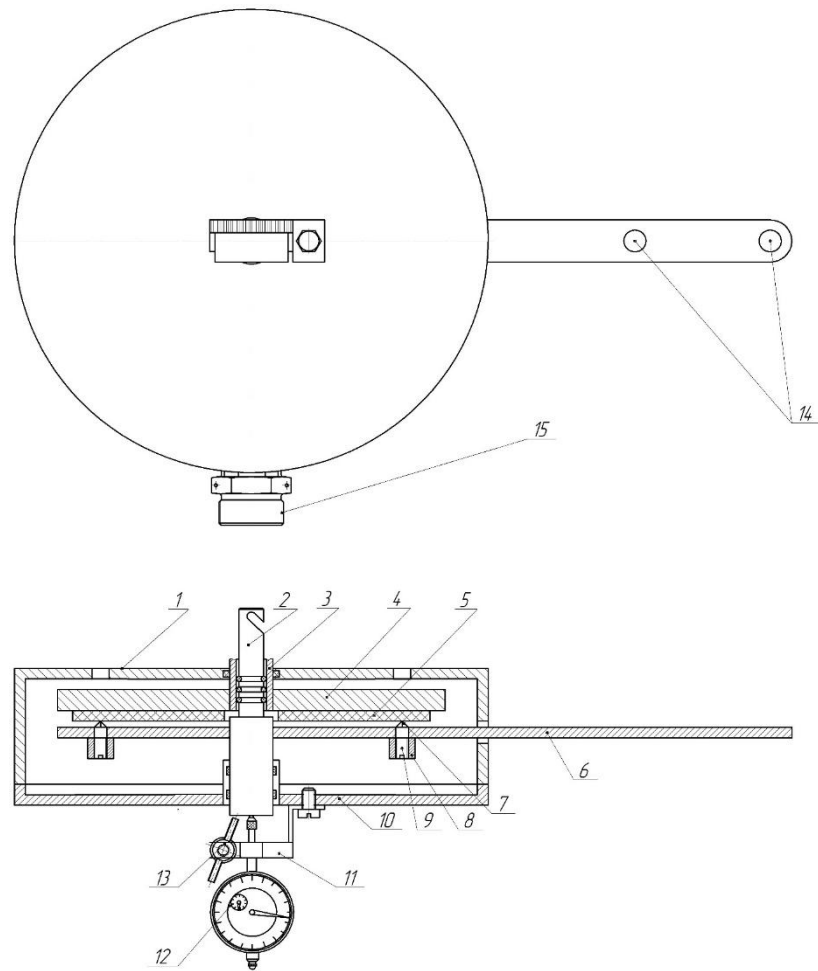
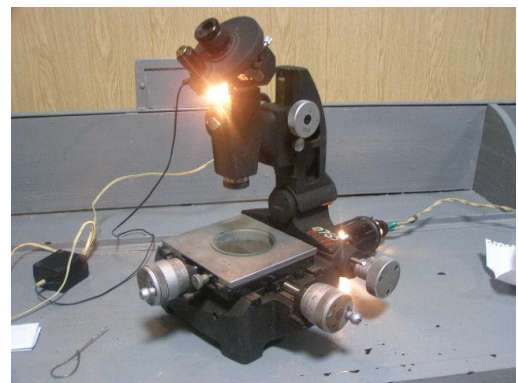


Рис. 3.12. Схема модернізованої установки МИ-2

1 – камера, 2 – вал, 3 – ущільнення, 4 – диск, 5 – деталь, що випробовується, 6 – важіль, 7 – індентор, 8 – корпус індентора, 9 регулювальний пристрій, 10 – кришка корпусу, 11 – тримач індикатора, 12 – індикатор, 13 - затискач



а



б

Рис. 3.13. Агрегати зносу та методика підрахунку кількості агрегатів зносу

а – агрегати зносу, б - оптиметр

Енергія руйнування 1го фрагменту складе:

$$U_0 = \frac{F \cdot V \cdot t}{n} = \frac{41 \cdot 0,35 \cdot 54}{6300} = 0,123 \quad (3.6)$$

де F - сила тертя, Н;

V - швидкість зносу, м/с;

t - час зношення, с.

$$\Delta U_{\text{зн}} = 0,123 \cdot 21,4 \cdot 10^9 = 2,6 \cdot 10^9 \text{ Дж/м}^3$$

Розрахуємо кількість обертів до руйнування

$$N^* = \frac{\Delta U_p^*}{0,5 \cdot E_0 \cdot \varepsilon^2 \cdot (1 - \eta_T)} = \frac{2,6 \cdot 10^9}{0,5 \cdot 0,99 \cdot 10^6 \cdot 0,006^2 \cdot (1 - 0,15)} = 185 \cdot 10^6 \text{ циклів} \quad (3.7)$$

Час до руйнування складе

$$t^* = \frac{N^*}{\omega} = \frac{185 \cdot 10^6}{33} = 5,6 \cdot 10^6 \text{ с} = 1557 \text{ год.} \quad (3.8)$$

Таким чином було встановлено довговічність нового приставного дна – 1200 год. , приставного дна, що було у використанні – 750 год. і приставного дна зміцненого електроіскровим способом – 1557 год., що майже відповідає ресурсу, що гарантує завод виробник – 1820 год.

3.7. Висновки до розділу

Аналіз розрахунків показав, що для відновлення необхідного технологічного зазору в сполученнях необхідно нанести на поверхню поршнів шар металопокриття не більше 121 мкм, на поверхню золотників не більше 140 мкм на діаметр.

В парі тертя, робочі поверхні які оброблені електроіскровим методом інтенсивність зносу в 2,05 ... 7,16 разів менше ніж у нових пар тертя, при чому найменша інтенсивність зносу у пари тертя обробленої вольфрамом, бронзою і міддю.

За результатами моделювання температурні напруження становлять 2...5% (у біметалах 5...10%) щодо основних (від прикладених силових навантажень) напружень, а температура в зоні контакту змінюється в межах 50...200°C. При моделюванні враховувалися реальні зазори – конструкторські й технологічні допуски й посадки. Їхній вплив на працездатність конструктивних елементів знайшло відбиття й у зміні характеристик контакту сполучених вузлів і загального деформованого стану деталей.

Було встановлено довговічність нового приставного дна – 1200 год. , приставного дна, що було у використанні – 750 год. і приставного дна зміцненого електроіскровим способом – 1557 год., що майже відповідає ресурсу, що гарантує завод виробник – 1820 год.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Загальні відомості про охорону праці на підприємстві ТОВ Агрофірма "Нібас"

"Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності." Згідно закону України "Про охорону праці" [36].

В товаристві створено систему охорони праці згідно вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 [37]. Структура системи охорони праці ТОВ "Нібас" наведено на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Структура служби охорони праці ТОВ "Нібас"

В господарстві поставлено на досить високий рівень питання охорони праці. Відділом охорони праці керує досвідчений фахівець, нажаль він вже пенсійного віку. На рис. 4.2. наведено фрагмент проведення інструктажу для керівників ланок господарства.



Рис. 4.2. Проведення інструктажу в ТОВ"Нібас"

Так як господарство досить крупне і має різні напрямки робіт служба охорони праці складається з двох чоловік головного спеціаліста з охорони праці і його підлеглої.

Служба охорони праці разом з керівництвом і профспілкою розробляє плани заходів з проведення безпечних робіт, перевірок підрозділів, проведення навчань з охорони праці та інше.

Служба охорони праці проводить вступний інструктаж для робітників які приймаються на роботу, а інші інструктажі проводяться на місцях роботи у підрозділах, керівниками цих підрозділів.

В'ялому роботі служби можна оцінити як задовільною але звісно є і недоліки:

- із-за малого фінансування робітники служби охорони праці не завжди відправляються на семінари та курси підвищення кваліфікації. Проходять тільки навчання для допуску до роботи.

- робітники не завжди керуються заходами безпечної роботи, які були розроблені службою.

4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на дільниці з ремонту та випробування гідравлічних систем

Роботи з ремонту гідроагрегатів пов'язані зі значною кількістю потенційних небезпек і шкідливих факторів для персоналу дільниці з ремонту гідроагрегатів. Крім того, функціонування даної дільниці може завдати шкоди навколишньому середовищу.

Аналіз даних небезпек необхідний для зниження ймовірності травматизму на робочому місці, виникнення професійних захворювань, завдання матеріальних збитків господарству й заподіяння шкоди навколишньому середовищу. Усі потенційні небезпечні і шкідливі фактори робіт з ремонту гідроагрегатів можна розділити на кілька основних груп (рис. 4.3).

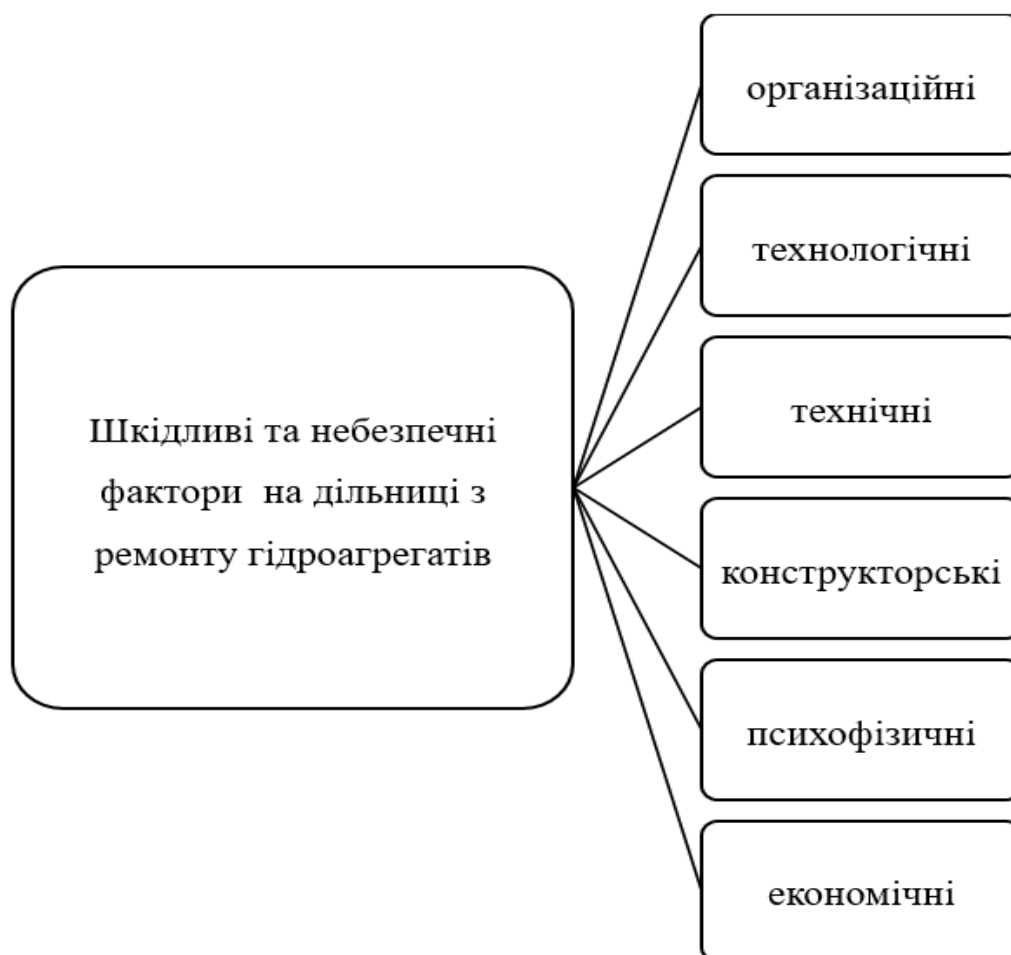


Рис. 4.3. Шкідливі та небезпечні фактори на дільниці з ремонту гідроагрегатів

Основні небезпечні і шкідливі фактори на ділянці це:

- недотримання режиму праці й відпочинку (більш 40 годин на тиждень), нормованого ДСН 3.3.6.042-99 [38], перевищення тривалості робочої зміни (більш 8 годин, а в період жнив робітники можуть працювати по 12-14 годин);

- невідповідність персоналу ділянки посадовим характеристикам, низька кваліфікація персоналу (нижче 3-го розряду), ремонт виконують слюсарі які не є фахівцями - гідравліками;

- невідповідність рівня механізації технологічних процесів розбирання, складання, ремонту й випробування гідроагрегатів необхідному значенню (для агрегатних робіт - не менш 30% робіт повинно бути механізоване) – всі розбирально - складальні роботи виконуються вручну;

- розміщення технологічного встаткування на ділянці без обліку технологічного процесу й видів виконуваних робіт;

- невідповідність площі ділянці з ремонту гідроагрегатів нормам технологічного проектування (згідно ДБН В.2.2-12:2018 [39]), по щільності розміщення встаткування - не менш 20 м² ділянка має 16 м².

- використання несправного встаткування, відсутність системи обслуговування й поточного ремонту технологічного встаткування;

- використання травмонебезпечного встаткування, відсутність захисних кожухів на нагрітих вузлах, що рухаються й, відсутність захисту гідравлічних і пневматичних приводів устаткування;

На ділянці з ремонту гідроагрегатів існує потенційна небезпека отруєння організму працівників експлуатаційними рідинами і їх парами, що виділяються при промиванні деталей і вузлів.

4.3. Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів

Розрахунок кількості вогнегасників для забезпечення дільниці ремонту гідроагрегатів.

У ТОВ «Нібас» пожежній безпеці приділяється особлива увага.

З робітниками компанії кожні пів року проводиться інструктаж про міри і правила пожежної безпеки.

Всі приміщення і робочі ділянки обладнані засобами пожежогасіння, установлені пожежні щити та відра з піском, а також на території підприємства передбачена протипожежна водойма місткістю 80 м³. Розроблений і затверджений план евакуації у випадку аварій і пожежі.

На дільниці використовується обладнання з електроустановками, згідно цих умов приміщення відносимо до категорії за вибухопожежонебезпекою.

Можливе виникнення пожежі таких класів: А, В, Е.

Вихідні данні для розрахунків:

- Площа приміщення - 20 м²;
- Категорія за вибухопожежною та пожежною небезпекою – Д;
- Клас можливої пожежі - (А, В, Е);

Оснащення приміщення – станки і верстати з електродвигунами, електрообладнання.

Необхідне число вогнегасників для виробничих приміщень визначимо зі співвідношень: 1 вогнегасник на 100 м² площі.

Необхідне число вогнегасників для ділянки визначимо по формулі:

$$N_0 = m_0 \cdot S, \quad (4.1)$$

де m_0 – нормоване число вогнегасників на 1 м², ($m_0 = 0,01$);

S – площа виробничої ділянки, м².

$$N_0 = 0,01 \cdot 20 = 0,2$$

Приймаємо 1 порошковий вогнегасник марки ОП-6 [40].

Розрахункова витрата води на зовнішнє пожежогасіння будинку приймаємо 10 л/с .

Витрата води (м/год) на зовнішнє й внутрішнє пожежогасіння розрахуємо по формулі:

$$Q = 3,6 \cdot D \cdot T_{\text{п}} \cdot П_{\text{п}}, \quad (4.2)$$

де D - питома витрата води на внутрішнє й зовнішнє пожежогасіння, л/с;

$T_{\text{п}}$ – час пожежі, ($T_{\text{п}} = 4$ год);

$П_{\text{п}}$ – число одночасних пожеж, ($П_{\text{п}} = 1...3$).

$$Q = 3,6 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 2 = 288 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Отже дипломною роботою визначено потребу в 1-му вогнегаснику. Також передбачений один протипожежний щит, в комплект якого входить: лом, пожежна сокира, штикова лопата, багор, відро пожежне і ящик з піском.

4.4. Правила безпечного виконання робіт при діагностуванні та ремонті гідравлічних систем і агрегатів

Діагностика стану гідравлічних систем у ТОВ АФ «Нібас» проводиться за допомогою гідравлічних стендів, які оснащені необхідним устаткуванням, пристроїв та приладами згідно з нормативно-технологічною документацією. Вони знаходяться у спеціально відведених дільницях, робочих місцях (боксах). Стенди для діагностики гідравлічних систем розташовані так, щоб при виконанні роботи нічого не заважало і знаходилось поруч з устаткуванням.

Виробничі пристрої і устаткування слід розташовувати з урахуванням безпеки працюючих і їх зручності.

Дипломною роботою передбачається забезпечення робочих місць, виконання робіт на яких пов'язано з небезпекою для працюючих, відповідними табличками та стрічками.

У ТОВ АФ «Нібас» передбачається забезпечення робітників, які проводять діагностику гідравлічних систем, справними інструментами, пристроями та стендами, що відповідають вимогам безпеки. Перед початком роботи перевіряються стенди та весь інструмент, несправний інструмент необхідно замінити, а несправний стенд налаштувати. В різні пори року видається різний спец одяг, влітку працівникам видається літній одяг(більш тонкий), а взимку зимовий(теплій одяг, рукавиці, взуття) згідно НПАОП 0.00-4.01-08 [41].

Під час діагностики стану гідравлічних систем можливі випадки потрапляння масла, горючої речовини в очі, тому працівника оснащують захисними окулярами та рукавицями для його безпеки. Для зняття й установлення на стенд гідравлічних систем і агрегатів вагою більше 35 кг використовуються підйомно - транспортні механізми. Під час використання підйомно-транспортних механізмів працівники дотримуються правил безпеки і встановлюють більш важкі деталі і агрегати надійно і нерухомо, щоб не сталося нещасного випадку або падіння агрегату з механізму.

У ТОВ АФ «Нібас» передбачається санітарно-побутова зона, де всі працівники перед початком і після закінчення роботи можуть переодягнутися, сходити в туалет та помитися.

У ТОВ АФ «Нібас» передбачається заборона куріння на робочому місці, так як поруч знаходяться горючі рідини (олива, паливо та ін.) і це може спричинити вибух і їх загорання. Також забороняється вживання їжі на робочому місці. Категорично забороняється приходити на роботу в нетверезому стані, а тим паче приступати до роботи.

Якщо огляди і заміри гідравлічних систем виконуються поблизу електричних проводів і електроустановок, виключити подачу струму на час огляду.

Дипломною роботою передбачається під час чистки гідравлічних систем і агрегатів (видалення іржі, бруду, та інших елементів) застосовувати щітку для видалення залишків. Після чистки всі залишки повинні бути зібрані і поміщені у канаву для відходів, забороняється їх здувати або скидувати на підлогу.

Дипломною роботою передбачається запуск стенда з діагностики гідравлічних систем тільки після того, коли будуть підключені всі гідравлічні елементи (шланги, штуцера). При недостатньому освітленні у ТОВ АФ «Нібас» користуються переносним світильником або лампою.

Після того, як діагностика гідравлічного устаткування закінчена, робоче місце прибирається, обов'язково знеструмлюється, а також на ньому встановлюються всі необхідні огорожі, кожухи і запобіжні пристосування.



Рис.4.4. Комплексний стенд для експериментальних досліджень гідроприводу

Таблиця 4.1-Карта небезпечних зон та вимоги безпечної роботи

№ п/п	Небезпечна зона	Небезпечний фактор	Вимоги безпечної роботи
1	Електродвигун	Ураження електричним струмом	1. Забороняється обслуговувати електродвигун якщо він увімкнений в мережу; 2. Не допускати потрапляння оливи в отвори для охолодження. 3. Стенд повинен бути заземлений.
2	Муфта з'єднання електродвигуна з гідронасосом	Травмування кінцівок	1. Муфта повинна бути закрита захисним кожухом.
3	Агрегат, що випробовується	Травмування кінцівок	1. При встановленні агрегатів використовувати під'ємно – транспортні механізми. 2. Агрегати надійно кріпити до установочних плит стенду.
4	Муфта з'єднання мотора з гальмом	Травмування кінцівок	1. Муфта повинна бути закрита захисним кожухом.
5	Гальмо стенду	Травмування кінцівок	1. Гальмо повинно бути надійно закріплене. 2. Забороняється включати стенд при закритому дроселі 6.
6	Дросель високого тиску	Ураження робочою рідиною	1. Забороняється включати стенд при закритому дроселі. 2. Дросель необхідно повільно закривати навантажуючи стенд
7	Насосна стан-	Ураження	1. Забороняється обслуговувати елект-

	ція	електричним струмом та робочою рідиною	родвигун якщо він увімкнений в мережу; 2. Не допускати потрапляння оливи в отвори для охолодження. 3. Забороняється експлуатація станції без робочої рідини.
8	Гідравлічні шланги	Ураження робочою рідиною	1. Пред початком роботи перевірити надійність кріплення шлангів.

4.5. Дії у разі настання надзвичайної ситуації

У випадку появи задимлення або загоряння негайно припинити роботу, відключити електроустаткування, викликати пожежну охорону по телефону 101, повідомити безпосереднього керівника й адміністрацію, вжити заходів до евакуації із приміщення.

При ліквідації загоряння необхідно використовувати первинні засоби пожежогасіння, взяти участь в евакуації людей. При загорянні електроустаткування застосовувати тільки вуглекислотні вогнегасники або порошкові.

У випадку одержання травми працівник зобов'язаний припинити роботу, довести до відома безпосереднього керівника й викликати швидку медичну допомогу по телефону 103 або звернутися в медичну установу.

Якщо на металевих частинах устаткування виявлена напруга (відчуття струму), електродвигун устаткування гуде, у випадку появи вібрацій або підвищеного рівня шуму, при різкому нагріванні й плавленні електропроводів, іскрінні електроустаткування, обриві заземлюючого проводу, то необхідно припинити роботу встаткування, доповісти про те, що трапилося, безпосередньому керівникові.

Без вказівок керівника до роботи приступати заборонено.

При влучанні шкідливих речовин через дихальні шляхи необхідно вилучити потерпілого із зони зараження на свіже повітря, укласти його, бажане в теплом місці, розстебнути одяг, ремінь.

При потраплянні шкідливих речовин на шкіру зняти заражений одяг, ретельно обмити забруднені ділянки шкіри більшою кількістю води. При потраплянні в очі ретельно й рясно промити струменем проточної води.

4.6. Висновок

Проаналізовано роботу господарства і виявлено слабкі місця. Також розроблено заходи по усуненню недоліків та розроблено заходи по безпечній роботі на ділянці з ремонту гідроагрегатів.

5. ТЕХНІКО – ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РОБОТИ

Розрахунок собівартості ремонту ГСТ-90 по базовій (перекомплектовка) і новій технологіям.

Відповідно до існуючої технології, що забезпечує середній ресурс агрегатів на рівні 80% від нового, ремонт ГСТ-90 полягає в заміні зношених деталей і вузлів на нові й колишні у використанні з номінальними й припустимими технологічними параметрами. Працездатність ГСТ-90 оцінюється по статичній і динамічній методиках.

Розрахунок проведемо для програми ремонту 50 комплектів ГСТ на рік.

Розрахуємо собівартість ремонту одного комплекту за базовою технологією (перекомплектування).

$$C_{\text{рем}} = ЗП + C_{\text{мзч}} + C_{\text{вв}} + A, \quad (5.1)$$

де ЗП – заробітна плата з нарахуванням, грн.;

$C_{\text{мзч}}$ – вартість матеріалів та запасних частин, грн.;

$C_{\text{вв}}$ – вартість виробничих витрат, грн.;

A – амортизаційні відрахування, грн..

Заробітна плата робітників розраховується за формулою:

$$ЗП = ЗП_{\text{год}} \cdot t_{\text{рем}}, \quad (5.2)$$

де $ЗП_{\text{год}}$ – годинна тарифна ставка слюсаря гідравліка 4 го розряду, грн.;

$t_{\text{рем}}$ – час ремонту одного комплекту ГСТ, год.

$$ЗП = 85 \cdot 6,2 = 527 \text{ грн.}$$

Витрати на запасні частини для комплекту ГСТ за цінами ВАТ „Гідро-сила”, складуть $C_{мзч} = 3580$ грн. (плунжер – $18 \times 110 = 1980$ грн, вал – $2 \times 380 = 760$ грн, розподільник – $2 \times 280 = 560$ грн, приставне дно – $2 \times 160 = 220$ грн, комплект ГТВ – 60 грн,) ціни наведені на 1.09.21.

Виробничі витрати:

$$C_{\text{вв}} = (3\Pi_{\text{год}} \cdot t_{\text{то}}) + V_{\text{ел}}, \quad \dots\dots\dots(5.3)$$

де $t_{\text{то}}$ – час, що витрачається на технічне обслуговування обладнання, год. (0,5);

$V_{\text{ел}}$ – вартість електроенергії, що витрачається на роботу обладнання та на освітлення приміщення, грн..

$$V_{\text{ел}} = (W_{\text{випр}} \cdot t_{\text{випр}}) \cdot B, \quad (5.4)$$

де $W_{\text{випр}}$ – потужність, що витрачається на випробування 1 го комплекту ГСТ (50 кВт);

$t_{\text{випр}}$ – час випробування комплекту ГСТ, (2 год);

B – тариф на електроенергію, 3,26 грн/кВт.

$$V_{\text{ел}} = (50 \cdot 2) \cdot 3,26 = 326 \text{ грн}$$

Тоді:

$$C_{\text{вв}} = (85 \cdot 0,5) + 326 = 368,5 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою:

$$A = \frac{B \cdot \lambda}{100 \cdot N}, \quad (5.5)$$

де B – балансова вартість обладнання, грн.;

N – програма ремонту ГСТ;

λ – норма амортизації, %;

$$A = \frac{153200 \cdot 15}{100 \cdot 50} = 460 \text{ грн.};$$

Після визначення всіх складових визначимо собівартість ремонту ГСТ:

$$C_{\text{рем}} = 527 + 3580 + 368,5 + 460 = 4935,5 \text{ грн.}$$

За аналогічною методикою розраховуємо собівартість ремонту ГСТ з використанням електроіскрового нанесення матеріалів.

Заробітна плата робітників розраховується за формулою:

$$ЗП = 85 \cdot 18,4 = 1564 \text{ грн.}$$

До витрат часу включено витрати на нанесення зносостійких покриттів, таким чином час ремонту ГСТ збільшиться з 6,2 год до 28,4 год.

Вартість витрачених матеріалів:

$$C_{\text{мзч}} = H_e \cdot V_e + H_m \cdot V_m + H_a \cdot V_a + V_{\text{ГТВ}} + V_{\text{вал}}, \quad (5.6)$$

де H_e – норма витрати електродів, (0,05 кг);

V_e – вартість електродів, (120 грн/кг);

H_m – норма витрати масла на доводку та притирку, (0,1л);

V_m – вартість масла (22 грн/л);

N_a – норма витрати абразиву для притирки та доводки (0,5 уп);

V_a – вартість абразиву (25 грн уп);

$V_{вал}$ – вартість валів (760 грн).

$$C_{мзч} = 0,05 \cdot 120 + 0,1 \cdot 22 + 0,5 \cdot 25 + 760 = 780,7 \text{ грн.}$$

Виробничі витрати:

$$C_{вв} = (3\Pi_{год} \cdot t_{то}) + V_{ел}, \dots\dots\dots(5.7)$$

де $t_{то}$ – час, що витрачається на технічне обслуговування обладнання, год. (0,5);

$V_{ел}$ – вартість електроенергії, що витрачається на роботу обладнання та на освітлення приміщення, грн..

$$V_{ел} = (W_{випр} \cdot t_{випр}) + (W_{покp} \cdot t_{покp}) \cdot B, \quad (5.8)$$

де $W_{покp}$ – потужність, , що витрачається на доводку та нанесення електроіскрового покриття (15 кВт);

$t_{покp}$ – час нанесення покриттів на деталі ГСТ, доводки, (13 год);

B – тариф на електроенергію, 3,26 грн/кВт.

$$V_{ел} = ((50 \cdot 2) + (15 \cdot 13)) \cdot 3,26 = 961,7 \text{ грн}$$

Тоді:

$$C_{вв} = (85 \cdot 0,8) + 961,7 = 1029,7 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою:

$$A = \frac{B \cdot \lambda}{100 \cdot N}, \quad (5.5)$$

де B – балансова вартість обладнання, грн.;

N – програма ремонту ГСТ;

λ – норма амортизації, %;

$$A = \frac{178200 \cdot 15}{100 \cdot 50} = 534,6 \text{ грн.};$$

Після визначення всіх складових визначимо собівартість ремонту ГСТ:

$$C_{\text{рем}} = 1564 + 780,7 + 1029,7 + 534,6 = 3909 \text{ грн.}$$

Розрахунок економічної ефективності ремонту ГСТ методом електроіскрового оброблення.

Розрахуємо економічний ефект:

$$E = [(C_1 + E_n \cdot K_1) - (C_2 + E_n \cdot K_2)] \cdot N, \quad (5.6)$$

де C_1, C_2 – собівартості ремонту, грн.;

K_1, K_2 – питомі капіталовкладення для базового та проектного варіантів, грн.;

N – програма ремонту, шт..

Питомі капіталовкладення по базовому варіанту складуть:

$$K_1 = \frac{B + T_{\text{бм}}}{N_{\text{рем}}} = \frac{153200 + 22800}{50} = 3520 \text{ грн / комплект}$$

(5.7)

де $T_{\text{бм}}$ – вартість будівельно – монтажних робіт, грн
по запропонованому варіанту:

$$K_1 = \frac{B + T_{\text{бм}}}{N_{\text{рем}}} = \frac{178200 + 28600}{50} = 4136 \text{ грн / комплект}$$

Економічний ефект становитиме:

$$E = [(4935,5 + 0,2 \cdot 3520) - (3909 + 0,2 \cdot 4136)] \cdot 50 = 57485 \text{ грн}$$

Термін окупності додаткових вкладень (T_o), років:

$$T_o = \frac{B}{E} = \frac{178200}{57485} = 3 \text{ роки} \quad (5.8)$$

Таблиця 5.1-Економічна ефективність роботи

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	перекомплектування	відновлення
Кількість основних робітників, чол..	1	1
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн..	-	178200
Програма ремонту, шт. (1 шт = 1 ком- плект ГСТ)	50	50
Виробничі витрати , грн./комплект.	368,5	1029,7
Заробітна плата, грн./комплект	527	1564
Витрати на матеріали та запасні частини, грн./комплект	3580	780,7
Амортизація обладнання, грн./комплект	460	534,6
Повна собівартість продукції,	4935,5	3909

грн./комплект		
Економічний ефект, грн..		57485
Термін окупності додаткових вкладень, років		3

Проведені розрахунки вказують на доцільність впровадження технології електроіскрового відновлення деталей так як економія на запасних частинах становить близько 57485 грн. А термін окупності капітальних вкладень становитиме 3 роки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розроблено методику розрахунку втрат робочої рідини між деталями приводи та її вплив на старіння деталей об'ємного гідроприводу трансмісії.

Встановлено можливість зміцнення та відновлення деталей гідроприводу методом електроіскрового оброблення.

Аналіз розрахунків показав, що для відновлення необхідного технологічного зазору в сполученнях необхідно нанести на поверхню поршнів шар металопокриття не більше 121 мкм, на поверхню золотників не більше 140 мкм на діаметр.

В парі тертя, робочі поверхні які оброблені електроіскровим методом інтенсивність зносу в 2,05 ... 7,16 разів менше ніж у нових пар тертя, при чому найменша інтенсивність зносу у пари тертя обробленої вольфрамом, бронзою і міддю.

За результатами моделювання температурні напруження становлять 2...5% (у біметалах 5...10%) щодо основних (від прикладених силових навантажень) напружень, а температура в зоні контакту змінюється в межах 50...200°C. При моделюванні враховувалися реальні зазори – конструкторські й технологічні допуски й посадки. Їхній вплив на працездатність конструктивних елементів знайшло відбиття й у зміні характеристик контакту сполучених вузлів і загального деформованого стану деталей.

Було встановлено довговічність нового приставного дна – 1200 год. , приставного дна, що було у використанні – 750 год. і приставного дна зміцненого електроіскровим способом – 1557 год., що майже відповідає ресурсу, що гарантує завод виробник – 1820 год.

Проаналізовано роботу господарства і виявлено слабкі місця. Також розроблено заходи по усуненню недоліків та розроблено заходи по безпечній роботі на ділянці з ремонту гідроагрегатів.

Проведені розрахунки вказують на доцільність впровадження технології електроіскрового відновлення деталей так як економія на запасних части-

нах становить близько 57485 грн. А термін окупності капітальних вкладень становитиме 3 роки.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аксіально поршневий насос: принцип роботи і пристрій. Гідравлічні мотори і двигуни. – С. <https://domvpravlino.ru/uk/axial-piston-pump-operating-principle-and-device-hydraulic-motors-and-moto>.
2. Гідропривід сільськогосподарської техніки: Навчальне видання / О.М. Погорілець, М.С. Волянський, В.Д. Войтюк, С.І. Пастушенко; За ред. О.М. Погорільця. – К.: Вища освіта, 2004. – 368 с.
3. Калганков, Є.В. Обґрунтування інформативних діагностичних параметрів технічного стану об'ємного гідроприводу трансмісії ГСТ-90 / Є.В. Калганков // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2009. – № 2. – С. 71-74.
4. Сухов Б.С. Обґрунтування енергетичного критерію довговічності деталей об'ємного гідроприводу трансмісії мобільних машин / Сухов Б.С. // Актуальні проблеми розвитку науки в контексті глобальних трансформацій інформаційного суспільства: Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. Київ. – 2021. – С. 78 - 83.
5. Дідур В. А. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод / Дідур В. А., Савченко О. Д., Пастушенко С. І., Мовчан С. І. - Запоріжжя: Прем'єр, 2005. - 464 с.
6. Аврунін Г.А. Підвищення ефективності експлуатації об'ємних гідроприводів мобільних машин використанням діагностичних комплексів / Г.А. Аврунін, І.Г. Пімонов // Наукові вісті Далівського університету : електронне наукове фахове видання. - 2018. - №15.
7. Parker Senso Control. Diagnostic Test. Equipment for Hydraulics. Edition: May 2010/CAT/4054-2/UK. Scriptor/Thieme Media Center Zwolle [Электронный ресурс] – 78 p.

8. Кириллов Ю. И. Гидропривод объемный ГСТ-90. Руководство по текущему ремонту РТ 70.0001.031-83 / Кириллов Ю.И., Каулин Ф.А, Хмелевой А.Н. М.: ГОСНИТИ, 1984. - 80 с.

9. Калганков Є.В. Технічне діагностування об'ємних гідроприводів трансмісії як об'єктивна необхідність / Є.В. Калганков // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної заочної конференції «Сучасна наука: теорія і практика» (м. Запоріжжя, 28–30 листопада 2012 р.) / Всеукраїнське громадське об'єднання «Нова освіта». – Запоріжжя.: 2012. – Том II. – С. 88–90.

10. Мельянцов, П.Т. Опыт ремонта гидропривода ГСТ-90 на ремонтных предприятиях / П.Т. Мельянцов, Б.Г. Харченко, И.Г. Голубев // Обзорная информация. – М.: АгроНИИТЭИИТО, 1989. – 41 с.

11. Электронная страница ЗАО «Гидросила ГРУП» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.hydrosila.com>

12. Электронная страница ООО «Салават Гидравлика» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.salavatgidravlika.ru>

13. Галин, Д.А. Оценка работоспособности и повышение долговечности объемного гидропривода ГСТ-90. Автореф. дис. канд. техн. наук. Саранск, МГУ им. Н.П. Огарева. 2007. - 19 с.

14. Кириллов Ю.И. Ремонт и эксплуатация объемного гидропривода / Ю.И. Кириллов, Ф.А. Каулин, А.Н. Хмелевой. М.: Агропромиздат, 1987. - 80 с.

15. Аксиально-поршневі насоси [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.hydrosila.com/ua/products/axial-pumps/>.

16. Аксиально-поршневі гідромотори [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.hydrosila.com/ua/products/axial-motors/>.

17. Sauer-Danfoss [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.sauer-danfoss.com>

18. Гідронасос НПА-112. Технічний паспорт / ВАТ «Гідросила», 2006. - 20 с.

19. Гідромотор МПА-112. Технічний паспорт / ОАО «Гідросила», 2006.
- 20 с
20. Мельянцов П.Т. Аналіз відмов та причин втрати роботоздатності агрегатів гідроприводу трансмісії ГСТ – 90/ П.Т. Мельянцов, Є.В. Калганков, О.І. Кириленко, Т.В. Черних //Сборник научных докладов "Достижения науки за последние годы. Новые наработки". Варшава.: 2012.-часть 2 – с. 62-66.
21. Проников, А.С. Надежность машин / А.С. Проников. М.: Машиностроение, 1978. - 592 с.
22. Лозовский, В.Н. Надежность гидравлических агрегатов / В.Н. Лозовский. М.: Машиностроение, 1974. - 320 с.
23. Мельянцов П.Т., Калганков Є.В., Кириленко О.І. Оцінка технічного стану робочої рідини агрегатів гідроприводу трансмісії кормо- та зернозбиральних комбайнів в умовах експлуатації // Вісник наук. пр. Вип. 2. – Дніпропетровськ: Державний аграрний університет, 2008 – 280 с.
24. Калганков, Є. В. "Деякі проблеми гідроабразивно-втомного зносу деталей об'ємного гідроприводу мобільних машин / Калганков, Є. В. // Гео-технічна механіка 108 (2013): 133-142.
25. Ворнов С.А. Методы расчета и проектирования аксиальнопоршневых гидромашин силовых регулируемых гидроприводов: автореф. дис. док. техн. наук. Кавров, КГТА им. В.А. Декярева. 2008. - 36 с.
26. Кириллов Ю.И. Гидропривод объемный ГСТ-90. Руководство по текущему ремонту РТ 70.0001.031-83 /Ю.И. Кириллов, ФА Каулин, А.Н. Хмелевой. М.: ГОСНИТИ, 1984. - 80 с.
27. Колчин А.В. Динамические методы диагностирования гидротрансмиссий сельскохозяйственных комбайнов / А.В, Колчин, Б.Ш. Каргиев //Труды ГОСНИТИ, 2005. - № 98.
28. Ачкасов К.А. Справочник начинающего слесаря: Ремонт и регулирование приборов системы питания и гидросистемы тракторов, автомобилей, комбайнов / К.А. Ачкасов, В.П. Вегера. М.; Агропромиздат, 1987. - 325 с.

29. ГОСТ 23.224-86 Межгосударственный стандарт. Обеспечение износостойкости изделий. Методы оценки износостойкости восстановленных деталей. Дата введения 1987-01-01 (Действующий).

30. Черновол М.И. Способы формирования антифрикционных покрытий на металлические поверхности трения / М.И. Черновол, И.В. Шепеленко // Техніка в сільськогосподарському виробництві. – 2012, – с.3-8.

31. Пат. 119244 Україна, МПК (2006.01) G01N 33/44. Пристрій для випробування гумових елементів на стирання / Дирда В. І., Калганков Є. В, Черній О. А., Цаніді І. М., Калганков Б. В. (Україна); № у 2016 02207; заявл. 09.03.16; опубл. 25.09.17, Бюл. № 18. - 5 с.

32. Пат. 114292 Україна, МПК (2006.01) G01N 3/56. Машина тертя / Дирда В. І., Калганков Є. В, Цаніді І. М., (Україна); № у 2016 07570; заявл. 11.07.2016; опубл. 10.03.17, Бюл. № 5. - 5 с.

33. Пат. 100401 Україна, МПК (2006.01) G01N 3/46. Спосіб визначення енергії руйнування гумових футеровок / Дирда В. І., Калганков Є. В, Черній О. А., Цаніді І. (Україна); № у 2015 00639; заявл. 27.01.2015; опубл. 27.07.15, Бюл. № 14. - 4 с.

34. Кобец А.С. Энергетическая оценка износа антифрикционных материалов / Кобец А.С., Дырда В.И., Калганков Е.В., Цаниди И.Н. // Геотехническая механика. 2012. Вып. 106. С. 78–90.

35. Калганков Е.В. Расчет долговечности резиновых футеровок шаровых рудоразмольных мельниц с учетом старения резины / Калганков Е.В. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб . наук . Праць , Ін- т геотехнічної механіки ім. М .С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2013. – No 113. С. 181–202.

36. Закон України “Про охорону праці” / Законодавство України про охорону праці. - К. Нова редакція 2002 р.

37. НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 "Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників".

38. ДСН 3.3.6.042-99» «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

39. ДБН Б.2.2-12:2018 «Планування і забудова територій».

40. Характеристики вогнегасників і визначення основних понять щодо їх експлуатації. – 2018. – С. <https://oppb.com.ua/articles/harakterystyky-vognegasnykiv-i-vyznachennya-osnovnyh-ponyat-shchodo-yih>.

41. НПАОП 0.00-4.01-08. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (32230)

42. Вініченко І.І. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства / І.І Вініченко, А.О. Сітковська. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.

43. Калганков Є.В. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОС "Бакалавр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" і дипломних робіт ОС "Магістр" за спеціальністю 208 "Агроінженерія" / Калганков Є.В. – Д.: ДДАЕУ, 2021. – 36 с.

ДОДАТКИ

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

**ОБґРУНТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КРИТЕРІЮ
ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДУ
ТРАНСМІСІЇ**

Доповідач: Сухов Б. С.

Керівник к.т.н., доцент: Толстенко О.В.

МЕТА РОБОТИ

Оцінка працездатності і розробка технологічних рекомендацій по ремонту об'ємного гідروпривода трансмісії, які забезпечують 90 - відсотковий ресурс після ремонту і об'ємний коефіцієнт корисної дії (ККД) агрегатів 0,95, а також розробка методики прогнозування довговічності деталей за енергетичним критерієм.

ЗАДАЧІ РОБОТИ

1. Досліджувати дефекти деталей і знос пар тертя об'ємного гідроприводу ГСТ-90, що визначає його працездатність.
2. Розробити методику і стенд для оцінки працездатності об'ємного гідроприводу ГСТ-90, які відповідають вимогам технічних умов на випробування.
3. Встановити чинники, визначаючі зниження об'ємного ККД ГСТ-90, напрацювання повністю і міжремонтний ресурс.
4. Провести зміцнення деталей об'ємного гідроприводу трансмісії методом електроіскрової обробки.
5. Провести моделювання напружено – деформованого стану деталей об'ємного гідроприводу трансмісії.
6. Розрахувати довговічність нових, відновлених та бувших в експлуатації без відновлення деталей за енергетичним критерієм.
7. Розробити заходи по безпечній роботі та охороні праці.
8. Провести економічну ефективність запропонованих технологічних рекомендацій.

3

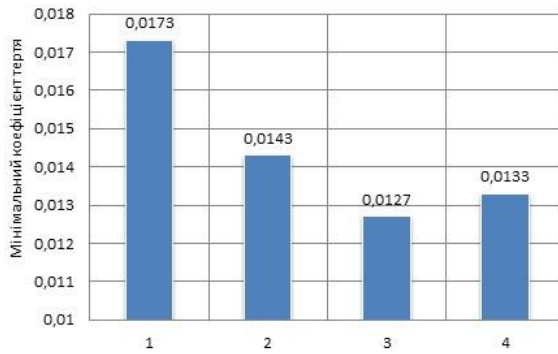
Відмови деталей ГСТ

		
Вирив п'яти	Знос плунжера	Перегрів розподільника
		
Гідро абразивний знос	Абразивний знос	Знос п'яти
		
Знос шліців валу	Кольори мінливості на поверхні підшипника	Сліди <u>схватування</u>

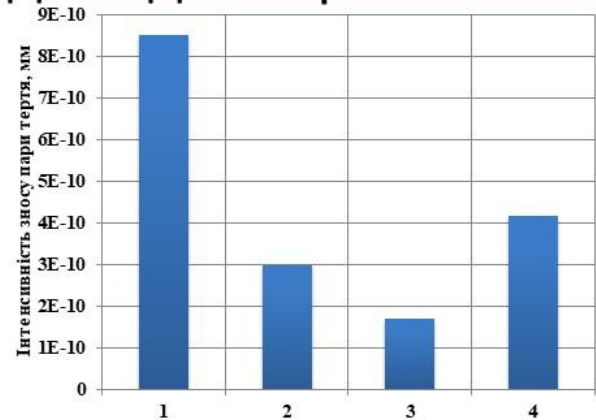


5

Дослідження тертя та інтенсивності зношування дослідних зразків



Значення мінімальних коефіцієнтів тертя нових та оброблених методом електроіскрової обробки пар тертя



Гістограма інтенсивності зносу нових та оброблених методом електроіскрової обробки пар тертя

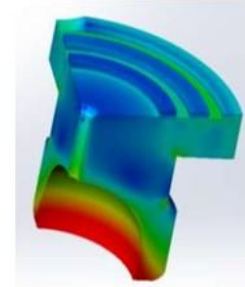
- 1 - ЛМЦСКА 58-2-2-1-1,
- 2 - ЛМЦСКА 58-2-2-1-1+ WL-15 ISO 6848,
- 3 - ЛМЦСКА 58-2-2-1-1+ WL-15 ISO 6848+БрОС10-5+M1,
- 4 - ЛМЦСКА 58-2-2-1-1+ WL-15 ISO 6848+БрОС10-5

6

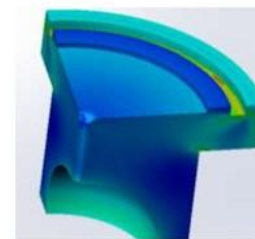
Процес руйнування п'яти плунжера

		
знос п'яти у вигляді окремих рисок	деякі ділянки повністю зношені	повністю зношена
		
повністю зношена, отвір статичного підпору завальцьовано	вирив п'яти плунжера внаслідок завальцьовання отвору ГСТ-112	Вирив п'яти внаслідок руйнування завальцьовання юбки п'яти ГСТ-90

Моделювання за допомогою програмного комплексу MSC. AFEA



а

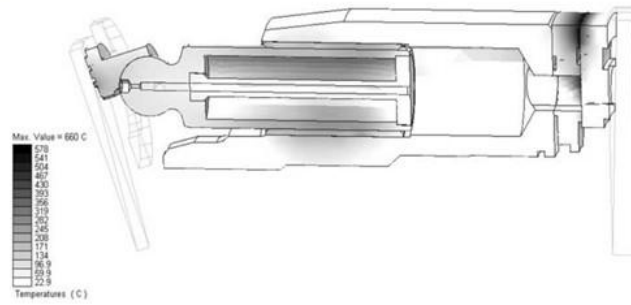


б

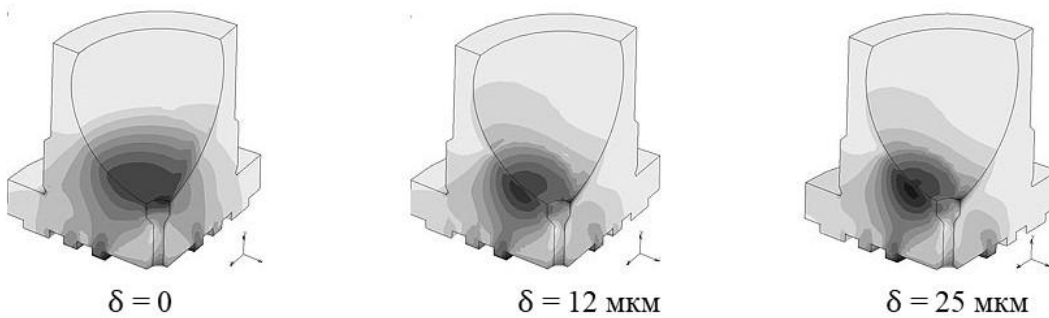
Розподіл поля напружено деформованого стану п'ят
а – ГСТ – 90, б – ГСТ - 112

7

Моделювання контактних напружень та температур



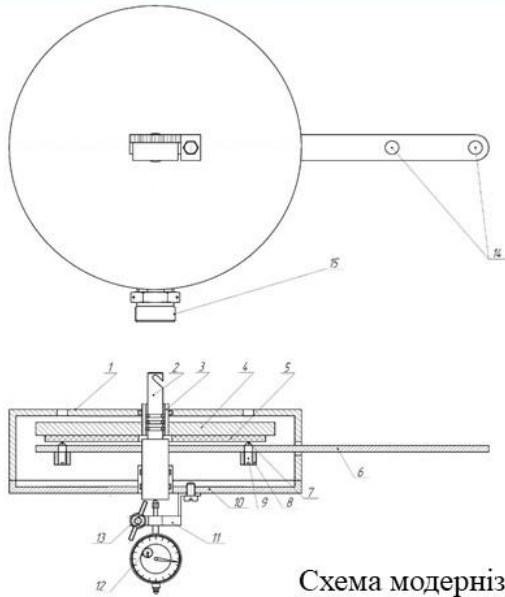
Розподіл температурних та деформаційних полів



Контактні напруги в конструкції ГСО при різних зазорах у сферичному закладенні

8

Експериментальна установка та методика підрахунку агрегатів зносу



Агрегати зносу та методика підрахунку
кількості агрегатів зносу
а – агрегати зносу, б - оптиметр

Схема модернізованої установки МІ-2

1 – камера, 2 – вал, 3 – ущільнення, 4 – диск, 5 – деталь, що випробовується, 6 – важіль, 7 – індентор, 8 – корпус індентора, 9 регулювальний пристрій, 10 – кришка корпусу, 11 – тримач індикатора, 12 – індикатор, 13 - затискач

Розрахунок довговічності за енергетичним критерієм

Дані для розрахунку довговічності латунного приставного дна.

1. Об'ємний гідропривід ГСТ-90; номінальна частота обертання качаючого вузла об./хв (цикли/с).
2. Латунне приставне дно; максимальна висота кільцевого пояса $h_p = 0,5$ мм; відносний стиск встановлено експериментальним шляхом при вдавлюванні в латунну поверхню індентора .

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h} = \frac{0,03}{5} = 0,006 \text{ мм}$$

де Δh - величина вдавлювання індентора, мм; h - висота латунного приставного дна, мм.

3. Латунь типу ЛМЦСКА 58-2-2-1-1 з наступними фізико-механічними характеристиками: динамічний модуль Юнга $E_\delta = 0,91 \cdot 10^6$ Па; коефіцієнт $\eta_T = 0,15$

4. Експериментально знайдена сумарна енергія руйнування латунного приставного дна при абразивно-втомному механізмі зношування

$$\Delta U_{\text{ср}} = 0,123 \cdot 21,4 \cdot 10^9 = 2,6 \cdot 10^9 \text{ Дж/м}^3$$

$$N^* = \frac{\Delta U_p^*}{0,5 \cdot E_\delta \cdot \varepsilon^2 \cdot (1 - \eta_T)} = \frac{2,6 \cdot 10^9}{0,5 \cdot 0,99 \cdot 10^6 \cdot 0,006^2 \cdot (1 - 0,15)} = 185 \cdot 10^6 \text{ циклів}$$

Час до руйнування складе

$$t^* = \frac{N^*}{\omega} = \frac{185 \cdot 10^6}{33} = 5,6 \cdot 10^6 \text{ с} = 1557 \text{ ГОД.}$$

Таким чином було встановлено довговічність нового приставного дна – 1200 год. , приставного дна, що було у використанні – 750 год. і приставного дна зміцненого електроіскровим способом – 1557 год., що майже відповідає ресурсу, що гарантує завод виробник – 1820 год.

Карта небезпечних зон та вимог безпечної роботи

№ п/п	Небезпечна зона	Небезпечний фактор	Вимоги безпечної роботи
1	Електродвигун	Ураження електричним струмом	1. Забороняється обслуговувати електродвигун якщо він увімкнений в мережу; 2. Не допускати потрапляння оливи в отвори для охолодження. 3. Стенд повинен бути заземлений.
2	Муфта з'єднання електродвигуна з гідронасосом	Травмування кінцівок	1. Муфта повинна бути закрита захисним кожухом.
3	Агрегат, що випробовується	Травмування кінцівок	1. При встановленні агрегатів використовувати підъемно-транспортні механізми. 2. Агрегати надійно кріпити до установочних плит стенду.
4	Муфта з'єднання мотора з гальмом	Травмування кінцівок	1. Муфта повинна бути закрита захисним кожухом.
5	Гальмо стенду	Травмування кінцівок	1. Гальмо повинно бути надійно закріплене. 2. Забороняється включати стенд при закритому дроселі б.
6	Дросель високого тиску	Ураження робочою рідиною	1. Забороняється включати стенд при закритому дроселі. 2. Дросель необхідно повільно закривати навантажуючи стенд
7	Насосна станція	Ураження електричним струмом та робочою рідиною	1. Забороняється обслуговувати електродвигун якщо він увімкнений в мережу; 2. Не допускати потрапляння оливи в отвори для охолодження. 3. Забороняється експлуатація станції без робочої рідини.
8	Гідравлічні шланги	Ураження робочою рідиною	1. Пред початком роботи перевірити надійність кріплення шлангів.

Показники	Базовий варіант	Проект ний варіант
Вид робіт	перекомпл ектування	відновл ення
Кількість основних робітників, чол..	1	1
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн..	-	178200
Програма ремонту, шт. (1 шт = 1 комплект ГСТ)	50	50
Виробничі витрати , грн./комплект.	368,5	1029,7
Заробітна плата, грн./комплект	527	1564
Витрати на матеріали та запасні частини, грн./комплект	3580	780,7
Амортизація обладнання, грн./комплект	460	534,6
Повна собівартість продукції, грн./комплект	4935,5	3909
Економічний ефект, грн..		57485
Термін окупності додаткових вкладень, років		3

Розроблено методику розрахунку втрат робочої рідини між деталями приводу та її вплив на старіння деталей об'ємного гідроприводу трансмісії.

Встановлено можливість зміцнення та відновлення деталей гідроприводу методом електроіскрового оброблення.

Аналіз розрахунків показав, що для відновлення необхідного технологічного зазору в сполученнях необхідно нанести на поверхню поршнів шар металопокриття не більше 121 мкм, на поверхню золотників не більше 140 мкм на діаметр.

В парі тертя, робочі поверхні які оброблені електроіскровим методом інтенсивність зносу в 2,05 ... 7,16 разів менше ніж у нових пар тертя, при чому найменша інтенсивність зносу у пари тертя обробленої вольфрамом, бронзою і міддю.

За результатами моделювання температурні напруження становлять 2...5% (у біметалах 5...10%) щодо основних (від прикладених силових навантажень) напружень, а температура в зоні контакту змінюється в межах 50...200°C. При моделюванні враховувалися реальні зазори – конструкторські й технологічні допуски й посадки. Їхній вплив на працездатність конструктивних елементів знайшло відбиття й у зміні характеристик контакту сполучених вузлів і загального деформованого стану деталей.

Було встановлено довговічність нового приставного дна – 1200 год., приставного дна, що було у використанні – 750 год. і приставного дна зміцненого електроіскровим способом – 1557 год., що майже відповідає ресурсу, що гарантує завод виробник – 1820 год.

Проаналізовано роботу господарства і виявлено слабкі місця. Також розроблено заходи по усуненню недоліків та розроблено заходи по безпечній роботі на дільниці з ремонту гідроагрегатів.

Проведені розрахунки вказують на доцільність впровадження технології електроіскрового відновлення деталей так як економія на запасних частинах становить близько 57485 грн. А термін окупності капітальних вкладень становитиме 3 роки.

Національна академія наук України
Науково-навчальний центр прикладної інформатики
Інститут інноваційної освіти



Актуальні проблеми розвитку науки в контексті глобальних трансформацій інформаційного суспільства

Матеріали
IV Міжнародної науково-практичної конференції
29-30 жовтня 2021 р.

Інститут
інноваційної
освіти



Міжнародні та всеукраїнські
науково-практичні конференції

www.novaosvita.com

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ
Науково-навчальний центр прикладної інформатики

ІНСТИТУТ ІННОВАЦІЙНОЇ ОСВІТИ

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ НАУКИ В
КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ
ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА**

МАТЕРІАЛИ

IV Міжнародної науково-практичної конференції

*29–30 жовтня 2021 р.
м. Київ*

Київ
Інститут інноваційної освіти
2021

УДК 001(063):378.4 (Укр)
ББК 72я43
А43

До збірника увійшли матеріали наукових робіт (тези доповідей, статті), надані згідно з вимогами, що були заявлені на конференцію.

*Роботи друкуються в авторській редакції, мовою оригіналу.
Автори беруть на себе всю відповідальність за зміст поданих матеріалів.
Претензії до організаторів не приймаються.
При передруку матеріалів посилання обов'язкове.*

A43 **Актуальні проблеми розвитку науки в контексті глобальних трансформацій інформаційного суспільства** : Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 29–30 жовтня 2021 р.) / ГО «Інститут інноваційної освіти»; Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти», 2021. – 100 с.

Матеріали конференції рекомендуються освітянам, науковцям, викладачам, здобувачам вищої освіти, аспірантам, докторантам, студентам вищих навчальних закладів тощо¹.

Відповідальний редактор: С.К. Бурма
Коректор: П.А. Немкова

Матеріали видано в авторській редакції.

УДК 001(063):378.4 (Укр)

© Усі права авторів застережені, 2021
© Інститут інноваційної освіти, 2021
© Друк ФОП Москвін А.А., 2021

Підписано до друку 08.11.2021. Формат 60x84/16.
Віддруковано з готового оригінал-макету.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Charter. Ум. друк. арк. 5,81.
Зам. № 0011/21-11. Тираж 100 прим. Ціна договірна. Виходить українською мовою.

Виготовник. ФОП Москвін А.А. Цифрова Друкарня «Сору Арт».
69095, Запоріжжя, просп. Соборний, 109. Тел.: (061) 708-08-80
Інститут інноваційної освіти: e-mail: novaosvita@gmail.com; сайт: www.novaosvita.com

Видання здійснене за експертної підтримки
Науково-навчального центру прикладної інформатики НАН України
03680, Київ-187, просп. Академіка Глушкова, 40.

¹ Відповіді № 12 порядку призначення наукових ступенів затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2018 р. № 267, № 28 постанови Кабінету Міністрів України від 30 грудня 2015 р. № 1187, про затвердження ліцензійних умов провадження освітньої діяльності, № 28 постанови Кабінету Міністрів України від 12 липня 2004 р. № 882, про ліцензії освітньої діяльності.

Б.С. Сухов,

здобувач вищої освіти освітнього ступеня магістра
інженерно-технологічного факультету
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КРИТЕРІЮ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДА ТРАНСМІСІЇ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Анотація. В статті проаналізовано роботу об'ємного гідроприводу трансмісії та визначено основні причини втрати ним робото здатного стану. Розроблено методику визначення енергії руйнування деталей. Так довговічність латунного приставного дна складає 1200 годин напруження на відмову, а при використанні забрудненого масла ще менше. Після зміцнення приставного дна електроіскровим методом його довговічність підвищується до 1600 годин.

Ключові слова: зберігання, машино-тракторний парк, мащення, корозія, захисний екран.

Загальна суть проблеми. На сьогоднішній день гідравлічний привід зайняв тверду позицію майже у всіх галузях технічної діяльності людства: сільськогосподарські машини; комунальні машини; аеродромне обслуговування; бурове й геологорозвідувальне встаткування; гірничодобувні машини й устаткування; залізничні машини; інженерне забезпечення військ; лісові машини; машини для ліквідації надзвичайних ситуацій; металургійне виробництво; нафтогазовидобувна галузь; будівельно-дорожня техніка; верстатобудування; суднобудування, морська й річкова техніка; енергетика, гідравлічне встаткування електростанцій [1–2].

Гідропривід – це складна гідромеханічна система, що має як правило високе функціональне значення для забезпечення роботоздатності машини в цілому [3] при цьому гідропривід забезпечує безступінчасте регулювання з реверсуванням швидкості руху та сили тяги по всьому діапазоні передач, широкі можливості автоматизації.

Широке застосування для приводу мобільних та стаціонарних промислових машин одержав об'ємний гідропривід трансмісії ГСТ-90.

Аналіз експлуатації машин, оснащених об'ємним гідроприводом трансмісії показує, що близько 30% всіх відказів машини припадає на гідропривід [3].

Для виявлення цих відказів та їх причин нами проведені експериментальні дослідження за роботою 19 комплектів гідроприводів трансмісії, які були встановлені на різних сільськогосподарських машинах.

Результати спостережень показали, що середній наробіток машин, оснащених гідроприводом до відмови становить близько 80 мото-годин.

Це свідчить про те, що існуюча система ремонтно-обслуговуючих робіт не в повній мірі забезпечує надійність гідроприводу трансмісії в умовах експлуатації.

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 об'ємних гідроприводів трансмісії.

Аналіз показує, що причиною втрати робото здатного стану агрегатів об'ємних гідроприводів трансмісії, може бути поломка одного із вузлів.

Щоб виявити несправність агрегатів на ранніх стадіях чи визначити їх технічний стан необхідно використовувати інформативні системи діагностування [1] які дали б змогу провести непряме діагностування і дати диференційну оцінку причини втрати агрегатом робото здатного стану, а також необхідно розроблювати різні критерії визначення робото здатного стану окремих деталей приводу. Бо саме від якісного дефектування деталей та визначення їх стану, а головне прогнозування їх ресурсу буде залежати і надійність гідроприводу в цілому.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз науково-технічної літератури і експериментальних робіт показав, що причиною порушення працездатності ГСТ-90 є: забруднення, перегрів робочої рідини, порушення умов мащення, і циклічно змінні навантаження на деталі, що приводить до інтенсивного зношування пар тертя і падіння об'ємного ККД гідроприводу» [3, 4]

В науково-технічній літературі існують різні точки зору на причину ресурсної відмови ГСТ-90 і на чинники, що визначають його працездатність. Це зв'язано перш за все з тим, що за допомогою стендів, вживаних на ремонтних підприємствах неможливо отримати безпосередню оцінку показника працездатності ГСТ-90 – об'ємного коефіцієнта корисної дії [5].

Окрім цього не визначений ступінь впливу різних чинників, що визначають ресурс ГСТ-90, що необхідне для розробки технологічних рекомендацій по ремонту і вибору способів відновлення і зміцнення робочих поверхонь деталей.

Мета роботи. Оцінка працездатності і розробка методу прогнозування ресурсу деталей об'ємного гідроприводу трансмісії мобільних машин за енергетичним критерієм руйнування деталей.

Виклад основного матеріалу. Визначати довговічність роботи деталей з'єднання «Розподільник–приставне дно» об'ємного гідроприводу, доцільно за енергетичним критерієм. Для цього необхідно визначити енергію руйнування зразка та підрахувати довговічність роботи деталі.

Дослідження виконувались на модернізованій експериментальній установці МІ-2 (рис. 1) зі зразками виготовленими з деталей гідроприводу. Досліджувались латунні деталі, а саме приставне дно.

Зразки були взяті під час обстеження деталей та по закінченню їх терміну служби. Дослідження проводились згідно ГОСТ 344-74. Режими роботи установки наступні:

Сила тертя $F = 41 \text{ Н}$;

Швидкість стирання $V = 0,35 \text{ м/с}$;

Час стирання $t = 54 \text{ с}$.

Сила тертя у 41 Н це зусилля з яким латунне «приставне дно» притискається до сталевого розподільника.

Час стирання визначався експериментально. Так як висота поясків на приставному дні становить $0,5 \text{ мм}$, очевидно, що при стиранні цієї висоти деталь не здатна виконувати свої функції, тому подальше проведення експерименту не доцільне.

Контроль величини стирання проводився за допомогою індикатора годинникового типу ЗИЧТ-0,005 мм, вмонтованого в задню кришку машини тертя.



Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної установки
1-машина Тертя МІ-2, 2-Перетворювач, 3-ПОМ, 4-індукційний датчик
обертів, 5-Термопар.

Установка була оснащена індукційним датчиком та тахометром для фіксації кількості обертів диску. Контроль температури зразків під час стирання проводився хромель-копелевими термопарами які фіксували температуру в зоні тертя. Фіксація температури та обертів відбувалась через перетворювач на ПОМ. В результаті стирання зразків отримано окремі агрегати латуні (рис. 2а) які мали: середній розмір часток $0,42 \text{ мм}$ (часточки мають чітку прямокутну форму "хлоп'я" в більшості розміром $0,47 \times 0,43 \text{ мм}$, мають багато тріщин та надломів), кількість частинок зносу $n = 6300$. Розміри та форма часток визначалась за допомогою інструментального

мікроскопу (рис.2б). Враховуючи об'єм однієї частки їх кількість в одному метрі кубічному складає $n^* = 21,4 \cdot 10^9 \text{ 1/м}^3$.



Рис. 2. Агрегати зносу та методика підрахунку кількості агрегатів зносу

В цьому випадку енергія руйнування одного фрагменту латуні (енергія відділення його від матриці) складе:

$$U_0 = \frac{F \cdot V \cdot t}{n} = \frac{41 \cdot 0,35 \cdot 54}{6300} = 0,123 \text{ Дж. (1)}$$

Щільність енергії руйнування від абразивного зносу, буде

$$\Delta U_w = U_0 \cdot n^* = 0,123 \cdot 21,4 \cdot 10^9 = 2,6 \cdot 10^9 \text{ Дж/м}^3. (2)$$

Дані для розрахунку довговічності латунного приставного дна.

1. Об'ємний гідропривід ГСТ-90; номінальна частота обертання качаючого вузла $\omega = 2000 \text{ об./хв}$ ($\omega/60 = 33 \text{ цикли/с}$).

2. Латунне приставне дно; максимальна висота кільцевого пояса $h_p = 0,5 \text{ мм}$; відносний стиск $\varepsilon = 0,006$ встановлено експериментальним шляхом при вдавлюванні в латунну поверхню індентора [6].

$$\varepsilon = \frac{\Delta h}{h} = \frac{0,03}{5} = 0,006 \text{ мм} (3)$$

де Δh - величина вдавлювання індентора, мм;

h - висота латунного приставного дна, мм.

3. Латунь типу ЛМЦ КНС 50-3-15-15-1А з наступними фізико-механічними характеристиками: динамічний модуль Юнга $E_y = 0,91 \cdot 10^6 \text{ Па}$; коефіцієнт $\eta_r = 0,15$.

4. Експериментально знайдена сумарна енергія руйнування латунного приставного дна при абразивно-втомному механізмі зношування

$$\Delta U_p^* = \Delta U_y^* + \Delta U_w^* = (0,2 + 2,6) \cdot 10^9 = 2,8 \cdot 10^9 \text{ Дж/м}^3. (4)$$

З урахуванням цих даних кількість циклів до локального руйнування латунного приставного дна визначаємо як:

$$N^* = \frac{\Delta U_p^*}{0,5 \cdot E_s \cdot \varepsilon^2 \cdot (1 - \eta_r)} = \frac{2,8 \cdot 10^9}{0,5 \cdot 0,99 \cdot 10^6 \cdot 0,006^2 \cdot (1 - 0,15)} = 185 \cdot 10^6 \text{ циклів} \quad (5)$$

Або

$$t^* = \frac{N^*}{\omega} = \frac{185 \cdot 10^6}{33} = 5,6 \cdot 10^6 \text{ с} = 1557 \text{ г.} \quad (6)$$

Експериментально знайдена локальна довговічність латунного приставного дна складає 1200 годин, це досить низький показник. При зміцненні приставного дна електроіскровим способом його довговічність складає 1600 годин, завод виробник гарантує 1820 годин роботи ГСТ-90 до капітального ремонту.

Як видно отримані данні шляхом промислового експерименту та лабораторними дослідженнями цілком задовільні.

Висновок. Розроблена методика визначення довговічності деталей за енергетичним критерієм вказує на те, що зміцнення латунного приставного дна електроіскровим методом суттєво підвищує його довговічність, а саме з 1200 годин до 1600 годин, що є досить непоганим показником.

Список використаних джерел

1. Калганков, Є.В. Технічне діагностування об'ємних гідроприводів трансмісії як об'єктивна необхідність / Є.В. Калганков // Сучасна наука: теорія і практика. – Запоріжжя, 2012. – Т. 2. – С. 88–90.
2. Кириллов К.Ш. Эксплуатация и ремонт объемного гидропривода / Ю.И. Кириллов, Ф.А. Каулин, А.Н. Хмелевой. М.: Агропромиздат, 1987. – 80 с.
3. Калганков, Є.В. Обґрунтування інформативних діагностичних параметрів технічного стану об'ємного гідроприводу трансмісії ГСТ-90 / Є.В. Калганков // Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету. – 2009. – № 2. – С. 71–74.
4. Калганков Є.В. Деякі проблеми гідробразивно-втомного зносу деталей об'ємного гідроприводу мобільних машин / Є.В. Калганков // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. — Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ. – 2013. – №108. – С. 133–142.
5. Мельянцов П. Т. Опыт ремонта гидропривода ГСТ-90 на ремонтных предприятиях / П.Т. Мельянцов, Б.Г. Харченко, И.Г. Голубев. Обзорная информация. – М.: АгроНИИТЭИИТО, 1989. – 41 с.
6. Пат. 119244 Україна, МПК (2006.01) G01N 33/44. Пристрій для випробування гумових елементів на стирання [Текст] / Дирда В. І., Калганков Є. В., Черній О. А., Цаніди І. М., Калганков Б. В. (Україна); № и 2016 02207; заявл. 09.03.16 ; опубл. 25.09.17, Бюл. № 18. – 5 с.

**Розділ 8
ХІМІЧНА ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ**

В.Г. Єфімова,
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ
ОСНОВИ КОСМЕТИЧНОГО ЕМУЛЬСІЙНОГО ПРОДУКТУ
З ЕМУЛЬГАТОРАМИ РІЗНОЇ ПРИРОДИ58

**Розділ 9
АРХІТЕКТУРА ТА БУДІВНИЦТВО**

С.А. Сениш, В.В. Бабич, В.М. Фірман,
АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ АРХІТЕКТУРИ ТА БУДІВНИЦТВА
В КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ ІНФОРМАЦІЙНОГО
СУСПІЛЬСТВА62

**Розділ 10
АГРАРНІ НАУКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВО**

Я.О. Санта, Л.Д. Васильєв,
ПРОГНОЗУВАННЯ РЕСУРСУ ДЕТАЛЕЙ В СПРЯЖЕННІ
КОЛІНЧАТИЙ ВАЛ-ПІДШИПНИК МОТОБЛОКУ70

П.М. Сотник, О.В. Толстенко,
ТЕХНОЛОГІЯ ЗБЕРІГАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН
ТА ШЛЯХИ ЇЇ ПОКРАЩЕННЯ74

Б.С. Сухов,
ОБГРУНТУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО КРИТЕРІЮ
ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДА
ТРАНСМІСІЇ МОБІЛЬНИХ МАШИН78

**Розділ 11
ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я**

Т.Л. Гридна, Г.Ю. Шевчук,
РОЗРОБКА ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ПІДХОДІВ
ВИКЛАДАННЯ МІКРОБІОЛОГІЇ, ВІРУСОЛОГІЇ ТА ІМУНОЛОГІЇ
В МЕДИЧНИХ ВИШАХ В УМОВАХ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ.....83

Підписано до друку 08.11.2021. Формат 60x84/16. Папір офсетний білий.
Гарнітура «Charter». Друк цифровий. Ум. друк. арк. 5,81.
Зам. № 0011/21-11. Тираж 100 прим. Ціна договірна. Виходить українською мовою.

Віддруковано з готового оригінал-макета ФОП Москвін А.А.
м. Запоріжжя, просп. Соборний, 109.

Інститут інноваційної освіти. Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України
e-mail: novozovita@gmail.com; сайт: www.novozovita.com

Видання здійснене за експертної підтримки
Науково-навчального центру прикладної інформатики НАН України
03600, Київ-107, просп. Академіка Глушкова, 40