

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра інжинірингу технічних систем

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:

**ОБГРУНТУВАННЯ РЕСУРСООЩАДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
ВІДНОВЛЕННЯ ПОСАДКОВИХ МІСЦЬ МЕТАЛОПОЛІМЕРНИМИ
КОМПОЗИЦІЯМИ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМ-2-23
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Мішанов Семен Сергійович

Керівник: _____ Толстенко Олександр Васильович

Рецензент: _____

Дніпро 2024

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Інжинірингу технічних систем

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ІТС

(назва кафедри)

К.Т.Н. ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Дудін В.Ю.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мішанова Семена Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування ресурсоощадної технології відновлення посадкових місць металополімерними композиціями

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 12.11.2024 року
№ 3784

2. Строк подання студентом роботи до 1.10.2024

3. Вихідні дані до роботи Існуючі методи відновлення корпусних деталей. Узли тертя та ступіні їх зносу (Підшипникові узли). Показники стану охорони парці в базовому господарстві. Техніко-економічні показники роботи базового господарства

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналітичний огляд стану питання. 2. Теоретичні передумови можливості відновлення корпусних деталей металополімером. 3. Методика проведення експериментальних досліджень та їх результати 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічні показники роботи. Загальні висновки. Список літератури. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема (1 слайд, А4). 2. Мета і задачі досліджень (1 слайд, А4). 3. Характеристика базового господарства (1 слайд, А4). 4. Способи відновлення корпусних деталей (1 слайд, А4). 5 Теоретичні аспекти натягу в посадці (1 слайд, А4). 6. (1 слайд, А4). 7. 8 Зразки та методика досліджень (2 слайди, А4). 8, 9. Результати експериментальних досліджень (2 слайди, А4). 10. Небезпечні та шкідливі фактори (1 слайд, А4). 11. Економічні показники (1 слайд, А4). 12. Висновки (1 слайд, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2,3, 4, 5	Толстенко О.В., к.т.н., доцент		
Нормоконтролер	Івлєв В.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний розділ дослідження	до 2.10.2024	
2	Теоретична основа дослідження	до 26.10.2024	
3	Практичне підтвердження результатів	до 16.11.2024	
4	Розділ з охорони праці та забезпечення безпеки	до 21.11.2024	
5	Економічний аналіз ефективності	до 26.11.2024	
6	Презентація результатів дослідження	до 2.12.2024	

Студент

_____ Мішанов С. С. _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Толстенко О.В. _____
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Перш. приміт.		<i>46ДР.070 000. 000 ВР</i>							
Стор. №		№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кіл.аркушів	№ аркуша	Примітка	
		1			Текстові документи				
		2							
		3	A4	46ДР.070 0000. 000ПЗ	Пояснювальна записка	78			
		4							
		5			Демонстраційні матеріали				
					Слайди у форматі Microsoft PowerPoint	12			
Підп. і дата									
№№ аркушів									
Взам. інв. №									
Підп. і дата									
№№ аркушів									
<i>46ДР.070 000. 000 ВР</i>									
<i>Відомість дипломної роботи</i>						Лист	Місце	Місцями	
						Лист	Листів		1
						<i>М2А1-2-23</i>			
Підп. і дата		Ізм.	Лист	№ аркушів	Підп.	Дата			
№№ аркушів		Разраб.		Міщенко С.С.					
		Дроб.		Толстенко О.В.					
		Т.контр.							
		Інконтр.		Івкіч В.В.					
		Утв.		Дюкін О.Ю.					

РЕФЕРАТ

У **першому розділі** проведено аналітичний огляд літератури щодо способів відновлення корпусних деталей. Вивчено матеріально-технічну базу ТОВ АФ Горького, описано технологічний процес ремонтних робіт у майстернях та наведено відомі способи відновлення корпусних деталей. На основі огляду сформульовано задачі дослідження.

Другий розділ присвячений теоретичним аспектам підвищення ефективності відновлення корпусних деталей. Розглянуто оптимальний натяг посадки «підшипник-корпус» та радіальні зазори в підшипниках із полімерним покриттям. Запропоновано спосіб відновлення зношених отворів за допомогою еластомеру Ф-40С.

У **третьому розділі** описано методику та результати експериментальних досліджень. Проведено аналіз радіальних і осьових зазорів у підшипниках, зрушення підшипника в опорі, а також вивчено модуль пружності еластомерів. Експерименти дозволили визначити залежність радіальних і осьових зазорів від натягу та температури нагріву після запресовування.

Четвертий розділ висвітлює питання охорони праці та безпеки під час робіт із металополімерними матеріалами. Розглянуто шкідливі та небезпечні фактори, а також запропоновано заходи для їх мінімізації.

У **п'ятому розділі** представлено рекомендації щодо технології відновлення корпусних деталей. Виконано розрахунок економічної ефективності запропонованої методики, яка демонструє зниження витрат і підвищення надійності деталей.

Висновки: Робота підтверджує перспективність використання еластомеру Ф-40С у відновленні корпусних деталей. Проведені дослідження дозволили розробити технологічні рекомендації та забезпечити економічну ефективність технології.

Результати роботи можуть бути впроваджені в ремонтні підприємства, сприяючи зменшенню витрат та підвищенню якості відновлених деталей.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ.....	10
1.1. Відомості про базове господарство.....	10
1.2. Матеріальноо - технічна база агрофірми.....	12
1.3. Технологічний процес ремонтних робіт в умовах майстерні.....	15
1.4. Способи відновлення корпусних деталей	16
1.5. Висновки та задачі досліджень.....	25
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ ЕЛАСТОМЕРАМИ.....	27
2.1 Теоретичні аспекти визначення оптимального натягу посадки «підшипник-корпус» під час відновлення посадкових отворів у корпусних деталях еластомерами	27
2.2. Робочий радіальний зазор у працюючому підшипнику з полімерним покриттям.....	30
2.3. Спосіб відновлення зношених посадкових отворів у корпусних деталях полімерним покриттям з еластомеру Ф-40С у корпусних деталях	38
2.4. Висновок	41
3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	43
3.1 Загальна методика проведення досліджень	43
3.2. Методика дослідження радіального й осьового зазорів у підшипнику з полімерним покриттям, запресованого в корпусну деталь	44
3.3. Методика дослідження зрушення підшипника в опорі	48
3.4. Дослідження модуля пружності еластомеру Ф-40 і його модифікації Ф- 40С	52

	7
3.5. Результати дослідження проворачуваності підшипника	54
3.6. Дослідження залежності радіального та осьового зазорів від натягу полімерного покриття та температури нагріву підшипника 209 після запресовування в корпусну деталь.....	57
3.7. Висновок	59
4. ОХОРОНА ПРАЦІ	60
4.1. Коротка характеристика та аналіз діяльності базового господарства..	60
4.2. Шкідливі та небезпечні фактори при відновленні корпусних деталей металополімерними матеріалами	62
4.3. Заходи безпеки	64
4.4. Висновок	65
РОЗДІЛ 5. РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА	66
5.1 Технологічні рекомендації.....	66
5.2 Розрахунок економічної ефективності технології відновлення підшипникових отворів корпусних деталей еластомером Ф-40С	66
5.3. Висновок	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	72
ЛІТЕРАТУРА	74
ДОДАТКИ.....	78

ВСТУП

Одним із перспективних шляхів підвищення ефективності технічного обслуговування сільськогосподарської техніки є відновлення зношених деталей, адже відновлені деталі коштують значно дешевше за нові. Такий підхід сприяє економії чорних і кольорових металів, зниженню споживання електроенергії та меншому забрудненню довкілля. Завдяки розробкам вітчизняних науковців з'явилися технології, що не лише компенсують знос, але й підвищують довговічність деталей, тим самим забезпечуючи надійність машин і їх складових частин [1, 2, 3].

Як стверджує Черновол М.І., одним із найважливіших завдань у сфері технічного обслуговування є процес відновлення зношених деталей [4]. Це допомагає зменшити витрати на підтримку техніки в робочому стані, що особливо актуально для застарілих машин.

Дослідження сучасних полімерних матеріалів та методів їх використання в технологіях відновлення відіграють важливу роль у модернізації ремонтного виробництва на аграрних підприємствах. Це, в свою чергу, підвищує надійність роботи сільськогосподарської техніки, зменшує витрати на матеріальні ресурси для її обслуговування, а також сприяє підвищенню конкурентоспроможності аграрної продукції.

Ціна корпусних деталей значно перевищує ціну інших типових деталей і значною мірою формує ціну агрегатів і машини в цілому. Ці деталі є базисними, ресурсними деталями, які в основному визначають термін служби всього агрегату.

Однією з основних причин вибракування корпусних деталей є зношування посадкових отворів під підшипники [5]. При зношуванні посадкових отворів у корпусних деталях трансмісійних агрегатів автотракторної техніки порушується початкове положення валів, шестерень та підшипників відносно одне одного.. Це приводить до порушення співвісності й паралельності валів, зміні положення посадкових поверхонь у сполученні деталей. При наявності

перекосу осей посадкових отворів у корпусах коробок передач, роздавальних коробок автотракторної техніки виникає перекіс кілець підшипників, значно підвищуються контактні напруги на зубах шестірень. Через перекіс внутрішнього й зовнішнього кілець, у підшипнику суттєво збільшується навантаження на тіла й доріжки кочення, що різко знижує його ресурс. У випадку порушення паралельності валів міняється міжцентрова відстань у шестірень, що приводить до підвищення контактних напруг на зубах, виникненню в шестірях викрашування, зламу, істотному скороченню строку їх служби.

Способи відновлення отворів під підшипники в корпусних деталях полімерними матеріалами вигідно відрізняються простотою, низькою собівартістю, повністю виключають появу фретинг-корозії. Завдяки наявності пружного полімерного шару між корпусом і зовнішнім кільцем підшипника, останнє при навантаженні пружно деформується, внаслідок цього знижуються напруги в зоні контакту навантажених тіл і доріжок кочення й багаторазово збільшується ресурс підшипника.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ

1.1. Відомості про базове господарство

ТОВ "АФ ім. Горького" розташоване в селі Миколаївка, що в Новомишковському районі Дніпропетровської області, на березі річки Губиниха. Завдяки вдалому розташуванню, господарство має доступ до залізничної колії, що проходить за 1,5 км (зупинка платформа 159 км).

Основна діяльність підприємства охоплює як рослинництво, так і тваринництво. Господарство спеціалізується на вирощуванні зернових культур, виробництві молочної та м'ясної продукції, а також займається насінництвом та овочівництвом (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Роботи, що виконуються в господарстві

Підприємство володіє земельними ресурсами загальною площею 4,9 тис. га. Основними культурами, які вирощуються на цих угіддях, є соняшник, цукровий буряк, картопля, овочі, кормові культури. Крім того, підприємство займається виробництвом молока.

Земельні ресурси є основним засобом виробництва в сільськогосподарській діяльності, визначаючи ефективність ведення господарської діяльності. Більше деталей щодо складу та структури земельних активів Агрофірми ім. Горького представлено на рисунку 1.2 [6].

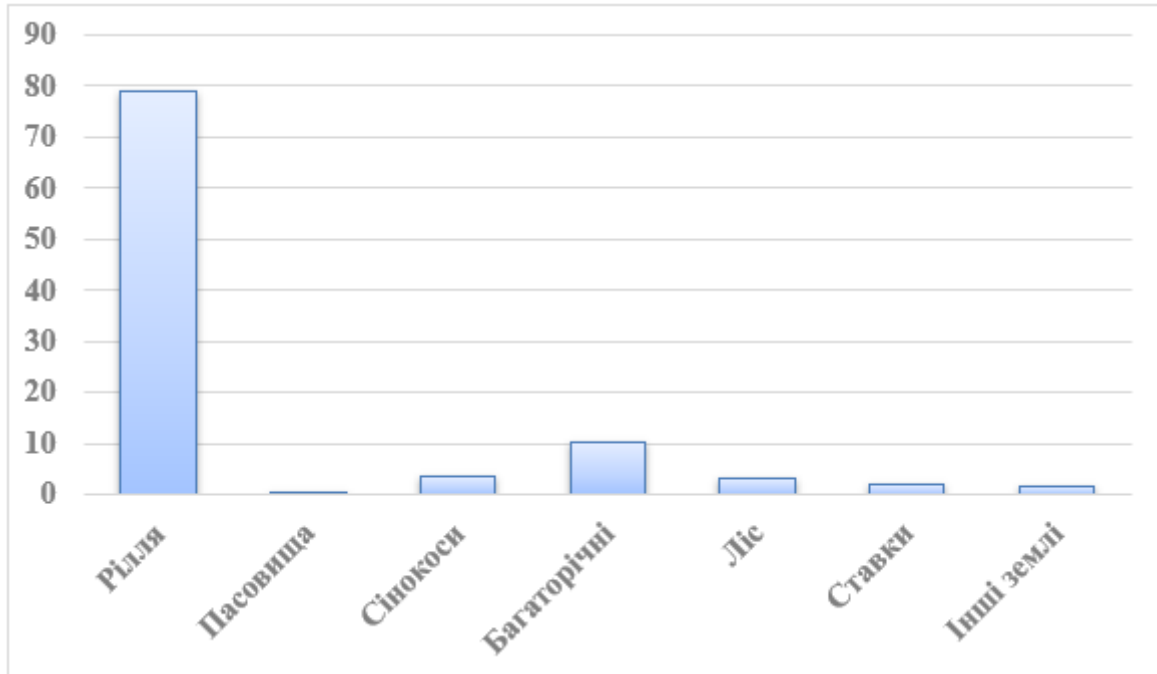


Рисунок 1.2 – Структура земель АФ

ТОВ "Агрофірма ім. Горького" має стабільне фінансування, що сприяє ефективному веденню господарської діяльності. Сільськогосподарські угіддя займають основну частину земельної площі підприємства — 4213 га, що становить 94,97% від загальної площі в 2023 році.

Ґрунти господарства переважно належать до південних малопродуктивних та змитих чорноземів з вмістом гумусу в діапазоні від 2,3 до 2,8%.

Підприємство оснащено необхідною технікою для обробки сільськогосподарських культур. Однак значна частина техніки морально і фізично застаріла, а через фінансові труднощі, зокрема високу вартість нових машин та зниження прибутків, господарство не має можливостей для їх заміни.

Щодо трудових ресурсів, підприємство має достатньо кваліфікованих механізаторів, які є важливим фактором успішної господарської діяльності.

Проте останнім часом спостерігається скорочення кількості молодих спеціалістів, що створює певні виклики для подальшої роботи.

1.2. Матеріально - технічна база агрофірми

МТБ приватного підприємства ТОВ "Агрофірма імені Горького" включає будівлі, споруди та машинно-тракторний парк. Після розпаду колгоспу підприємство придбало ремонтну майстерню площею 864 м², зведену у 1978 році за типовим проектом № 816-128.

Проект передбачав створення 15 спеціалізованих ділянок, які забезпечують різні напрямки технічного обслуговування та ремонту, а саме: технічне обслуговування та діагностику, ремонтно-монтажні роботи, зовнішнє очищення, ремонт двигунів, обкатку двигунів, ремонт паливної апаратури, гідроагрегатів, електрообладнання, АКБ та радіаторів, слюсарно-механічні роботи, ремонт сільськогосподарських знарядь, ремонт обладнання ферм, ковальсько-зварювальні роботи та інші спеціалізовані напрямки.

На сьогодні в майстерні діють лише:

- дільниця розбирально-складальна,
- дільниця технічного обслуговування та діагностики,
- дільниця механічної і слюсарної обробки.

Інші види робіт були переміщені до ремонтно-монтажної дільниці, що створює певні складнощі під час проведення ремонтних робіт. Зокрема, зварювальні роботи виконуються на цій дільниці, що призводить до задимлення приміщень та порушення мікроклімату. Це негативно впливає на продуктивність праці та якість робіт.

Підприємство також володіє приміщеннями для утримання великої рогатої худоби (ВРХ), навісами для зберігання техніки, адміністративними будівлями, ремонтною майстернею, машинним двором та складом для зберігання нафтопродуктів. Список техніки, що є частиною машинно-тракторного парку господарства, представлено на діаграмах рисунок 1.3-1.7 [6].

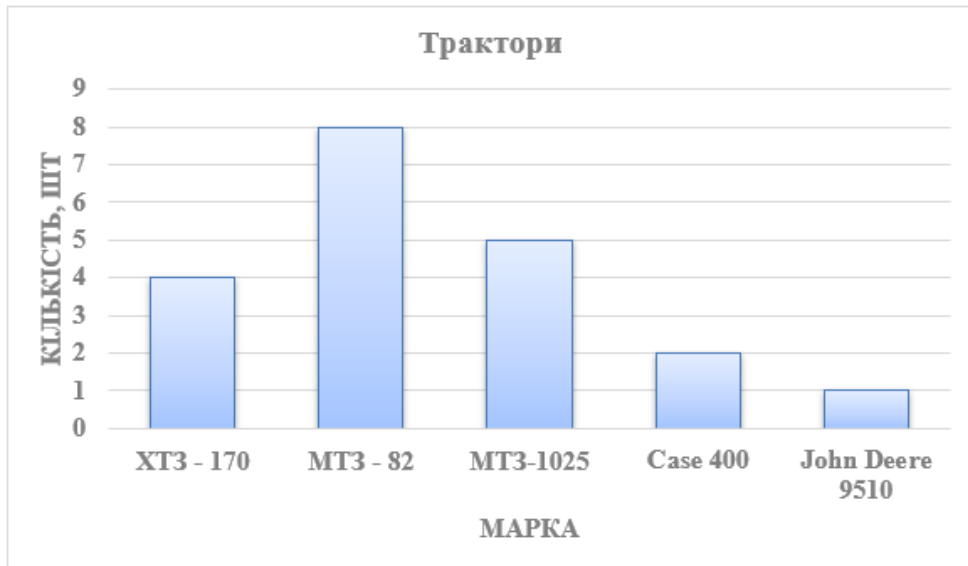


Рисунок 1.3 – Перелік тракторів

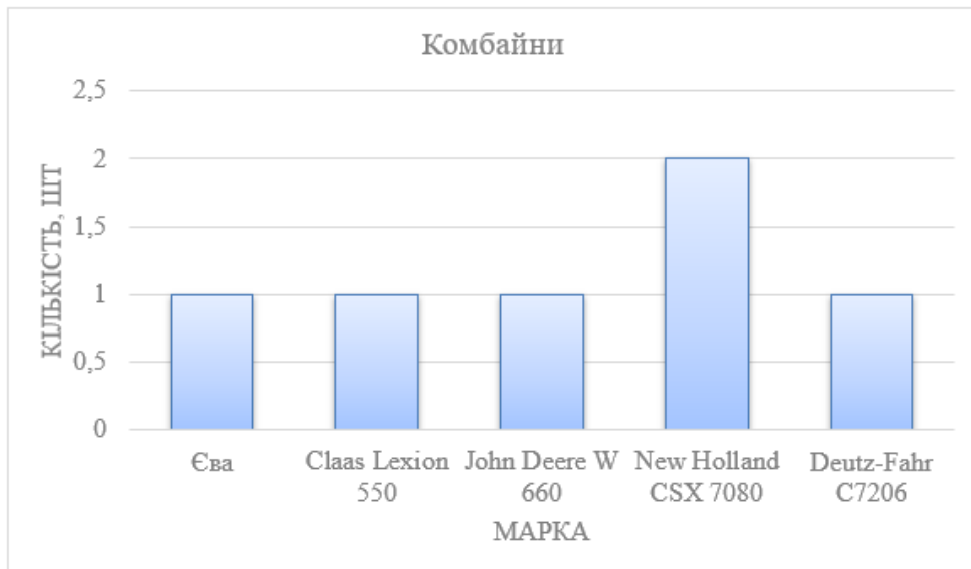


Рисунок 1.4 – Перелік комбайнів

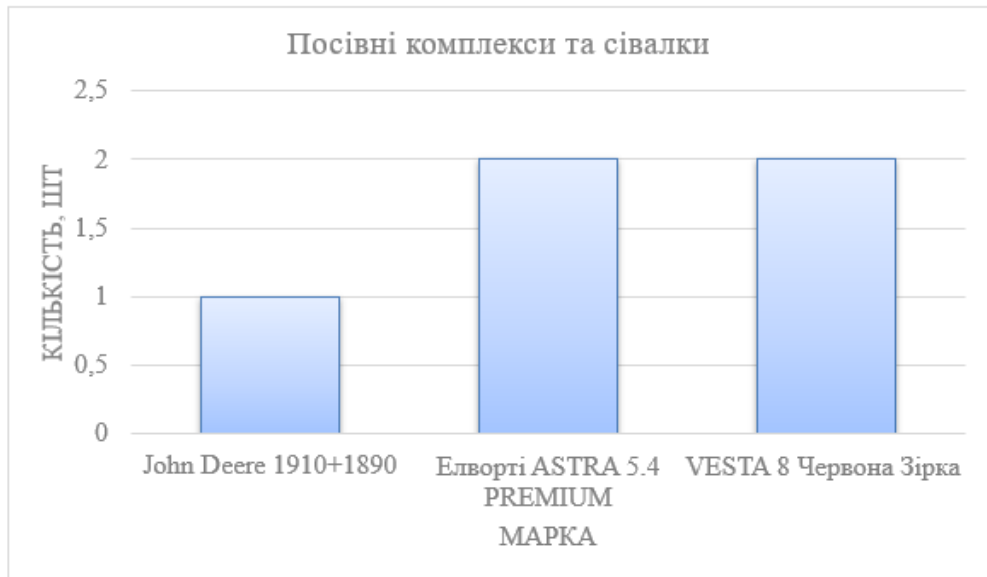


Рисунок 1.5 – Перелік посівних комплексів та сівалок

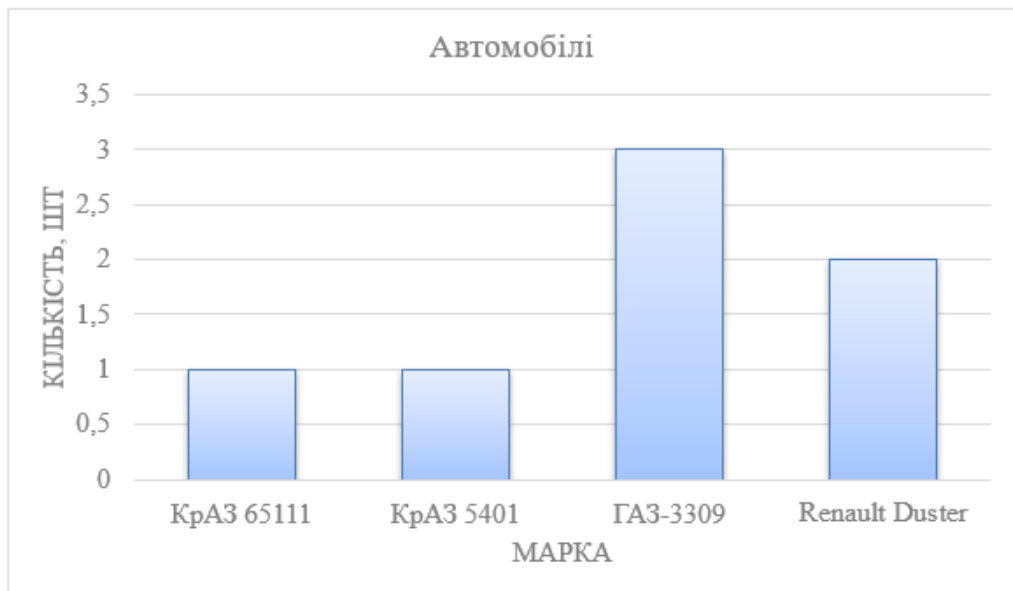


Рисунок 1.6 – Перелік автомобілів

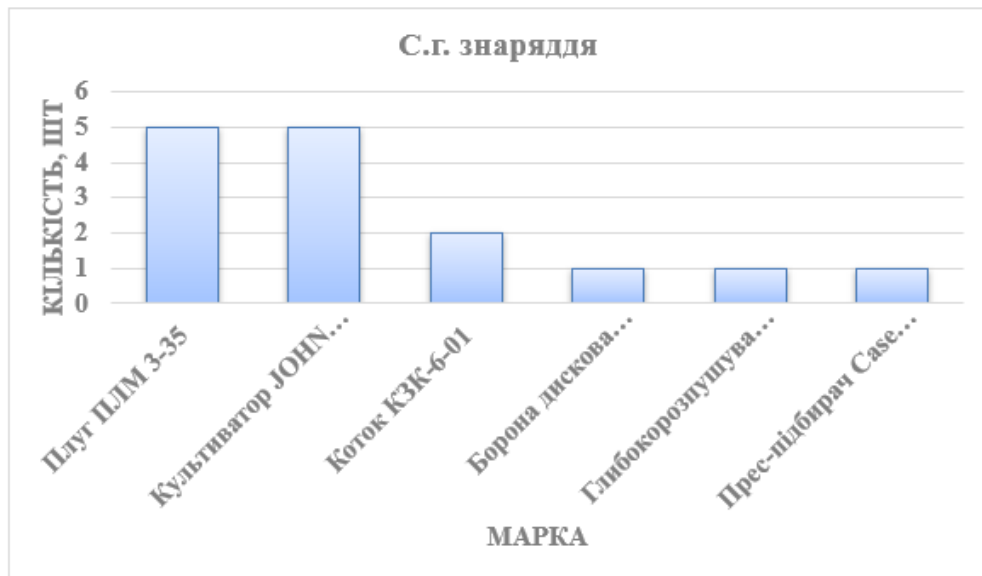


Рисунок 1.7 – Перелік с.г. знарядь

1.3. Технологічний процес ремонтних робіт в умовах майстерні

ТО автомобілів і тракторів на підприємстві здійснюється власними силами. Для належної організації використання машинно-тракторного парку річний план-графік тех. обслуговування складається заздалегідь, з урахуванням норм міжремонтного напрацювання або кількості витраченого палива. Однак часто графік проведення тех. обслуговування порушується, особливо у періоди посівної та збирання врожаю, коли навантаження на техніку зростає.

ТО проводиться на спеціально обладнаному посту, де разом із трактористом задіяний майстер-налагоджувальник. Основним завданням майстра є регулювання різних агрегатів та вузлів техніки для забезпечення їх належної роботи.

Ремонтні роботи здійснюються на ремонтно-монтажній дільниці, проте значна частина ремонтів виконується сторонніми організаціями за замовленням підприємства.



Рисунок 1.8 – Процес ремонту машин в майстерні господарства

1.4. Способи відновлення корпусних деталей

Сьогодні у ремонтному виробництві використовують велику кількість способів відновлення посадкових отворів у корпусних деталях [7, 8, 9, 10, 11].

Проведемо аналіз основних способів відновлення посадкових отворів у корпусних деталях з метою виявлення їх позитивних сторін і недоліків.

1.4.1. Електроконтактне залізнення (рис. 1.9).

В основі даного способу лежить ефект тертя однієї поверхні по іншій в присутності електроліту і за рахунок проходження струму через анод і катод.

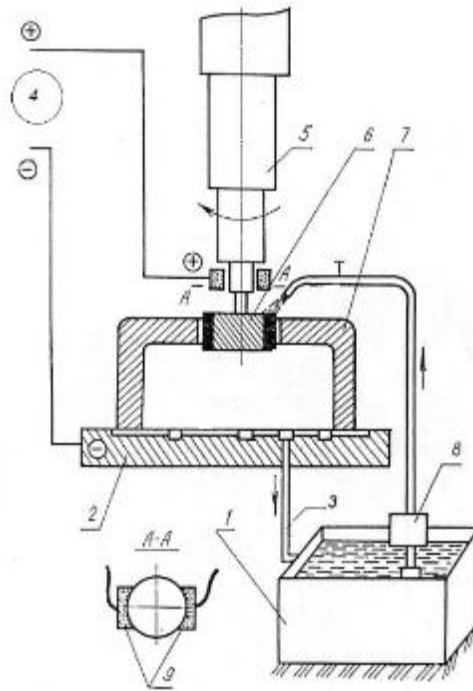


Рисунок 1.9 - Схема установки для електроконтактного залізнення:

1 – бак; 2 – станина; 3 – трубопровід; 4 – джерело струму; 5 – шпindelь верстату; 6 – обертаючийся електрод (анод); 7 – деталь (катод); 8 – насос для подачі електроліту; 9 – щітки для підводу струму.

Так, насосом електроліт з ванни подається в середину головки (анода), яка виготовлена у вигляді тампону. В якості матеріалу для тампону використовується фетр, повсть, капрон та інші матеріали. Тампон прилягає до відновлюваної поверхні і, обертаючись, натирає на поверхню деталі шар покриття. Даним способом можливо відновлювати як внутрішні поверхні так і зовнішні. Режими при електролітичному натиранні такі: густина струму – до 200 А/дм², колова швидкість деталі – 20 м/хв.

Обладнання. В якості джерела постійного струму використовуються випрямлячі ВАКГ-12/6-3000, ВАГГ-12/600М з напругою 12 В, а також низьковольтні генератори АНД-500/250, 1000/500, 1500/750 (сила струму при 6 В/при 12 В). Джерелом змінного струму є понижувальний трансформатор. Залізнення виконують у сталевих ваннах, які в середині футеровані гумою, вініпластом, поліетиленом, кислотостійкою емаллю, керамікою та інше. Аноди виготовлені з маловуглецевої сталі і використовуються у співвідношенні до поверхні деталі від 1 до 2. З метою запобігання забруднення ванни проду-

ктами розпаду анодів їх розміщують в мішках з кислотостійкої тканини ТСФ-9П або тканини "хлорин".

1.4.2. Спосіб відновлення посадкових отворів корпусних деталей полімерними матеріалами

Ця технологія відновлення отворів у корпусних деталях з використанням полімерних матеріалів є сучасним підходом, що дозволяє зберігати вихідні розміри деталей без використання дорогих заміників чи складного обладнання. Процес відновлення охоплює декілька важливих етапів, кожен з яких має на меті забезпечити максимальну адгезію полімерного шару до основи та точність відновлюваних розмірів.

1. **Підготовка деталі.** Спершу деталь ретельно очищають від забруднень і знежирюють, що є критично важливим для запобігання утворенню бар'єрного шару, який може знизити міцність зчеплення полімеру з основою. Усі частинки, олії чи залишки матеріалів видаляються, забезпечуючи чистоту поверхні.

2. **Розточування отвору.** Наступний етап — розточування отвору з додаванням припуску під полімерний шар. Цей припуск враховує товщину полімерного матеріалу, необхідну для досягнення номінальних розмірів. Розточування виконується із різьбленням або створенням насічок на внутрішній поверхні, що дозволяє полімеру краще фіксуватися на металі завдяки збільшенню площі контакту і підвищенню зчеплення.

3. **Підготовка полімерного матеріалу.** Після підготовки деталі полімерний матеріал готується до нанесення. Це може включати змішування компонентів для створення полімерного розчину, здатного витримувати необхідні механічні навантаження та забезпечувати довговічність. Важливо, щоб полімер мав відповідні властивості — стійкість до навантажень, необхідний рівень в'язкості для рівномірного нанесення та швидке затвердіння.

4. **Нанесення полімеру і центрування оправлення.** Полімерний матеріал наноситься на поверхню отвору, після чого вставляється оправлення, виготовлене з точністю до 4-го класу відповідно до номінального розміру.

Оправлення центрується по осі корпусу та базового отвору, що дозволяє забезпечити правильну геометрію відновлюваного отвору. Після цього полімер залишається для повного застигання.

5. **Полімеризація.** На даному етапі полімер проходить процес застудіння (полімеризації), у результаті чого формується жорстке покриття, яке відповідає номінальним розмірам та відновлює функціональні властивості деталі. Для прискорення полімеризації можуть використовуватися додаткові засоби, як-от температурне нагрівання, якщо це допустимо для матеріалу.

Переваги та обмеження методу

Цей метод відновлення є відносно простим і не вимагає великої кількості спеціалізованого обладнання. Його можна виконувати вручну, що робить технологію доступною для господарств і ремонтних цехів. Однак, низька міцність зчеплення полімеру з основою і обмежена температурна стійкість полімерного покриття обмежують застосування методу для деталей, які піддаються високим температурним та механічним навантаженням.

Таким чином, цей метод підходить для відновлення деталей, що працюють в умовах низьких або помірних навантажень, але потребує обережного застосування в умовах високої температури або агресивних середовищ, де може знадобитися додаткове зміцнення полімерного шару або використання більш стійких полімерних матеріалів.

Схема процесу полімеризації корпусної деталі з використанням оправлення представлена на рис. 1.10.

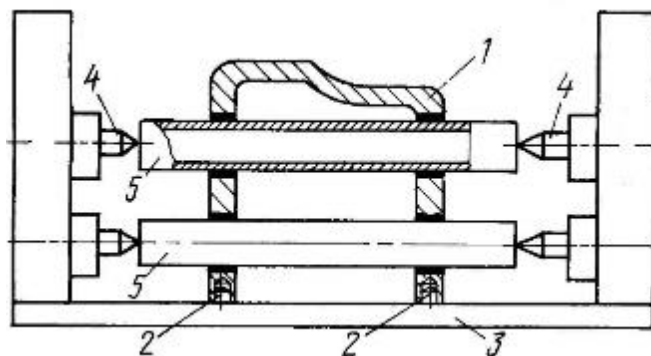


Рисунок 1.10 - Схема ремонту отворів у корпусі

1 - корпус; 2 - опора; 3 - підстава; 4 - центр; 5 - оправлення.

1.4.3. Метод відновлення посадкових отворів у корпусних деталях із використанням додаткової ремонтної деталі

Цей метод передбачає наступні кроки: зношену поверхню отвору корпусу розточують на токарному або розточувальному верстаті з урахуванням додаткового припуску для встановлення ремонтної втулки. Потім виготовляють ремонтну втулку з того ж матеріалу, що й корпус, з буртиком для надійної фіксації її в корпусі. Втулка має внутрішній діаметр, що відповідає номінальному розміру отвору.

Фіксація втулки у корпусі здійснюється зварюванням у кількох точках.



Рисунок 1.11 - Ілюструє схему відновлення посадкового отвору в корпусі за допомогою додаткової ремонтної деталі (ДРД): 1 — корпус, 2 — ремонтна втулка.

Основним недоліком цього методу є те, що при збільшенні діаметра отвору для встановлення втулки міцність корпусу може знижуватися. Це особливо критично для деталей з великою кількістю вирізів і отворів, де додаткове розточування може спричинити ще більшу втрату міцності.

1.4.4. Спосіб відновлення посадкових отворів у корпусних деталях електроконтактною приваркою сталеві стрічки

Спосіб розроблений у «Ремдеталь». Сталеву стрічку приварюють до відновлюваної поверхні отвору універсальними роликотими електродами, що

пропускають потужні імпульси зварювального струму від 16,1 до 18,1 кА (рис. 1.12).

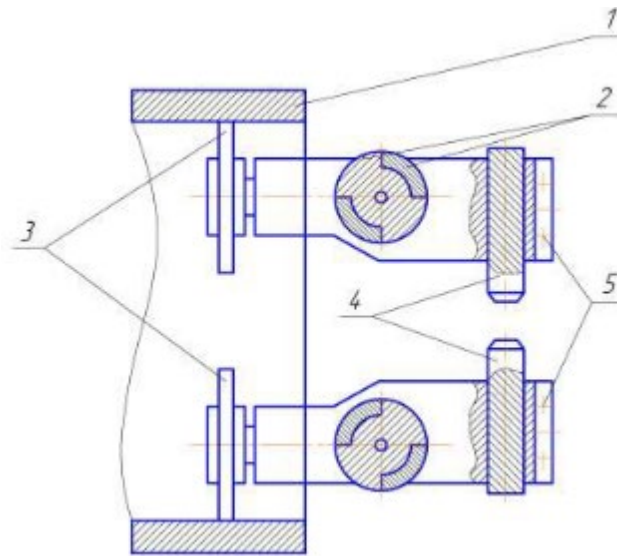


Рисунок 1.12 - Схема електроконтактної приварки стрічки роликowymi електродами:

1 - деталь (корпус коробки передач); 2 - сектор; 3 - роликові електроди; 4 - електроди для зварювання плоских поверхонь; 5 - болти

Під дією імпульсу струму метал стрічки й деталі оплавляється у звареній точці. Оплавлення металу стрічки відбувається не по всій її довжині, а тільки в поверхневому шарі, де контактують деталь і стрічка.

Стрічка приварюється до зношеного отвору крапками, що перекриваються, які розташовуються по гвинтовій лінії. Для одержання регульованих імпульсів зварювального струму застосовують переривники для контактних зварювальних машин і конденсаторні джерела живлення. Перекриття зварених крапок уздовж рядів і між ними досягається за рахунок обертання роликowych електродів в отворі зі швидкістю, пропорційній частоті імпульсів і їх поперечного переміщення.

Для зменшення нагрівання деталі й загартування привареного шару в зону зварювання подають охолодну рідину. У звареному з'єднанні не виникає внутрішніх напружень, через охолодження зони зварювання водою. Зона термічного впливу при цьому не перевищує 2 мм. При остиганні звареного шва

тріщини, як правило, не утворюються. Спосіб забезпечує одержання покриттів твердістю до HRC 60...65. У порівнянні з наплавленням цей спосіб в 2...3 рази більш продуктивний, дозволяє в 3...4 рази знизити витрата металу. Недоліками способу є: низька стійкість роликів електродів і складність технологічного встаткування [13].

1.4.5. Порівняльне дослідження анаеробних герметиків

Анаеробні герметики — це спеціальні матеріали, які затверджують за відсутності кисню, тобто в умовах герметичного з'єднання. Вони широко використовуються для герметизації, з'єднання або відновлення деталей, зокрема в ремонті корпусних елементів. Розглянемо популярні анаеробні герметики, такі як Loctite, Chester Molecular та Anatherm, порівнюючи їх переваги та недоліки.

1. Loctite (Локтайт)

Плюси:

- Широке застосування : Loctite є одним з найбільш відомих брендів на ринку анаеробних герметиків. Продукція цієї марки відома своєю високою якістю і надійністю.

- Швидке твердження : Висока швидкість затвердіння при контакті з металом.

- Широкий асортимент : Продукція різних варіантів міцності та формул для різних типів з'єднань.

- Термостійкість : Прекрасна стійкість до температурних коливань, що робить герметик універсальним для різних умов експлуатації.

Мінуси:

- Ціна : Продукція Loctite може бути дорожчою за аналоги.

- Вимогливість до чистоти поверхні : Для досягнення максимального ефекту потрібно ретельно очищати поверхні перед нанесенням герметика.

2. Chester Molecular

Плюси:

- Покращена міцність з'єднань : Chester Molecular часто використовується для ремонту з'єднань в умовах великих навантажень і агресивних середовищ.

- Тривалий термін служби : Має довший термін служби після затвердіння порівняно з деякими іншими брендами.

- Зручність у використанні : Легко наноситься і добре проникає в пори металу, що сприяє герметизації та відновленню.

Мінуси:

- Обмеження температури : Може бути менш термостійким порівняно з іншими марками герметиків.

- Спеціалізоване використання : Іноді може бути занадто складним для загального використання, якщо не вимагається висока міцність.

3. Anatherm

Плюси:

- Відновлення зношених поверхонь : Ідеально підходить для ремонту пошкоджених посадочних отворів і відновлення геометрії деталей.

- Антифрикційні властивості : Цей герметик має гарні антифрикційні характеристики, що дозволяє використовувати його для відновлення деталей, що працюють у зносних умовах.

- Стійкість до хімічних агентів : Забезпечує додатковий захист від агресивних хімікатів та корозії.

Мінуси:

- Не універсальний : Може не бути оптимальним для всіх типів з'єднань, особливо при високих температурах.

- Час затвердіння : Порівняно з іншими продуктами, цей герметик має більш тривалий процес затвердіння.

Інші герметики

Існують також інші менш відомі, але ефективні герметики, які використовуються в спеціалізованих сферах, наприклад, герметики на основі поліу-

ретанів або силіконів. Вони можуть бути менш дорогими, але їхня ефективність часто поступається продуктам великих брендів.

Металополімери — це складні матеріали, які поєднують в собі властивості металу та полімерів, створюючи високоефективні засоби для ремонту та відновлення механічних деталей. Вони широко використовуються в процесі відновлення посадочних отворів у корпусних деталях, зокрема в разі їх зносу або пошкоджень.

Переваги застосування металополімерів:

- Міцність та зносостійкість : Вони володіють підвищеними механічними характеристиками, що дозволяє відновити геометрію деталей і забезпечити їх стійкість до високих навантажень.

- Антикоровійні властивості : Металополімери забезпечують додатковий захист від корозії, що особливо важливо для деталей, що працюють у вологих або агресивних середовищах.

- Висока термостійкість : Такі матеріали можуть витримувати високі температури, що робить їх ідеальними для використання в умовах теплових навантажень (наприклад, у двигунах або трансмісіях).

- Легкість в обробці : Металополімери можна легко наносити на поверхні і обробляти, що спрощує процес ремонту.

Недоліки:

- Залежність від якості матеріалу : Якщо використовувати низькоякісні металополімери, можна отримати слабе з'єднання, яке швидко зруйнується під навантаженням.

- Вартість : Високоякісні металополімери можуть бути дорожчими, ніж стандартні методи ремонту.

Застосування металополімерів для відновлення посадочних отворів є ефективним способом подовження терміну служби деталей і зниження витрат на їх заміну.

1.5. Висновки та задачі досліджень

Корпусні деталі відносяться до найбільш дорогих деталей у конструкції сільськогосподарської техніки, тому що є базисними, ресурсними деталями, в основному, що лімітують ресурс агрегату й у ряді випадків машини в цілому.

Аналіз літературних джерел показав, що більшу частину зношених корпусних деталей (автотракторної) сільськогосподарської техніки можна відновлювати технологіями із застосуванням полімерних матеріалів. Накопичений багаторічний досвід застосування технології відновлення посадкових отворів корпусних деталей герметиком 6Ф, який показав її високу ефективність. Відновлення корпусних деталей герметиком 6Ф забезпечує багаторазове підвищення їх довговічності. При цьому збільшується ресурс підшипників, зубчастих коліс і валів. Необхідні всебічні експериментальні дослідження споживчих властивостей еластомера Ф-40С, для розробки технологічних рекомендацій, що забезпечують високу ефективність відновлення зношених посадкових отворів у корпусних деталях (автотракторної) сільськогосподарської техніки.

Метою роботи є підвищення ефективності відновлення посадкових отворів корпусних деталей сільськогосподарської техніки металополімером Ф-40С за рахунок підвищення якості полімерних покриттів, забезпечення високої довговічності відновлених нерухомих з'єднань підшипників.

На підставі проведеного аналізу, у дипломній роботі сформульовані наступні завдання досліджень:

- Провести аналіз існуючих способів відновлення підшипникових вузлів корпусних деталей.
- Розробити технологічний процес відновлення посадкових поверхонь корпусних деталей з використанням металополімерних покриттів.
- Дослідити вплив натягу у з'єднанні на роботу металополімера.
- Розробити методику експериментальних досліджень та підготувати зразки до випробувань.

- розглянути питання удосконалення системи охорони праці та провести економічну оцінку рішень розроблених в роботі.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ ЕЛАСТОМЕРАМИ

2.1 Теоретичні аспекти визначення оптимального натягу посадки «підшипник-корпус» під час відновлення посадкових отворів у корпусних деталях еластомерами

Деформація зовнішнього кільця підшипника від натягу посадки

Зазори в підшипнику і пружні деформації його елементів під дією робочого навантаження спричиняють осьові та радіальні вібрації вала, які в кінці машин і механізмів неприпустимі. Жорсткість опор на підшипниках кочення може бути значно підвищена при створенні попереднього натягу. Необхідна величина натягу залежить насамперед від навантаження, габаритних розмірів підшипника і від температурних умов його роботи. Визначимо радіальне переміщення зовнішнього кільця підшипника з полімерним покриттям під час запресовування в отвір корпусної деталі.

У роботі [5, 12] полімерне покриття після запресовування підшипника в отвір корпусної деталі розглядають як циліндричну оболонку, яка за рахунок натягу полімерного покриття N вісесиметрично навантажена радіальним тиском P (рисунок 2.1).

Прогин циліндричної оболонки ω визначають за формулою

$$\omega = \frac{PR^2}{E_{\text{пм}} h_{\text{пм}}} \quad (2.1)$$

де R - радіус серединної поверхні циліндричної оболонки (полімерного покриття);

$E_{\text{пм}}$ - модуль пружності полімерного матеріалу;

$h_{\text{пм}}$ - товщина полімерного покриття.

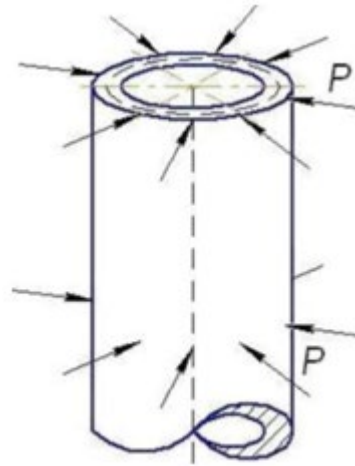


Рисунок 2.1 - Вісесиметричне навантаження циліндричної оболонки

Прийmemo прогин циліндричної оболонки рівним натягу $a = N$, тоді тиск P визначимо із залежності (2.1)

$$P = E_{nm} \frac{Nh_{nn}}{R^{*2}}, \quad (2.2)$$

Результати експерименту показали, що формула (2.2) потребує коригування

$$P = cE_{nm} \frac{Nh_{nn}}{R^{*2}}, \quad (2.3)$$

де c - поправочний коефіцієнт, для покриттів еластомеру Ф-40С, коефіцієнт $c = 100$.

Уявімо зовнішнє кільце підшипника кочення як циліндр, що піддається стисненню. Напружений стан полімерного покриття створює вісесиметричний рівномірний тиск P на зовнішнє кільце підшипника, стискаючи його. Має місце задача Ляме про стиснення товстостінної труби (циліндра) рівномірним тиском (рисунок 2.2), відповідно напруження і переміщення можна визначити за формулами [81].

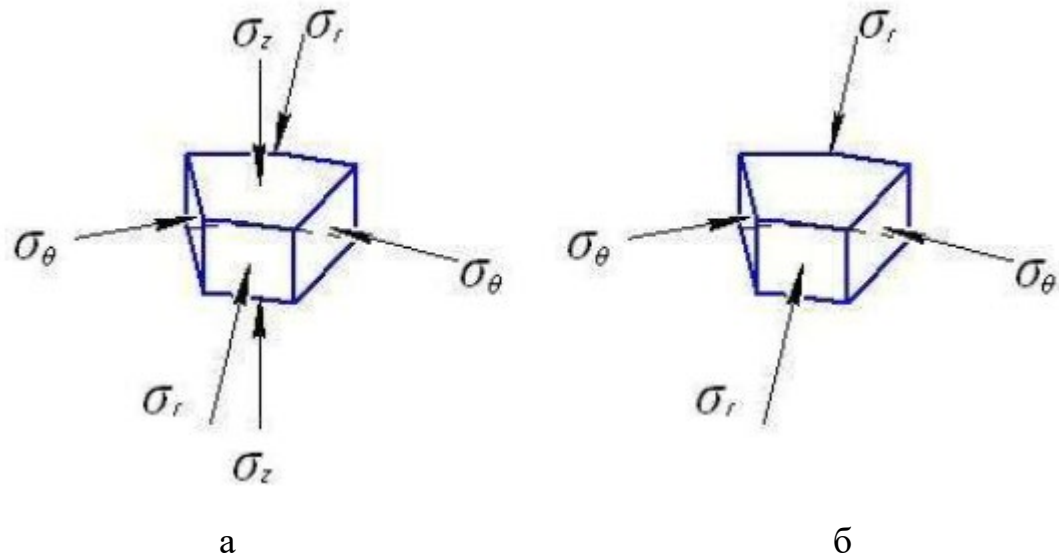


Рисунок 2.2 - Головні напруження в корпусі та зовнішньому кільці підшипника: а) зовнішнє кільце під час запресовування; б) зовнішнє кільце після запресовування

$$\sigma_{r\text{ин}} = 0, \quad \sigma_{\theta\text{нк}} = -\frac{2}{1-K^2}P, \quad u = -\frac{r}{E} \frac{2}{1-K^2}P, \quad (2.4)$$

де $\sigma_{r\text{ин}}$, $\sigma_{\theta\text{нк}}$ - радіальне й колове напруження в циліндрі (зовнішньому кільці підшипника), відповідно;

i - переміщення (на бік) зовнішньої поверхні циліндра під час стиснення;

r - внутрішній радіус циліндра;

K - співвідношення внутрішнього радіуса до зовнішнього радіуса циліндра.

Щоб визначити за формулою (2.4) деформацію зовнішнього кільця підшипника після його запресовування в отвір корпусної деталі, потрібно визначити розміри поперечного перерізу циліндра еквівалентного поперечному перерізу зовнішнього кільця підшипника за жорсткістю (рисунок 2.3).

Визначимо внутрішній радіус циліндра r .

Наведений внутрішній діаметр зовнішнього кільця з прямокутним перерізом D_0 розраховують за формулою [13].

$$\frac{D_0}{D} = \frac{3D+d}{4D}, \quad (2.5)$$

Перетворимо рівність (2.5) до виду

$$r = \frac{D_0}{2} = \frac{D(3D+d)}{4D} / 2 = \frac{3D+d}{8}, \quad (2.6)$$

де D і d - зовнішній і внутрішній діаметри підшипника.

Прирівняємо тиск від натягу полімерного покриття q до тиску P на циліндр. Підставивши вирази (2.3) і (2.5) у формулу (2.4) отримали

$$u = -\frac{(3D+d)}{4ER^{*2}} \times \frac{cE_{nm}Nh_{nm}}{1 - \left[0,25\left(3 + \frac{d}{D}\right)\right]^2}, \quad (2.7)$$

Отримано формулу залежності (2.7) деформації зовнішнього кільця підшипника від натягу полімерного покриття, що дає змогу з достатньо високою точністю визначити зменшення радіального зазору в підшипнику залежно від типорозміру підшипника та деформаційно-міцних властивостей застосованого полімерного матеріалу.

2.2. Робочий радіальний зазор у працюючому підшипнику з полімерним покриттям

Робочий радіальний зазор у працюючому підшипнику визначають за формулою [13]

$$e_p = e_n - \delta_2 - K_t + \delta_o, \quad (2.8)$$

де e_n - початковий радіальний зазор;

δ_2 - зменшення зазору через збільшення доріжки кочення внутрішнього кільця підшипника під час його встановлення з натягом на вал;

K_t - зменшення зазору від різниці температур у підшипнику,

δ_0 - збільшення посадкового зазору внаслідок наявності контактних деформацій між тілами кочення і робочими поверхнями кочення внутрішнього і зовнішнього кілець підшипника.

$$K_t = \alpha d_0 \Delta t, \quad (2.9)$$

де α - коефіцієнт лінійного температурного розширення для загартованої сталі $\alpha = 11,7 \times 10^{-6}$;

d_0 - наведений діаметр доріжки кочення внутрішнього кільця, мм;

Δt - різниця температур кілець підшипника, °C;

Зменшення зазору через збільшення доріжки кочення внутрішнього кільця підшипника під час його встановлення з натягом на вал розраховують за формулою

$$\delta_2 = \frac{d\Delta}{d_0 F}, \quad (2.10)$$

де d - внутрішній діаметр підшипника;

Δ - натяг посадки підшипника на вал;

F - поправочний коефіцієнт, для вала суцільного перерізу $F = 1$.

Наведений діаметр доріжки кочення внутрішнього кільця можна визначити з рівності

$$\frac{d}{d_0} = \frac{4d}{D + 3d}, \quad (2.11)$$

де d - зовнішній діаметр підшипника.

Після перетворення рівності отримаємо

$$d_0 = \frac{d(D + 3d)}{4d} = \frac{D + 3d}{4}, \quad (2.12)$$

Вираз (2.10) набуде вигляду

$$\delta_2 = \frac{4d\Delta}{D + 3d}, \quad (2.13)$$

Вираз (2.9) набуде вигляду

$$K_t = \frac{\alpha(D + 3d)\Delta t}{4}, \quad (2.13)$$

З урахуванням формули (2.7) формула (2.8) матиме вигляд

$$e_p = e_n - \delta_2 - u - K_t + \delta_o, \quad (2.14)$$

Слід зазначити, що посадковий радіальний зазор, у підшипнику, змонтованому на валу і в корпусі, визначатиметься за формулою

$$e_n = e_n - \delta_2 - u, \quad (2.15)$$

Збільшення посадкового зазору внаслідок наявності контактних деформацій між тілами кочення і робочими поверхнями кочення внутрішнього і зовнішнього кілець підшипника розраховують за формулою

$$\delta_o = \delta_e + \delta_n, \quad (2.16)$$

де δ_b - контактна деформація між тілами кочення і робочою поверхнею кочення внутрішнього кільця підшипника;

δ_n - контактна деформація між тілами кочення і робочою поверхнею кочення зовнішнього кільця підшипника.

Контактну деформацію між тілами кочення і робочою поверхнею кочення внутрішнього (зовнішнього) кільця підшипника визначають за формулою

$$\delta = \frac{n_\delta}{2} \sqrt{\frac{9}{4} \eta^2 P^2 \sum k}, \quad (2.17)$$

де n_δ - коефіцієнт, який обирають із таблиці за значенням допоміжного аргументу θ ;

η - коефіцієнт Кірхгофа;

P - радіальне навантаження;

k - сума головних кривизн тіл, що контактують.

Допоміжний аргумент θ залежить від головних кривизн тіл, що контактують.

$$\theta = \frac{k_{11} - k_{12} + k_{21} - k_{22}}{\sum k}, \quad (2.18)$$

$$k_{11} = \frac{1}{R_{11}}; k_{12} = \frac{1}{R_{12}}; k_{21} = \frac{1}{R_{21}}; k_{22} = \frac{1}{R_{22}}$$

де R_{11} та R_{12} - головні радіуси кривизни першого тіла в точці початкового торкання, визначені у двох взаємно перпендикулярних площинах, лінія перетину яких збігається з лінією дії нормального навантаження;

R_{21} та R_{22} - головні радіуси кривизни другого тіла.

Суму головних кривизн тіл, що контактують, визначають за формулою

$$\sum k = k_{11} + k_{12} + k_{21} + k_{22} \quad (2.19)$$

З урахуванням вищевикладеного, формула (2.16) набуде вигляду

$$\delta_o = \frac{n_{\delta\varepsilon}}{2} \sqrt[3]{\frac{9}{4} \eta^2 P^2 \sum k_\varepsilon} + \frac{n_{\delta\kappa}}{2} \sqrt[3]{\frac{9}{4} \eta^2 P^2 \sum k_\kappa}, \quad (2.20)$$

де $n_{\delta\varepsilon}$ $n_{\delta\kappa}$ - коефіцієнти, які обирають із таблиці [13] за значеннями допоміжних аргументів θ_V і θ_H для внутрішнього та зовнішнього кілець;

$\Sigma_{\kappa\varepsilon}$, $\Sigma_{\kappa\kappa}$ - суми головних кривизн тіл, що контактують із внутрішнім і зовнішнім кільцями підшипника.

Проведемо аналіз параметрів контакту в підшипнику з полімерним покриттям, а саме головних радіусів кривизни кульки і жолоба внутрішнього (зовнішнього) кільця підшипника в точці початкового торкання, визначених у двох взаємно перпендикулярних площинах.

Для кульки, що контактує з жолобом внутрішнього кільця підшипника.

Радіуси кривизни кульки у двох взаємно перпендикулярних площинах слід визначати за формулою

$$R_{11} = R_{12} = \frac{D_w}{2}, \quad (2.21)$$

D_w - діаметр кульки.

Радіуси кривизни жолоба внутрішнього кільця підшипника у двох взаємно перпендикулярних площинах слід розраховувати за формулами

$$R_{21\delta} = 0,5\left(\frac{D_0}{\cos \alpha} - D_W\right); \quad R_{22\delta} = f_{\text{ввк}} D_W \approx 0,515 D_W, \quad (2.22)$$

де D_0 - середній діаметр підшипника,

α - кут контакту;

$f_{\text{ввк}}$ - коефіцієнт ступеня зіткнення кульки з жолобом внутрішнього кільця підшипника,

$R_{\text{жвк}}$ - радіус жолоба внутрішнього кільця підшипника.

Для кульки, що контактує з жолобом зовнішнього кільця підшипника

Радіуси кривизни кульки у двох взаємно перпендикулярних площинах слід визначати за формулою (2.21)

Завдяки наявності полімерного покриття в сполученні «корпус-зовнішнє кільце підшипника», зовнішнє кільце підшипника деформується в еліпс із великою віссю, що збігається за напрямком із радіальним навантаженням. З урахуванням вищевикладеного, радіус кривизни жолоба зовнішнього кільця підшипника в поздовжній площині слід розраховувати за формулою

$$R_{21\pi} = 0,5\left(\frac{D_0}{\cos \alpha} + D_W\right) + u_0, \quad (2.23)$$

де u_0 - деформація зовнішнього кільця навпроти центрального тіла кочення.

Деформацію зовнішнього кільця підшипника навпроти центрального u_0 тіла кочення визначають за формулою [13].

$$u_0 = -\frac{1}{8EJ\beta^3} \left(P_0 + 2P_1 e^{-\beta l_1} (\sin \beta l_1 + \cos \beta l_1) + 2P_2 e^{-2\beta l_1} (\sin 2\beta l_1 + \cos 2\beta l_1) \right) \quad (2.24)$$

де E - модуль пружності матеріалу підшипника;

J - момент інерції поперечного перерізу балки (зовнішнього кільця підшипника);

l_1 - відстань між точками прикладання навантажень на центральне, перші та другі бокові тіла кочення;

P_0, P_1, P_2 - навантаження на центральне, перше та друге тіла кочення, відповідно;

β - коефіцієнт,

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k}{4EJ}}, \quad (2.25)$$

де k - коефіцієнт пропорційності (погонний коефіцієнт постелі) між реакцією в кожній точці балки і прогином.

Отримаємо формулу для розрахунку контактної деформації між тілами кочення і робочою поверхнею кочення внутрішнього кільця підшипника δ_B

$$\delta_\epsilon = \frac{n_{\delta\epsilon}}{2} \sqrt[3]{\frac{9}{4} \eta^2 P^2 \sum k_\epsilon}$$

$$\sum k = \frac{2}{D_W} + \frac{2}{D_W} + \frac{1}{0,5 \left(\frac{D_0}{\cos \alpha} - D_W \right)} + \frac{1}{0,515 D_W} = \frac{5,9417}{D_W} + \frac{2}{\frac{D_0}{\cos \beta} - D_W}, \quad (2.26)$$

$$\delta_\epsilon = \frac{n_{\delta\epsilon}}{2} \sqrt[3]{\frac{9}{4} \eta^2 P^2 \sum k_\epsilon} = \frac{n_{\delta\epsilon}}{2} \sqrt[3]{2,25 \eta^2 P^2 \left(\frac{5,9417}{D_W} + \frac{2}{\frac{D_0}{\cos \alpha} - D_W} \right)}$$

де n_{δ_B} - коефіцієнт, який вибирають із таблиці [14] за значенням допоміжного аргументу θ_B , що визначається за формулою (2.18) для внутрішнього кільця підшипника.

Отримаємо формулу для розрахунку контактної деформації між тілами кочення і робочою поверхнею кочення зовнішнього кільця підшипника δ_B .

$$\delta_n = \frac{n_{\delta_n}}{2} \sqrt{\frac{9}{4} \eta^2 P^2 \sum \kappa_n}$$

$$\sum k = \frac{2}{D_W} + \frac{2}{D_W} + \frac{1}{0,5 \left(\frac{D_0}{\cos \alpha} + D_W \right) + u_0} + \frac{2}{D_W} = \frac{6}{D_W} + \frac{2}{\left(\frac{D_0}{\cos \beta} + D_W \right) + u_0}, \quad (2.27)$$

$$\delta_n = \frac{n_{\delta_n}}{2} \sqrt[3]{\frac{9}{4} \eta^2 P^2 \sum k_n} = \frac{n_{\delta_n}}{2} \sqrt[3]{2,25 \eta^2 P^2 \left(\frac{6}{D_W} + \frac{2}{\frac{D_0}{\cos \alpha} + D_W + u_0} \right)}$$

Остаточно формула для розрахунку контактних деформацій між тілами кочення і робочими поверхнями кочення внутрішнього і зовнішнього кілець підшипника δ_0 матиме вигляд

$$\delta_o = \frac{n_{\delta_o}}{2} \sqrt[3]{2,25 \eta^2 P^2 \left(\frac{5,9417}{D_W} + \frac{2}{\frac{D_0}{\cos \alpha} - D_W} \right)} + \frac{n_{\delta_o}}{2} \sqrt[3]{2,25 \eta^2 P^2 \left(\frac{6}{D_W} + \frac{2}{\frac{D_0}{\cos \alpha} + D_W + u_0} \right)}, \quad (2.28)$$

$$\delta_o = (1,5 \eta P)^{2/3} \left[\frac{n_{\delta_o}}{2} \sqrt[3]{\left(\frac{5,9417}{D_W} + \frac{2}{\frac{D_0}{\cos \alpha} - D_W} \right)} + \frac{n_{\delta_o}}{2} \sqrt[3]{\left(\frac{6}{D_W} + \frac{2}{\frac{D_0}{\cos \alpha} + D_W + u_0} \right)} \right]$$

Після підстановки у формулу (2.14) виразів (2.12), (2.7), (2.13) і (2.28) одержали формулу для розрахунку робочого радіального зазору в підшипнику, що працює, з полімерним покриттям

$$e_p = e_n - \frac{4d\Delta}{D+3d} - \frac{(3D+d)}{4ER^{*2}} \times \frac{cE_{nm}Nh_{nn}}{1 - \left[0,25\left(3 + \frac{d}{D}\right)\right]^2} - \frac{\alpha(D+3d)\Delta t}{4} +$$

$$+ (1,5\eta P)^{2/3} \left[\frac{n_{\text{дн}}}{2} \sqrt[3]{\left(\frac{5,9417}{D_w} + \frac{2}{\frac{D_0}{\cos \alpha} - D_w}\right)} + \frac{n_{\text{дн}}}{2} \sqrt[3]{\left(\frac{6}{D_w} + \frac{2}{\frac{D_0}{\cos \alpha} + D_w + u_0}\right)} \right] \quad (2.29)$$

Отримано формулу для розрахунку робочого радіального зазору в працюючому підшипнику з полімерним покриттям (2.29), що враховує натяг полімерної посадки «корпус-підшипник», деформаційно-міцнісні властивості, контактні деформації між тілами кочення та робочими поверхнями кочення внутрішнього і зовнішнього кілець підшипника.

2.3. Спосіб відновлення зношених посадкових отворів у корпусних деталях полімерним покриттям з еластомеру Ф-40С у корпусних деталях

Розроблено спосіб відновлення зношених посадкових отворів у корпусних деталях полімерним покриттям під заданий розмір і форму, що включає: підготовку поверхні отворів (очищення та знежирення поверхні отвору), нанесення полімерного покриття, його термічне оброблення до повного затвердіння і подальше калібрування під заданий розмір і форму.

Центрування осі калібру відносно відновлюваного посадкового отвору виконують по не зношеній поверхні отвору (рисунок 2.3). Якщо зношена вся поверхня посадкового отвору, використовують технологічну базу деталі, що приєднується [15]. Встановлюють кришку підшипника, яку кріплять болтами в різьбових отворах корпусної деталі отвору (рисунок 2.4). Центрування калібру виконують по не зношеній поверхні кришки підшипника, що сполучається із зазором із валом, який спирається на підшипник.

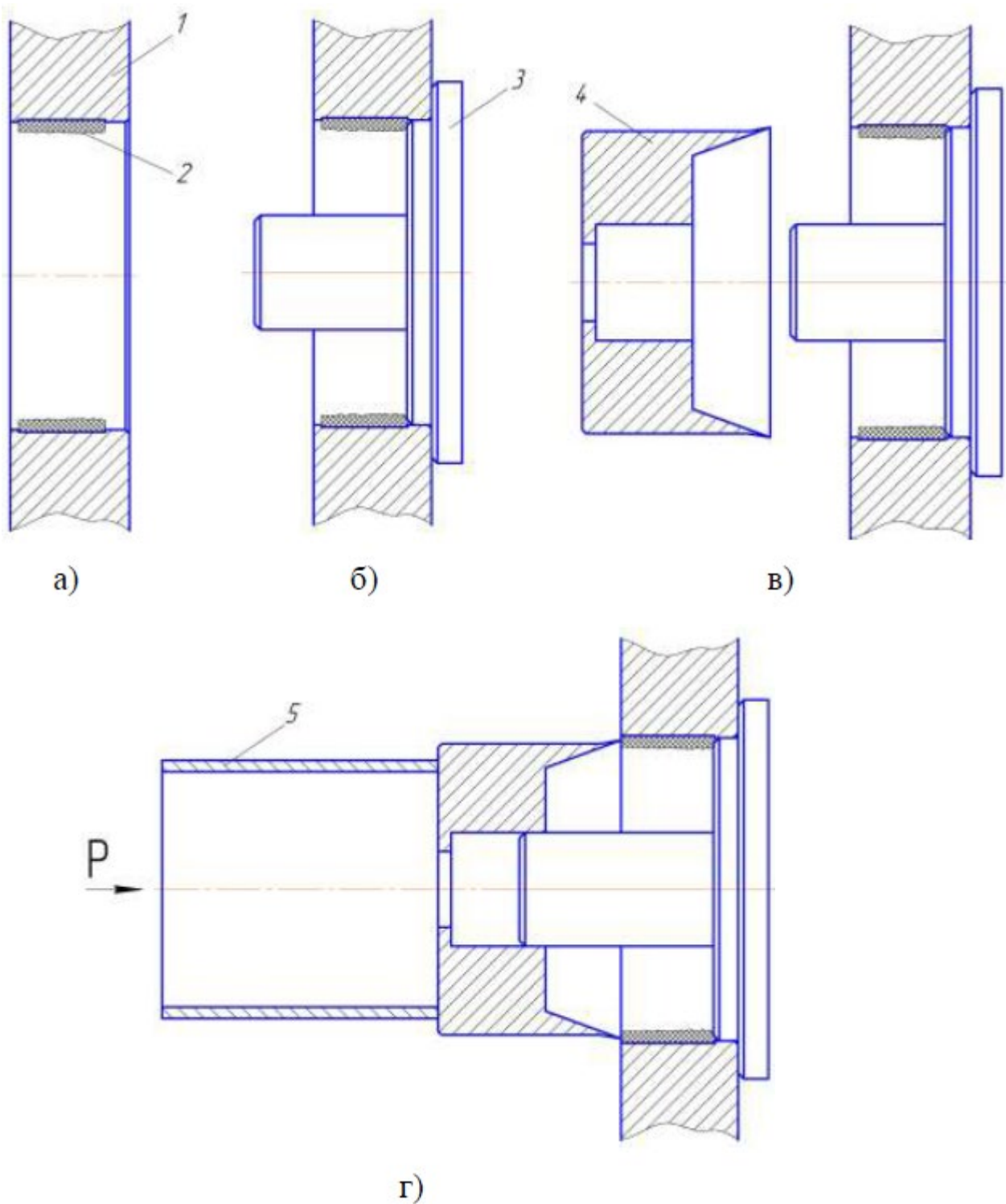


Рисунок 2.3 - Схема послідовності етапів отримання отвору з полімерним покриттям у корпусній деталі (підшипниковий щит електродвигуна) калібруванням:

а - зношений отвір із нанесеним полімерним покриттям; б - установлення базуючої деталі в отвір корпусної деталі; в - установлення калібру на

хвостовик базируючої деталі; г) калібрування; 1 - корпусна деталь; 2 - полімерне покриття; 3 - базируюча деталь; 4 - калібр; 5 - монтажна труба

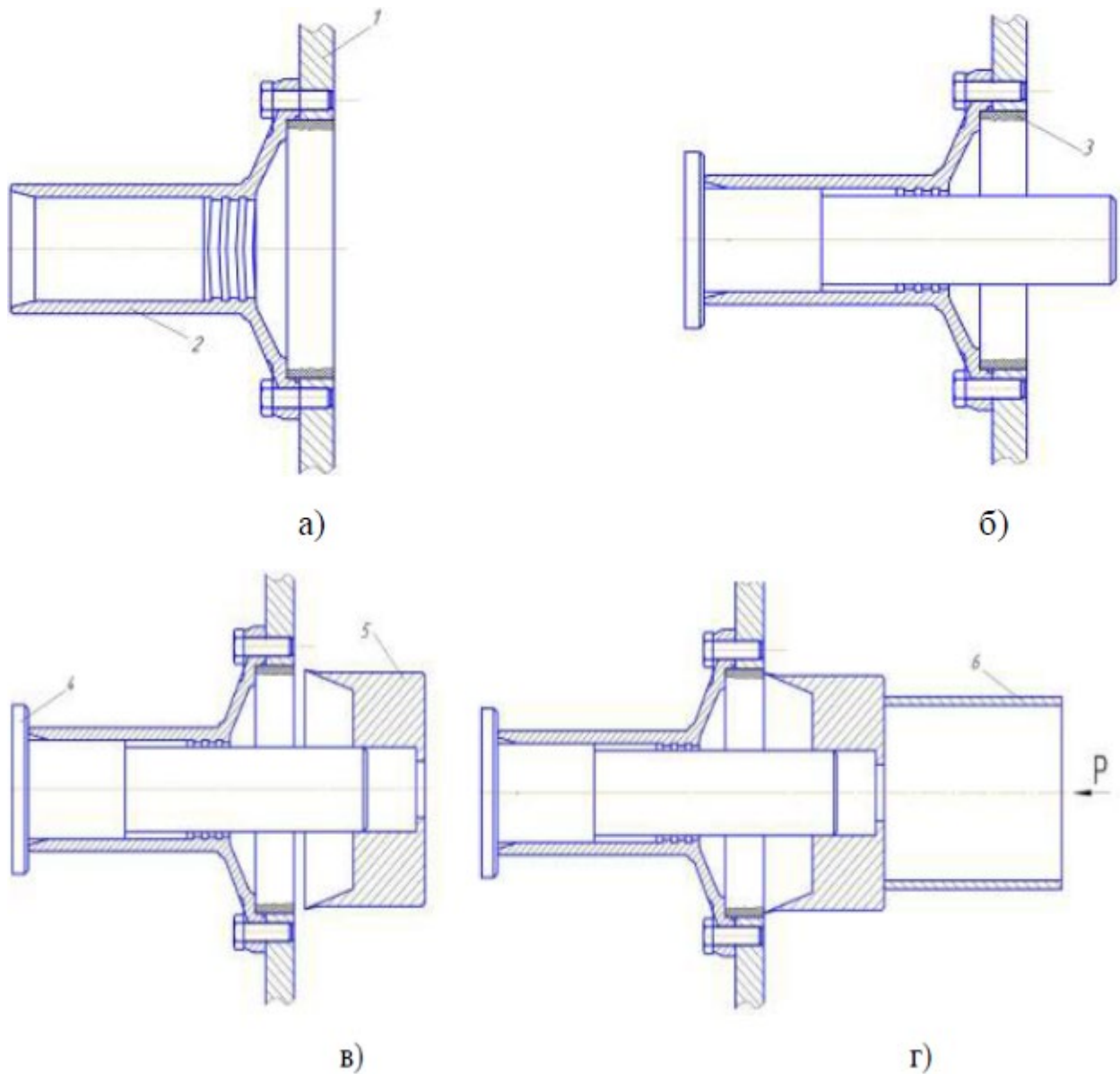


Рисунок 2.4 - Схема послідовності етапів отримання отвору з полімерним покриттям у корпусній деталі (корпус коробки передач, водяного насоса двигуна) калібруванням:

а - зношені отвори в корпусній деталі та в кришці підшипника з нанесеним полімерним покриттям; б - установлення деталі, що базує, в отвір деталі, що сполучається, що не зношений; в - установлення калібру на хвостовик деталі, що базує; г) калібрування; 1 - корпусна деталь; 2 - кришка підшипника; 3 - полімерне покриття; 4 - деталь, що базує; 5 - калібр; 5 - монтажна труба

Під час калібрування базуючу деталь вставляють в отвір корпусної деталі до упору в її торець, після чого корпусну деталь повертають, щоб базуюча деталь прийняла вертикальне положення. Потім калібр одягають на хвостовик базуючої деталі з іншого боку отвору.

На калібр встановлюють торцем монтажну трубу і ударами молотка по її протилежному торцю переміщують калібр уздовж отвору з полімерним покриттям доти, доки торець хвостовика не упреться в торцеву стінку калібру. Під час переміщення калібру його різальною кромкою зрізаються надлишки полімерного матеріалу і забезпечується заданий розмір і форма отвору з полімерним покриттям.

Для зниження трудомісткості способу і підвищення продуктивності праці для переміщення калібру допускається використання пресового обладнання.

На відміну від аналогів у новому способі калібрування проводять після повного затвердіння полімерного матеріалу покриття. Це дозволяє усунути усадку полімерного матеріалу і підвищити тим самим точність розміру отвору з полімерним покриттям.

2.4. Висновок

Отримано формулу залежності деформації зовнішнього кільця підшипника від натягу полімерного покриття, що дає змогу з достатньо високою точністю визначити зменшення радіального зазору в підшипнику залежно від типорозміру підшипника та деформаційно-міцних властивостей застосовуваного полімерного матеріалу.

Отримано формулу для розрахунку робочого радіального зазору в працюючому підшипнику з полімерним покриттям, що враховує натяг полімерної посадки «корпус-підшипник», деформаційно-міцнісні властивості, контактні деформації між тілами кочення та робочими поверхнями кочення внутрішнього і зовнішнього кілець підшипника.

Розроблено спосіб відновлення зношених посадкових отворів у корпусних деталях полімерним покриттям під заданий розмір і форму, що забезпечує підвищення точності розмірів отворів з полімерним покриттям, за рахунок виключення впливу усадки полімерного матеріалу під час свердління.

3. МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Загальна методика проведення досліджень

Для вирішення поставлених задач у рамках роботи розроблено послідовну методику проведення теоретичних і практичних експериментів. Об'єктами дослідження обрано:

- плівки та покриття, виготовлені з металополімеру Ф-40С;
- втулки, оброблені покриттям з металополімеру Ф-40С;
- підшипники, на поверхню яких нанесено покриття з металополімеру Ф-40С;
- вузли з підшипниками, посадкові місця яких були відновлені металополімером Ф-40С.

Характеристики та склад металополімеру Ф-40С

Матеріал Ф-40С являє собою спеціальний лак на основі суміші синтетичного каучуку та фенольної смоли, розчиненої в органічному середовищі. Цей лак постачається у вигляді рідкої суміші коричневого кольору, що відповідає низці технічних характеристик. Речовина має наступний склад:

- Смола ФКУ (феноло-формальдегідна смола на основі модифікованого фенолу з вінілоцетиленовою структурою) – 8% маси;
- Синтетичний бутадієн-нітрильний каучук марки СКН-40С – 12% маси;
- Ацетон (згідно ГОСТ 2768-84) – 80% маси.

Лак Ф-40С характеризується високою прозорістю без домішок та має масову частку сухого залишку на рівні 20%. Його міцність при зсуві зі сталлю за температури 20°C становить не менше 5,0 МПа, що забезпечує надійне зчеплення.

Підготовка та дослідження поверхонь підшипників

Перед застосуванням лаку Ф-40С, отвори для підшипників попередньо піддавали механічній обробці для досягнення потрібної точності. Максимальне відхилення циліндричності посадкових місць не перевищувало 0,008 мм. Для контролю діаметрів використовували індикаторні нутроміри відповідно до ДСТУ 868-92 та індикатори ІЧЦ 0-10-0,001 з точністю 0,001 мм.

Експериментальне обладнання

Під час експериментів застосовували сучасні вимірювальні прилади та спеціалізовані випробувальні стенди, які забезпечували високу точність і дозволяли отримати достовірні результати. Додатково використовувались оригінальні установки та пристосування, які дозволяли проводити дослідження на високому рівні.

3.2. Методика дослідження радіального й осьового зазорів у підшипнику з полімерним покриттям, запресованого в корпусну деталь

Дослідження радіального й осьового зазорів у підшипнику з металополімерним покриттям проводили на зразках, що представляють собою втулки, з діаметральним зазором посадкового отвору 0,150 мм (рис. 3.1), що імітують корпусну деталь і підшипники 209 з полімерним покриттям з металополімера Ф-40С (рис. 3.2).

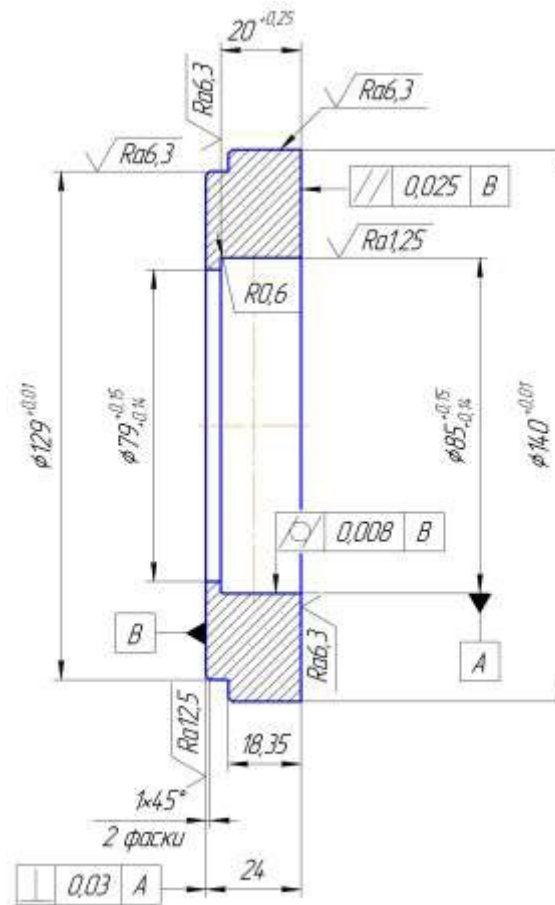


Рис. 3.1. Зразок втулка



Рис. 3.2. Підшипник 209 з полімерним покриттям

Втулки виготовили зі сталі 45. Покриття на зовнішнє кільце підшипника наносили пошарово кистю №4 «Поні». Кожний попередній шар просушували протягом 20 хв при температурі 20°C . Термічну обробку підшипників з

металополімерним покриттям виконували в сушильній шафі СНОЛ-3.5,3.5,3.5/3 при температурі 180°C протягом 3 г. Потім зразки кондиціонували протягом 16 год при стандартній атмосфері 23 °С [16]. Товщина покриття становила: 0,13; 0,16 і 0,19 мм, що забезпечувало після запресовування підшипників у втулки натяг полімерної посадки 0,03; 0,06 і 0,09 мм відповідно.

Кількість шарів полімерного покриття розраховують із умови

$$n = \frac{U}{c} + 1 \quad (3.1)$$

де U - зношення отвору, мм;

c - товщина шару металополімерного покриття, $c = 0,03$ мм.

Розрахунок проведемо для зносу отвору рівного 0,1 мм.

$$n = \frac{0.1}{0.03} + 1 = 4$$

Підшипники 209 з металополімерним покриттям Ф-40С запресовували у втулки. Радіальний зазор вимірювали в спеціально розробленому й виготовленому вимірювальному пристрої (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Пристрій для вимірювання радіального зазору у підшипниках



Рис. 3.4. Пристрій для вимірювання осьового зазору у підшипниках

Щоб вибрати в підшипнику радіальний зазор, до втулки вручну додавали зусилля в радіальному напрямку. Зсув втулки в радіальному напрямку, рівний радіальному зазору в підшипнику, вимірювали індикаторною голівкою ІГ 0-10-0,001. Виміри проводили в трикратній повторності, повертаючи втулку щодо початкового положення на осі підшипника на кут 120° .

Для вибору в підшипнику осьового зазору, до втулки вручну додавали зусилля в осьовому напрямку. Зсув втулки в осьовому напрямку, рівне осьовому зазору в підшипнику, вимірювали індикаторною голівкою ІГ 0-10-0,001. Виміру проводили в трикратній повторності, повертаючи втулку щодо початкового положення на осі підшипника на кут 120° .



Рис. 3.5. Зразки-втулки з металополімерним покриттям

3.3. Методика дослідження зрушення підшипника в опорі

Експериментальні дослідження металополімерів проводились на модернізованій установці ДМ 28 (рис. 3.6).

Лабораторна установка ДМ 28 складається з корпусу 1, електричного двигуна 2 та трьохступеневої клинопасової передачі 3, яка забезпечує можливість отримання кутової швидкості валу 4 на рівнях 105, 210 і 315 рад/с. У складі установки також є головка 5, в якій розміщено силовимірювальний пристрій 6. Установка оснащена головкою, що містить роликові конічні радіально-упорні підшипники серії №7208.

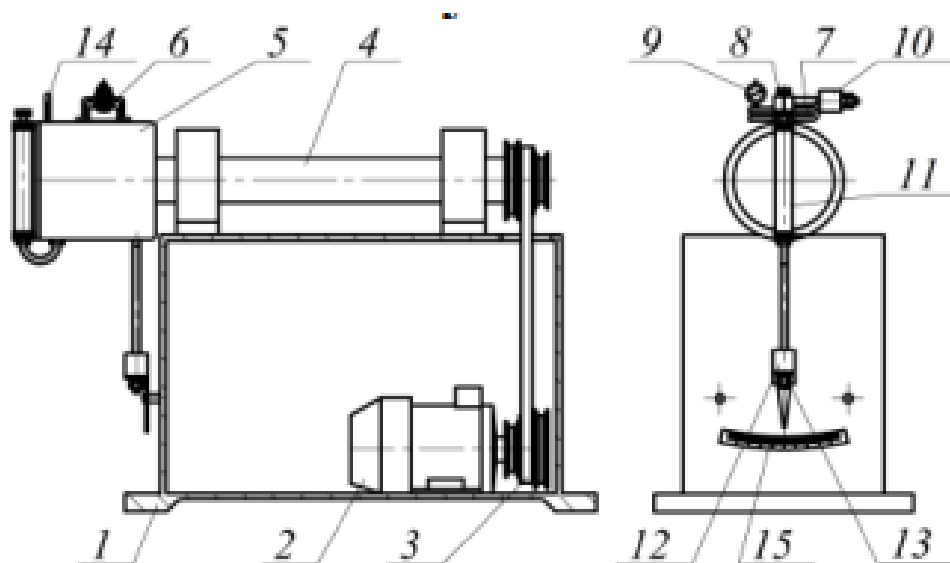


Рисунок 3.6 – Схема та будова лабораторної установки ДМ 28



Рисунок 3.7 - Лабораторна установка ДМ 28

1 – установка, 2 – модернізована камера для моделювання зазорів і натягів у зєднанні підшипник – корпус, 3 – пристрій вимірювання температури, 4 - ПК

Силувимірювальний пристрій складається з підковоподібного динамометра 7, який використовується для вимірювання сили, гвинта 8, що регулює параметри вимірювань, та індикатора годинникового типу 9, що відображає результати вимірювання сили в зручному вигляді. Додатково на головці закріплені кілька важливих елементів: балансувач 10, який підтримує стабільність роботи установки, помпа 11 для циркуляції робочих рідин, маятник 12, що виконує роль стабілізатора, і стрілка 13, яка вказує на точні результати вимірювань. Для визначення температури в процесі вимірювань використову-

ється термометр 14, який дає можливість контролювати теплові параметри системи. Показники приведенного моменту тертя можна зчитати безпосередньо зі шкали 15, яка має одиниці вимірювання в кгс·см.

Головка 5 (рисунок 3.8) являє собою складну конструкцію, що складається з кількох основних частин. Вона включає корпус 16, втулку 17, два крайніх підшипники 18 та два середніх підшипники 19, а також проміжну втулку 20.

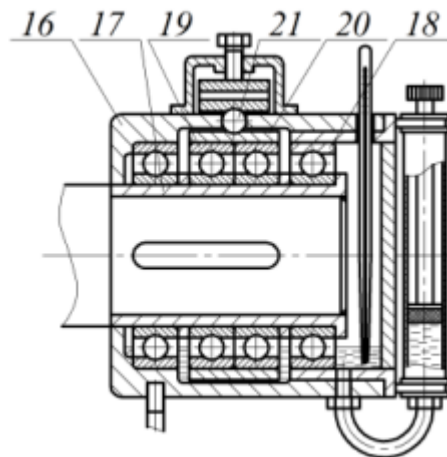


Рисунок 3.8 – Головка установки

Для встановлення головки на вал 4 використовується втулка 17, яка забезпечує надійне кріплення. Підшипники 18 і 19, розміщені на втулці, виконують роль підтримки обертання та зменшення тертя між рухомими частинами. Два крайні підшипники 18 з зовнішніми кільцями закріплені в корпусі 16, що забезпечує стабільність конструкції під час роботи. У свою чергу, два середніх підшипники 19 запресовані в проміжну втулку 20, яка сприймає навантаження, передане від силовимірювального пристрою через кульку 21.

Проміжна втулка виконує функцію розподілу навантаження між підшипниками та передає механічне навантаження в інші частини установки, що дозволяє точно визначати значення моменту тертя та інших параметрів роботи системи.

Установка функціонує таким чином. Після включення електродвигуна 2 обертання передається через трьохступеневу клинопасову передачу 3 на вал

4. Завдяки цьому вал 4 починає обертатись, і це обертання передається через втулку 17 головки 5. Втулка 17, обертаючись разом з валом, передає рух одночасно всім чотирьом підшипникам — двом крайнім підшипникам 18 і двом середнім підшипникам 19. Під час обертання підшипників виникає момент тертя, який діє на їхні внутрішні та зовнішні поверхні.

Цей момент тертя має тенденцію повернути корпус 16 головки 5, що в свою чергу викликає рух маятника 12, закріпленого на головці. Маятник, під дією цього моменту тертя, відхиляється на певний кут, створюючи певний механічний момент, що обмежує подальше обертання головки. Таким чином, маятник діє як амортизатор або стабілізатор, перешкоджаючи безконтрольному обертанню головки, що виникає через тертя в підшипниках.

Кут відхилення маятника 12 прямо пропорційний величині моменту тертя, який виникає в підшипниках. Тобто, чим більший момент тертя в підшипниках, тим більше відхилення маятника. Це відхилення вимірюється за допомогою стрілки 13, яка вказує на відповідну величину моменту тертя на шкалі 15. Шкала 15 дає можливість зчитувати значення моменту тертя в одиницях кгс·см, що дозволяє оцінювати ефективність роботи підшипників та іншої частини механізму, враховуючи вплив тертя на загальну роботу установи.

Випробування на осьовий зсув проводили на пресі (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Випробування з'єднання на осьовий зсув

3.4. Дослідження модуля пружності еластомеру Ф-40 і його модифікації Ф-40С

Теоретичними дослідженнями встановлено, що модуль пружності та натяг полімерного покриття значною мірою впливають на радіальний зазор у підшипнику і, відповідно, його ресурс.

Мета експериментальних досліджень полягала у визначенні модуля пружності під час стискання еластомеру Ф-40, еластомеру Ф-40С, а також впливу товщини полімерного покриття на модуль пружності під час стискання для оцінки справедливості розроблених теоретичних положень.

Досліджували залежність модуля пружності E_c еластомеру Ф-40С від деформації стиснення E_c за різної товщини покриття (рисунок 3.10).

Чим більша деформація стиснення покриття, тим більший модуль пружності. Зі збільшенням відносної деформації стиснення від 20 до 80% за товщини покриття 0,130 мм значення модуля пружності збільшується в 4 рази,

від 300 до 1200 МПа. Максимальний модуль пружності $E_c=1200$ МПа мають плівки товщиною 0,130 мм при значенні відносної деформації стиснення 80%.

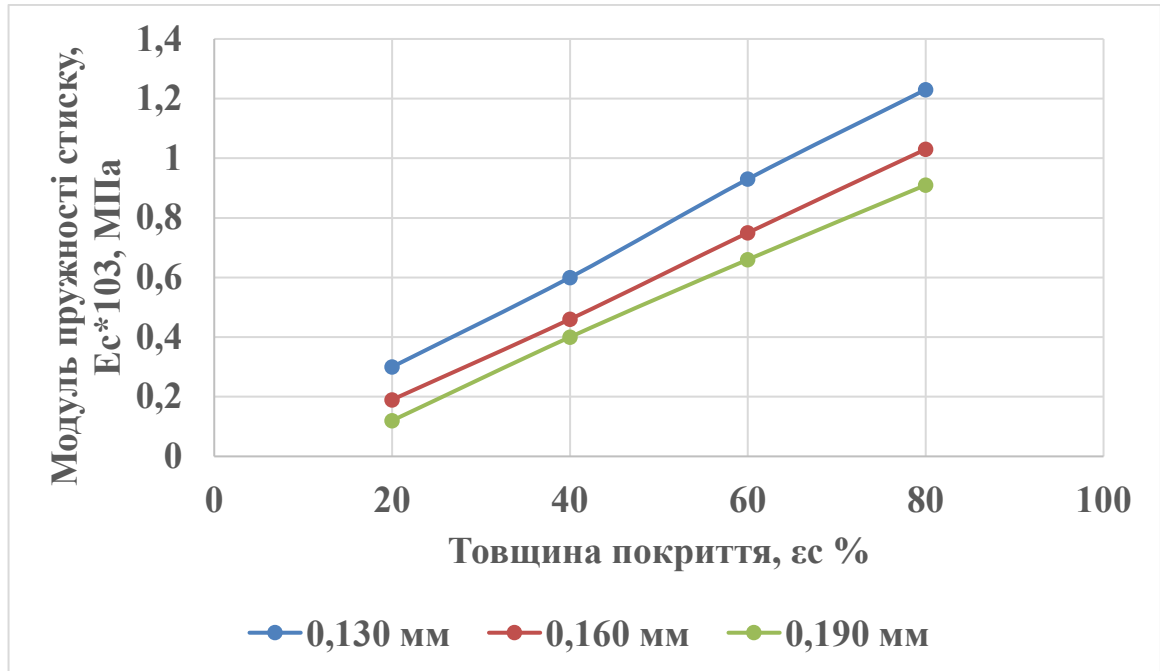


Рисунок 3.10 - Залежність модуля пружності при стисненні E_c еластомеру Ф-40С від товщини покриття

1 - товщина покриття 0,130 мм; 2 - товщина покриття 0,160 мм; 3 - товщина покриття 0,190 мм

Зі збільшенням товщини покриття еластомеру Ф-40С модуль пружності зменшується. За аналогією з коефіцієнтом Кірхгофа проявляється масштабний фактор [17]. За товщини покриття 0,160 мм і деформації $\epsilon_c = 20\%$ модуль пружності, порівняно з товщиною 0,13 мм, зменшився в 1,5 раза і становив 100 МПа. З подальшим збільшенням деформації ϵ_c до 80% модуль пружності підвищується до 1000 МПа, що порівняно з товщиною 0,13 мм, менше в 1,2 раза.

За товщини покриття еластомеру Ф-40С 0,19 мм і деформації $E_c = 20\%$ модуль пружності, порівняно з товщиною 0,13 і 0,16 мм, зменшився в 3 і 2 рази і становив 100 МПа. З подальшим збільшенням деформації ϵ_c до 80%

модуль пружності підвищується до 830 МПа, що порівняно з товщиною 0,13 і 0,16 мм, менше в 1,43 і 1,2 рази.

Із джерел [8, 18] відомо, що гранично допустима товщина під час відновлення посадкових отворів у корпусних деталях полімерного покриття герметика 6Ф - аналога еластомеру Ф-40 становить 0,13 мм. У зв'язку з цим під час відновлення посадкових отворів зі зносом менше ніж 0,1 мм і деформаціях стиснення від 30 до 80% значення модуля пружності багаторазово перевищуватимуть діапазон від 450 до 1200 МПа.

Модуль пружності модифікації еластомеру Ф-40С у 1,2 рази перевищує модуль пружності еластомеру Ф-40.

Значення модуля пружності при стисненні еластомеру Ф-40С істотно залежать від деформації та товщини покриття матеріалу.

Не слід призначати натяг понад 30 мкм, оскільки це призведе до різкого збільшення модуля пружності і, відповідно до формул (2.7) і (2.17), зменшення радіального зазору в підшипнику до неприпустимих значень.

3.5. Результати дослідження проворачуваності підшипника

Згідно розробленої методики та досліджень проведених на установці ДМ-28 були отримані залежності навантаження початку провертання від натягу N у з'єднанні, шорсткості поверхні R_a та частоти обертання n .

Кожен з цих параметрів має суттєвий вплив на величину навантаження, необхідного для ініціації руху в механізмі.

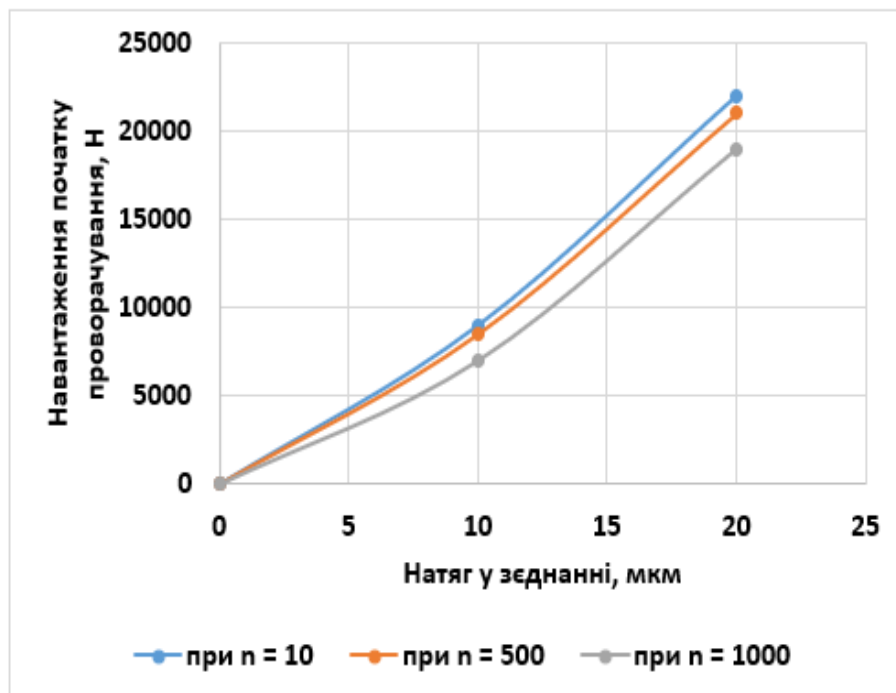
1. **Натяг N** – Це сила, що діє на елементи механізму, зокрема на підшипники чи інші рухомі частини. Зі збільшенням натягу може зрости або зменшитись необхідне навантаження для початку руху, залежно від конкретної конфігурації та матеріалів. Як правило, більший натяг може призводити до збільшення тертя, що збільшує навантаження на початок обертання.

2. **Шорсткість поверхні R_a** – Шорсткість впливає на якість контакту між поверхнями, що обертаються. Зниження шорсткості (гладші поверхні)

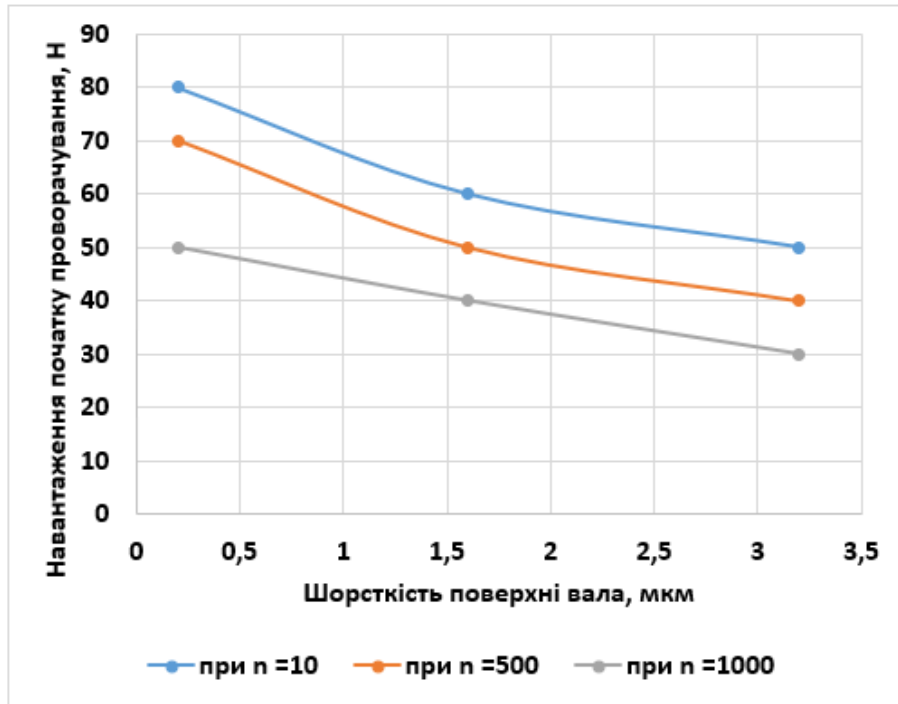
зазвичай зменшує тертя та сприяє зниженню необхідного навантаження для початку руху. Проте, якщо шорсткість занадто низька, це може призвести до втрати контактів або неправильного функціонування, тому важливо підтримувати оптимальне значення.

3. **Частота обертання n** – Зі збільшенням частоти обертання змінюється характер взаємодії між поверхнями, зокрема, тертя може змінюватися в залежності від швидкості руху. На певних частотах можуть виникати різні динамічні ефекти, такі як вібрації, які також впливають на величину необхідного навантаження для початку руху.

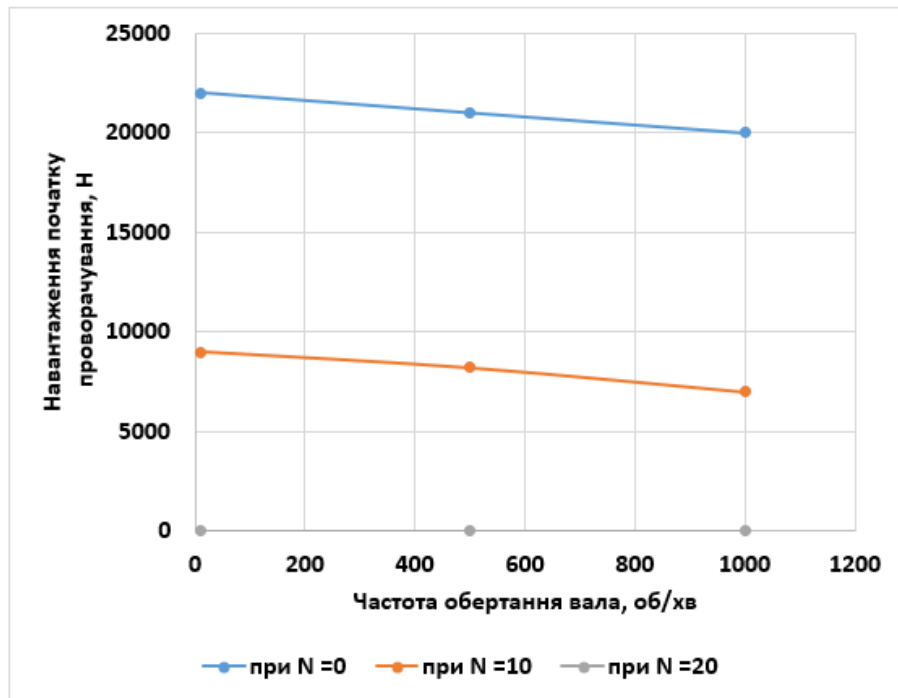
Ці залежності між параметрами візуалізуються на графіках рисунку 3.11, де можна чітко побачити, як змінюється навантаження залежно від кожного з цих факторів. Таким чином, аналіз цих залежностей дозволяє краще зрозуміти вплив кожного з параметрів на ефективність роботи установки та оптимізувати її робочі характеристики.



a



б



в

Рисунок 3.11 – Взаємозв'язок навантажень початку провортання від параметрів роботи вузла

а) – величини натягу, б) – значення шорсткості, в) – обертів валу.

Використання металополімерних композицій для ремонту та закріплення посадкових з'єднань дозволяє підвищити довговічність підшипника 208. При локальному навантаженні зовнішнього кільця підшипника довговічність зростає до 4 разів порівняно з розрахунковою, а при циркуляційному навантаженні – до 5 разів. Застосування металополімеру для відновлення з'єднання "корпус-підшипник" збільшило довговічність підшипника 209 до 3,5 разів при циркуляційному навантаженні зовнішнього кільця та до 8,5 разів при локальному навантаженні.

3.6. Дослідження залежності радіального та осевого зазорів від натягу полімерного покриття та температури нагріву підшипника 209 після запресовування в корпусну деталь

Нерухомість відновленої полімерної посадки «підшипник-корпус» істотно залежить від товщини полімерного покриття, яка визначає натяг посадки. За недостатнього натягу не є винятком розкриття стику, за надмірного - деформація зовнішнього кільця підшипника призведе до зменшення радіального та осевого зазорів у підшипнику до значень, нижчих за допустимі.

Мета досліджень полягала у визначенні залежності деформації зовнішнього кільця підшипника і, відповідно, радіального й осевого зазорів від натягу полімерного покриття з еластомеру Ф-40С та оцінці достовірності отриманих результатів.

На рис. 3.12 показано залежність радіального зазору підшипника 209 від натягу полімерного покриття N з еластомеру Ф-40С після запресування в корпусну деталь.

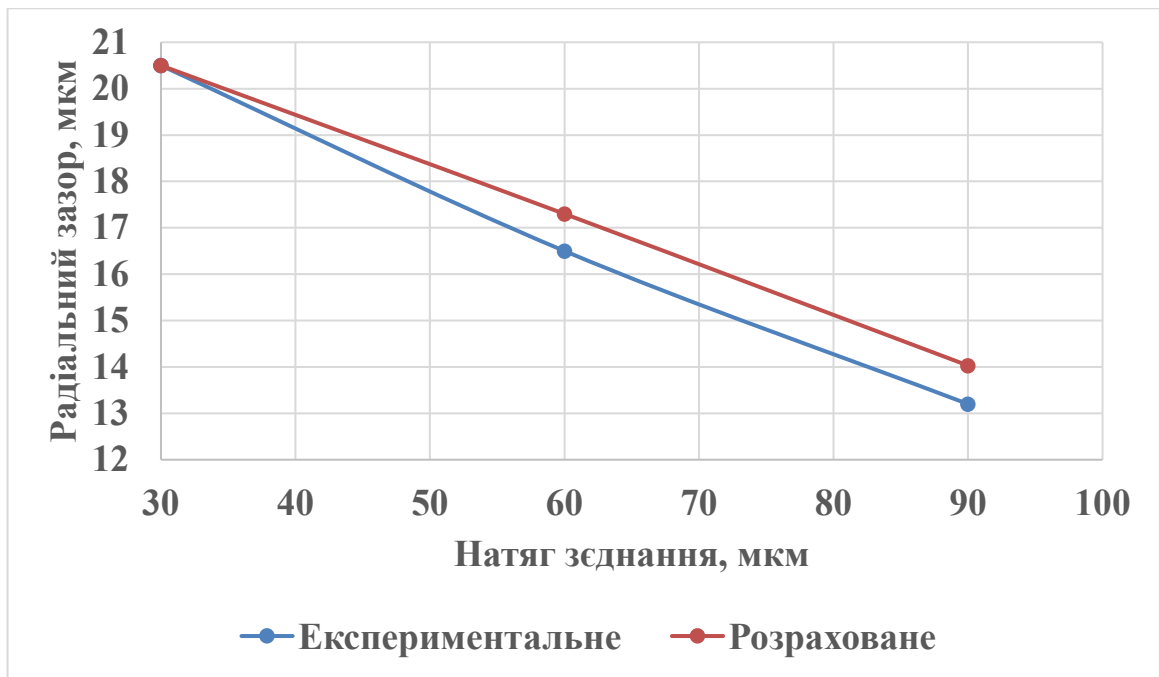


Рисунок 3.12 - Залежність радіального зазору підшипника 209 від натягу полімерного покриття з еластомеру Ф-40С після запресовування в корпусні деталі

1 - експериментальне значення; 2 - розрахункове значення

Залежність 2 відображає зміну радіального зазору від натягу полімерного покриття з еластомеру Ф-40С і є розрахунковою. Точки залежності 2 розраховали за формулою (2.25). За натягу полімерного покриття еластомеру Ф-40С $N=30$ мкм радіальний зазор у підшипнику максимальний і становив 20 мкм. Зі збільшенням натягу до 60 мкм радіальний зазор у підшипнику зменшився до 17 мкм, тобто в 1,18 раза. За натягу 90 мкм радіальний зазор у підшипнику зменшився до 13 мкм, тобто в 1,54 раза. Це пояснюється тим, що напружений стан полімерного покриття еластомеру Ф-40С створює вісесиметричний рівномірний тиск на зовнішнє кільце підшипника, стискаючи його. З рисунка 3.11 випливає, що розрахункові та експериментальні значення радіального зазору в підшипниках 209 відрізняються на 1% за натягу полімерної посадки 30 мкм, за натягу полімерної посадки 60 мкм - на 2,8%, а за натягу

полімерної посадки 90 мкм - на 7,1%, що дає змогу зробити висновок: формула (2.25) забезпечує доволі високу точність розрахунку.

3.7. Висновок

Використання металополімерних композицій для ремонту та закріплення посадкових з'єднань дозволяє підвищити довговічність підшипника 208. При локальному навантаженні зовнішнього кільця підшипника довговічність зростає до 4 разів порівняно з розрахунковою, а при циркуляційному навантаженні – до 5 разів. Застосування металополімеру для відновлення з'єднання "корпус-підшипник" збільшило довговічність підшипника 209 до 3,5 разів при циркуляційному навантаженні зовнішнього кільця та до 8,5 разів при локальному навантаженні.

Розрахункові та експериментальні значення радіального зазору в підшипниках 209 відрізняються на 1% за натягу полімерної посадки 30 мкм, за натягу полімерної посадки 60 мкм - на 2,8%, а за натягу полімерної посадки 90 мкм - на 7,1%, таким чином формула (2.25) забезпечує доволі високу точність розрахунку.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Коротка характеристика та аналіз діяльності базового господарства

У ТОВ "Агрофірма ім. Горького" створена спеціальна служба охорони праці, яка відповідає за забезпечення безпечних та здорових умов роботи співробітників, а також розробляє і впроваджує комплексні заходи для покращення цих умов.

Керівництво несе відповідальність за організацію та проведення заходів з охорони праці у господарстві. Крім керівника, до цього процесу залучаються головні спеціалісти за напрямками, а також працівники на рівних їм посадах у виробничих ділянках та підрозділах.

У рамках системи охорони праці проводяться різні види інструктажів: вступні, первинні, повторні, цільові та позапланові, що дозволяють підвищити рівень безпеки на робочих місцях та мінімізувати ризики виробничих травм.

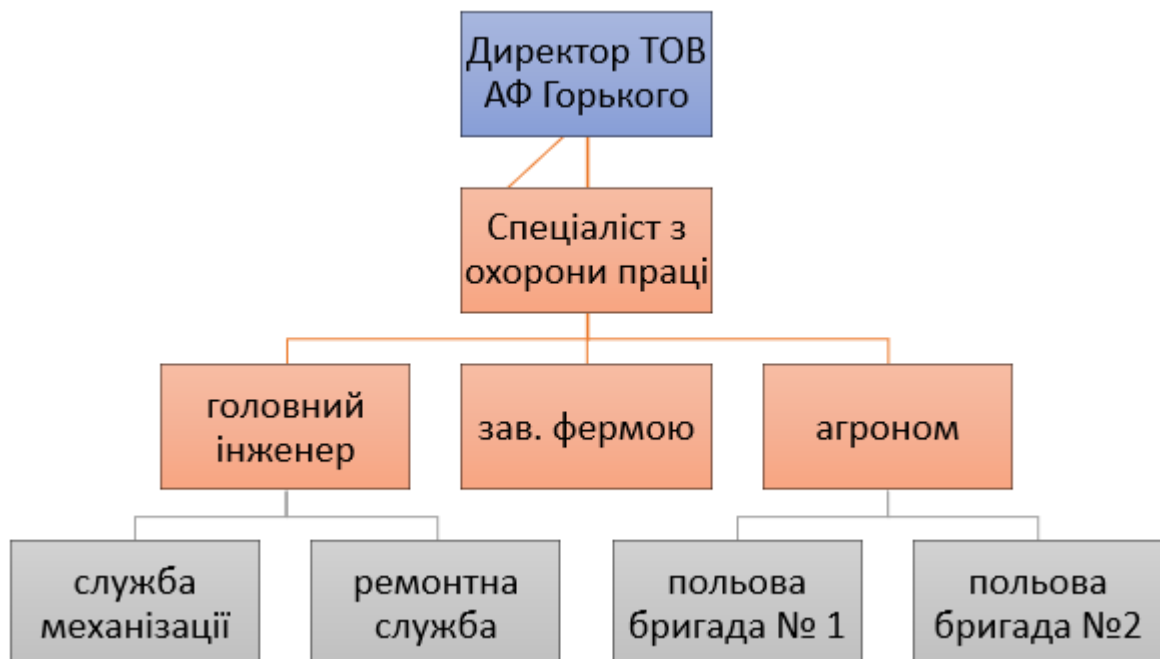


Рисунок 4.1 - Організаційна структура служби охорони праці агрофірми

За функціонування служби охорони праці в ТОВ "Агрофірма ім. Горького" відповідає спеціаліст з охорони праці, який має вищу освіту та чотирирічний досвід роботи на цій посаді. До його обов'язків входить розробка та впровадження заходів безпеки, підготовка інструкцій, а також створення комплексних планів для забезпечення безпечних умов праці.

Начальник відділу несе відповідальність за правильну експлуатацію обладнання, оснащення його відповідними захисними пристроями та іншим необхідним обладнанням. Крім цього, він здійснює контроль за дотриманням працівниками правил охорони праці.

На підприємстві функціонує спеціальний "кабінет охорони праці", де спеціаліст проводить навчання, інструктажі та аналізує випадки порушення правил безпеки.

Щорічно на підприємстві укладається колективний договір між адміністрацією та працівниками, зокрема профспілковим комітетом. Цей договір визначає спільні зобов'язання, що спрямовані на підвищення ефективності виробництва, збільшення доходу, покращення умов праці, а також на підтримку культурної, просвітницької та спортивної діяльності.

Санітарно-побутові умови на підприємстві відповідають встановленим стандартам. У робочих зонах організоване централізоване водопостачання для миття рук, є їдальня з водопостачанням. На кухні встановлено кондиціонер, а всі робочі приміщення оснащені системами вентиляції.

Підприємство забезпечує працівників спеціальним одягом та засобами індивідуального захисту відповідно до встановлених вимог. Під час розкидання гною та удобрення рослин працівники використовують респіратори, а при приготуванні розчинів — гумові рукавички та фартухи.

Проте, окрім цих позитивних заходів, існує низка недоліків:

- Працівники не завжди використовують засоби захисту під час роботи з добривами;
- Кабінет охорони праці має застарілі матеріали для навчання та інструктажів;

- Виробничий відділ не має окремої служби з охорони праці, тому інструментажі носять формальний характер;
- Вогнегасники присутні, але більшість потребують перезарядки, оскільки вони вже прострочені;
- У ремонтних майстернях, особливо в зварювальному цеху, недостатньо вентиляції;
- Освітлення встановлено, але багато ламп давно перегоріли і не були замінені.

4.2. Шкідливі та небезпечні фактори при відновленні корпусних деталей металополімерними матеріалами

Процес відновлення корпусних деталей металополімерними матеріалами, хоча й є ефективним способом продовження терміну служби деталей, пов'язаний з низкою потенційних ризиків для здоров'я працівників. Ці ризики виникають через наявність шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які можуть впливати на організм людини.

Основні шкідливі та небезпечні фактори [24, 25].

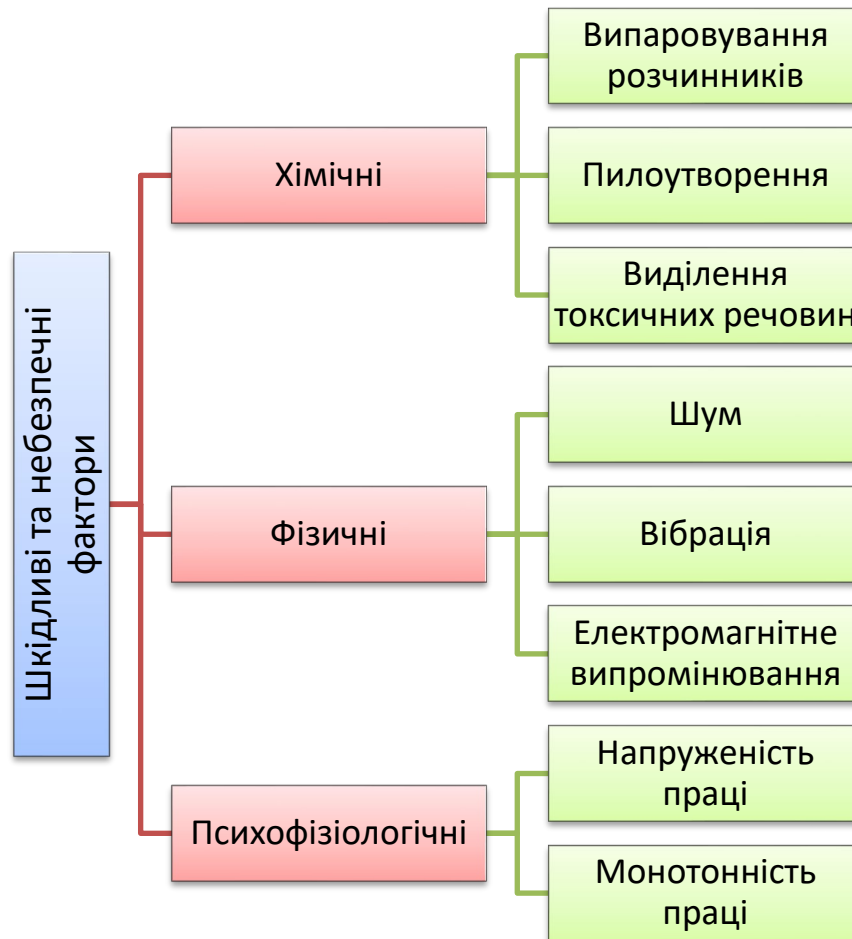


Рисунок 4.1 – Класифікація шкідливих і небезпечних факторів

1. Хімічні фактори:

- **Випаровування розчинників:** Багато металополімерних матеріалів містять органічні розчинники, які при випаровуванні можуть подразнювати слизові оболонки очей, дихальних шляхів та шкіру.

- **Пилоутворення:** Під час шліфування, полірування та інших механічних обробок виділяється дрібний пил, який може містити частинки металу, полімеру та інших речовин, що подразнюють дихальні шляхи та можуть призвести до розвитку професійних захворювань легень.

- **Виділення токсичних речовин:** Деякі компоненти металополімерних матеріалів можуть виділяти токсичні речовини, які при тривалому впливі на організм можуть призвести до різних захворювань.

2. Фізичні фактори:

- **Шум:** Процеси шліфування, полірування та роботи з обладнанням створюють підвищений рівень шуму, який може призвести до погіршення слуху та інших негативних наслідків для здоров'я.

- **Вібрація:** Робота з ручним інструментом та деякими видами обладнання супроводжується вібрацією, яка може призвести до порушення кровообігу в кінцівках та розвитку вібраційної хвороби.

- **Електромагнітне випромінювання:** При використанні деяких технологій відновлення можуть виникати електромагнітні поля, які можуть негативно впливати на нервову систему та інші органи.

3. Психофізіологічні фактори:

- **Напруженість праці:** Відновлення деталей металополімерними матеріалами вимагає високої концентрації уваги, точності та фізичних зусиль, що може призвести до перенапруження нервової системи та розвитку професійних захворювань.

- **Монотонність праці:** Повторювані рухи та операції можуть призвести до розвитку монотонності та зниження працездатності.

4.3. Заходи безпеки

Для мінімізації впливу шкідливих та небезпечних факторів необхідно вживати наступних заходів:

- **Вентиляція робочих місць:** Забезпечення ефективної вентиляції для відведення шкідливих речовин.

- **Засоби індивідуального захисту:** Використання респіраторів, захисних окулярів, рукавичок та іншого спецодягу.

- **Медичні огляди:** Регулярні медичні огляди працівників для виявлення ранніх ознак професійних захворювань.

- **Автоматизація виробничих процесів:** Заміна ручної праці на автоматизовані процеси там, де це можливо.

- Оптимізація організації робочого місця: Створення комфортних умов праці, що сприяють зниженню фізичного та психологічного навантаження на працівників.
- Навчання працівників: Проведення інструктажів з питань охорони праці та пожежної безпеки.

Таблиця 4.1 - Заходи безпеки

Фактор	Заходи безпеки
Хімічні фактори	Використання витяжних шаф, респіраторів, захисного одягу, регулярне провітрювання приміщення
Фізичні фактори	Звукоізоляція обладнання, використання віброізолюючих матеріалів, застосування інструментів з низьким рівнем вібрації
Психофізіологічні фактори	Оптимізація режиму роботи та відпочинку, ротація робочих місць, психологічна підтримка працівників

4.4. Висновок

Відновлення корпусних деталей металополімерними матеріалами є технологічним процесом, який вимагає високого рівня безпеки. Дотримання всіх необхідних заходів дозволить забезпечити безпечні умови праці та зберегти здоров'я працівників.

Рекомендації для подальших досліджень:

- Детальний аналіз конкретних виробництв: проведення вимірювань рівнів шкідливих речовин, шуму, вібрації та інших факторів.
- Розробка більш точних моделей оцінки ризиків.
- Створення баз даних про захворювання, пов'язані з цим видом діяльності.

Проведення таких досліджень дозволить розробити більш ефективні заходи безпеки та підвищити рівень захисту працівників.

РОЗДІЛ 5. РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

5.1 Технологічні рекомендації

У результаті узагальнення матеріалів теоретичних і експериментальних досліджень розроблено технологію відновлення підшипникових отворів корпусних деталей еластомером Ф-40С (додаток А).

Технологія відновлення містить такі операції:

- 1) очищення посадкових отворів під підшипники в корпусній деталі;
- 2) вимірювання посадкових отворів для визначення зносу;
- 3) знежирення посадкових отворів;
- 4) нанесення еластомеру Ф-40С на посадкові отвори в корпусній деталі;
- 5) термічна обробка нанесених полімерних покриттів;
- 6) калібрування покриття еластомеру Ф-40С за заданим розміром і формою.
- 7) контроль якості полімерних покриттів у корпусній деталі.

5.2 Розрахунок економічної ефективності технології відновлення підшипникових отворів корпусних деталей еластомером Ф-40С

Собівартість відновлення 1 дм² зношеної поверхні підшипникових отворів еластомером Ф-40С [26].

$$C_{\Pi} = 3\Pi + Ц_{\text{М}}, \quad (5.1)$$

де 3Π - витрати на зарплату робітників ремонтного персоналу, грн/дм²;

Ц_М - ціна матеріалів для відновлення зношеної площі підшипникового гнізда в 1 дм², грн/дм².

Витрати на заробітну плату робітників ремонтного персоналу

$$ЗП = ЗП_0 + ЗП_д + Н_{св}, \quad (5.2)$$

де $ЗП_0$ - витрати на основну заробітну плату робітників ремонтного персоналу, грн;

$ЗП_д$ - витрати на додаткову заробітну плату робітників ремонтного персоналу, грн;

$Н_{св}$ - витрати на нарахування соціального внеску, грн.

Основну заробітну плату робітників ремонтного персоналу розраховано за формулою

$$ЗП_0 = T_{об} \cdot T_{год}, \quad (5.3)$$

де $T_{об}$ - загальні витрати праці на відновлення 1 дм^2 зношеної поверхні, год;

$T_{год}$ - годинний тариф, грн/год.

Трудомісткість відновлення 1 дм^2 зношеної поверхні підшипникових отворів корпусних деталей $T_{об}$, що дорівнює нормі на виконання всіх робіт із відновлення, зафіксували методом хронометражу (таблиця 5.1). Розрахунок виконували для корпусних деталей з діаметральним зносом отворів у $0,20 \text{ мм}$.

Для операцій технологічного процесу відновлення прийнято четвертий розряд слюсаря з відрядною оплатою праці та годинним тарифом у 92 грн/год (дані АФ Горького).

$$ЗП_0 = 92 \cdot 0,03 = 2,76 \text{ грн I дм}^2.$$

Додаткова заробітна плата

$$ЗП_д = ЗП_0 - К_{дп}, \quad (5.4)$$

де Кдп - коефіцієнт додаткової оплати, що становить 10 % від витрат на основну зарплату робітників ремперсоналу (дані АФ Горького).

$$ЗП_0 = 2,76 \cdot 0,1 = 0,276 \text{ грн } I \text{ дм}^2$$

Нарахування на соціальний внесок визначали за формулою

$$H_{cb} = (ЗП_0 + ЗП_д) \cdot K_{cc} / 100, \quad (5.5)$$

де Ксв - коефіцієнт нарахувань соціального страхування, що становить 18 % від суми витрат на основну і додаткову зарплати ремонтного персоналу.

$$H_{cb} = (2,76 + 0,276) \cdot 0,18 = 0,55\% \text{ грн } I \text{ дм}^2$$

Таблиця 5.1- Норма часу на відновлення 1дм² зношеної поверхні підшипникових отворів корпусних деталей металополімером Ф-40С

№п/п	Найменування операції	Норма часу, хв/дм ²
1	Знежирення поверхні	0,40
2	Нанесення покриття металополімеру на поверхню	0,5
3	Завантаження у сушильну шафу	0,30
4	Вивантаження з сушильної шафи	0,30
5	Калібрування покриття	0,30
6	Контроль якості	0,25
7	Всього	2,05 (0,03 г/дм ²)

Заробітна плата робітників під час відновлення 1 дм² зношеної поверхні підшипникових отворів корпусних деталей

$$ЗП = 2,76 + 0,276 + 0,55 = 3,6 \text{ грн I дм}^2$$

Ціна матеріалів для відновлення площі в 1 дм зношеної поверхні підшипникових отворів корпусних деталей

$$C_M = N_M \cdot C_M \quad (5.6)$$

де N_M - норма витрати матеріалів на відновлення площі в 1дм^2 зношеної поверхні підшипникових отворів корпусних деталей, кг/дм^2 ;

C_M - ціна одиниці ремонтних матеріалів, грн. за кг:

Ціна матеріалів для відновлення підшипникових гнізд корпусних деталей показана в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Вартість матеріалів для відновлення 1 дм^2 підшипникових отворів корпусних деталей

№ п/п	Найменування матеріала	Ціна грн/кг	Витрата, кг/дм^2	Вартість, грн/дм^2
1	Металополімер Ф-40С	4300	0,0012	5,16
2	Ацетон технічний	148	0,015	2,22
	Всього			7,38

$$C_M = 7,38 \text{ грн I дм}^2$$

Собівартість відновлення площі 1 дм^2 підшипникових отворів корпусних деталей еластомером Ф-40С

$$C_{\Pi} = 3,6 + 7,38 = 10,98 \text{ грн/дм}^2$$

Річні витрати на відновлення зношених підшипникових отворів корпусних деталей автомобілів і тракторів еластомером Ф-40С

$$Z_H = N \cdot C_n, \quad (5.7)$$

де N - річна програма відновлення поверхні посадкових отворів у корпусних деталях, дм^2 .

За даними АФ Горького у 2023 р. корпусні деталі не відновлювали, а замінювали на нові. За результатами вибракування корпусних деталей загальна площа зношеної поверхні, що підлягає відновленню, склала $N = 1007,23 \text{дм}^2$.

Річний обсяг витрат при відновленні зношених підшипникових отворів корпусних деталей за розробленою новою технологією складе

$$Z_n = 1007,23 \cdot 10,98 = 11059 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від впровадження технології відновлення підшипникових отворів корпусних деталей

$$E_{\text{річ}} = Z_2 - Z_1, \quad (5.8)$$

де Z_2 - річний обсяг витрат на придбання нових деталей, грн;

Z_1 - річні витрати на відновлення корпусних деталей за новою технологією, грн.

У АФ Горького річний обсяг витрат на придбання нових деталей у 2023 р. становив 226300 грн.

Річний економічний ефект від впровадження технології відновлення еластомером Ф-40С

$$E_{\text{річ}} = 226300 - 11059 = 215241 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.3 – Економічні показники

№	Назва параметру	Величина параметру
1	Вид робіт	Відновлення
2	Площа зношеної поверхні, що підлягає відновленню дм ²	1007,23
3	Заробітна плата робітників під час відновлення 1 дм ²	3,6
4	Вартість матеріалів для відновлення 1 дм ²	7,38
5	Собівартість відновлення площі 1 дм ²	10,98
6	Річний обсяг витрат	11059
7	Річний обсяг витрат на придбання нових деталей	226300
	Річний економічний ефект	215241

5.3. Висновок

Узагальнивши результати теоретичних та експериментальних досліджень, розроблено технологію відновлення посадкових отворів корпусних деталей із використанням еластомеру Ф-40С. Дана технологія охоплює низку операцій: від підготовки поверхні до контролю якості нанесеного покриття. Включення кожного з етапів дозволяє значно підвищити ефективність і точність відновлювальних робіт.

Особливе значення приділено процесам нанесення еластомеру і термічній обробці, що забезпечують стабільність і надійність отриманого покриття. Контрольні операції гарантують відповідність відновленої поверхні до заданих технічних вимог, що особливо важливо для корпусних деталей, які використовуються в складних умовах експлуатації.

Запровадження цієї технології забезпечує економічну ефективність завдяки зменшенню витрат на заміну зношених деталей новими на рівні 215000 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Отримано формулу для розрахунку робочого радіального зазору в підшипнику з полімерним покриттям (2.29), що враховує натяг полімерної посадки «корпус-підшипник», деформаційно-міцнісні властивості полімерного матеріалу, контактні деформації між тілами і доріжками кочення кілець підшипника.

Розроблено спосіб відновлення зношених посадкових отворів у корпусних деталях, що забезпечує підвищення точності розмірів отворів з полімерним покриттям, за рахунок виключення впливу усадки полімерного матеріалу під час свердління.

Не слід призначати натяги понад 30 мкм, оскільки це призведе до різкого збільшення модуля пружності i , відповідно до формул (2.7) і (2.13), зменшення радіального зазору і в кінцевому підсумку заклинювання тіл кочення. Не допускається експлуатація підшипникових вузлів, з посадковими місцями, відновленими еластомером Ф-40С, за температур, що перевищують робочий діапазон 70... 90°C, оскільки за температур понад 106°C радіальний і осьовий зазори вибираються, що збільшує втрати на тертя й інтенсифікує зношування тіл і доріжок кочення.

Відновлення зношених отворів у корпусних деталях еластомером Ф-40С забезпечує високу довговічність посадкових місць підшипників. Рекомендується відновлювати зношені посадочні отвори під підшипники з діаметральним зносом до 0,2 мм.

Відновлення корпусних деталей металополімерними матеріалами є технологічним процесом, який вимагає високого рівня безпеки. Дотримання всіх необхідних заходів дозволить забезпечити безпечні умови праці та зберегти здоров'я працівників.

На основі результатів досліджень розроблено технологію відновлення посадкових отворів під підшипники в корпусних деталях еластомером Ф-

40С. Технологію відновлення впроваджено в АФ Горького. Річний економічний ефект від впровадження нової технології склав близько 215000 тис. грн.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хлудєєв Б.С. Шляхи оптимізації роботи дилерсько-сервісних центрів техніки John Deere / Б.С. Хлудєєв, Є.В. Калганков // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу: Матеріали Міжнародної науково - практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково - навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – 2019. – С. 180–185.
2. Войтюк В.Д., Демко А.А., Надточій О.В. та ін. Структура і загальні положення концепції технічного сервісу енергонасиченої с.-г. техніки. Вісник. Харків ДТУСГ. Підвищення надійності відновлених деталей машин - Вип. 15 Харків, 2009. -214-222.
3. Афанасьєв І. А. Шляхи підвищення післяремонтної надійності турбокомпресорів автотракторних двигунів / І. А. Афанасьєв, Є. В. Калганков // Zbiór artykułow naukowych. Konferencji Miedzynarodowej Naukowo-Praktycznej. – Warszawa – 2016. – С. 6-11.
4. Черновол М.І. Надійність сільськогосподарської техніки: Підручник. Друге видання, перероблене і доповнене / М.І.Черновол, В.Ю.Черкун, В.В.Аулін та ін., за ред. М.І.Черновола – Кіровоград:КОД, 2010 – 320 с. :іл.
5. Діденко М. М. Вплив розмірно-точносних характеристик посадок підшипників кочення на їх довговічність / М. М. Діденко, Є. В. Калганков. // Zbiór artykułow naukowych Sp. z o.o. «Diamond trading tour». – 2017. – S. 38–43.
6. ТОВ АФ Горького. Звіт про фінансові результати. село Миколаївка Новомосковському районі Дніпропетровської області, 2023. 22 с.
7. Калганков Є.В. Проектування ремонтно-технологічної документації / Є.В. Калганков, М.Г. Зайцев. Дніпро. ДДАЕУ, 2016. – 48 с.
8. Ремонт машин та обладнання: підручник для вищих навчальних закладів / [Дирда В.І., Мельянцов П.Т., Калганков, Є.В. та ін.]. – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015. – 292 с.

9. Калганков Є.В. Розробка технологічного процесу відновлення деталі [Методичні рекомендації] / Калганков Є.В. – Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2013. – 75 с.
10. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів: організація і управління: Підручник. - К.: Знання-Прес, 2004. – 478 с.
11. Положення про технічне обслуговування та ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. –К.: Мінтранс України, 1998. – 16 с.
12. Калініч М.О. Дослідження параметрів відновлення деталей типу вал методом наплавлення / М.О. Калініч // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej " Inżynieria i technologia. Współczesne tendencje w nauce i edukacji " Paris: Sp. z o.o. "Diamond trading tour". – 2020. – №34. – С. 36–40.
13. Рижков І.Є. Методичні вказівки до вибору підшипників кочення / І.Є. Рижков, В.І. Дирда – Дніпропетровськ, 2001. – 32 с.
14. Хебда, М. Довідник із триботехніки [Текст]: Теоретичні основи / М. Хебда., Чичинадзе А. В.; - М.: Машинобудування, 1989. - 400 с.
15. Новаковський С. Ю. Електроіскрова обробка поверхонь тертя як засіб підвищення ресурсу деталей машин / С. Ю. Новаковський, Є. В. Калганков // ГО «Інститут інноваційної освіти»; Науково-учбовий центр прикладної інформатики НАН України. – Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти», 2019 . – С. 204–208.
16. Дирда В.І. Довідковий посібник розрахунків механізмів сільськогосподарських та підйомно-транспортних машин: навчальний посібник / В.І. Дирда, Ю.М. Овчаренко - Дніпропетровськ, 2003. – 52 с.
17. Kirchhoff's laws. www.raeng.org.uk. URL: <https://raeng.org.uk/media/wlelusmo/8-kirchhoffs-laws.pdf>.
18. Handling Instructions for Bearings. <https://www.nsk.com>. URL: <https://www.nsk.com/content/dam/nsk/common/catalogs/ctrGpdf/bearings/e9010c.pdf>.

19. Калганков Є. В. Особливості фрактального аналізу поверхні руйнування гумових футерівок, що працюють в умовах абразивно-втомного зносу / Є. В. Калганков. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць. — Дніпропетровск: ІГТМ НАНУ. — 2017. — №133. — С. 66–74.

20. Калганков Є.В. Деякі проблеми гідроабразивно-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.

21. Пат. № 144310 Україна, G01N 3/56 (2006.01) Машина тертя / Калганков Є.В.; Грачова В.М.; Косенко А.В. - u202001408; заявл. 20.03.2020; опубл. 25.09.2020, бюл. № 18; 4 с.

22. Пугач, А., Черній, О. та Калганков, Є., (2023). Дослідження ефекту релаксації напруження та залишкової деформації сучасних полімерних матеріалів для захисту поверхонь деталей від зношування. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. **8(39)**, 76–84.

23. Дирда, В., Кобець, А., Лисиця, М., Заболотна, О., Твердохліб, Т., Калганков, Є. та Черній, О., (2021). Наноматеріали в механіці деформівного твердого тіла на прикладі гумових футеровок барабаних кульових млинів. *Geo-Technical Mechanics*. (157), 131–139.

24. Беликов А.С. Основы охраны труда: [Учебник для студентов высших учебных заведений Украины III-IV уровня аккредитации] / Под ред., д.т.н., профессора А.С. Беликова. - Днепропетровск: «Журфонд», 2007. — 494 с.

25. Годяев С. Г. Методичні вказівки до написання розділу «Охорона праці» в дипломних роботах студентів інженерно-технологічного факультету, ОКР бакалавр за напрям підготовки: 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва». / С.Г. Годяев, Л.Д. Устимович. Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. — 21 с.

26. Лебеденко О.В. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних проектів і робіт для студентів факультету механізації сіль-

ського господарства, (кафедра надійності і ремонту машин) за напрямом підготовки "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва" / Лебеденко О.В. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2011. – 16 с.

27. 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 інжинірингу технічних систем

**ОБґРУНТУВАННЯ РЕСУРСООЩАДНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ
ВІДНОВЛЕННЯ ПОСАДКОВИХ МІСЦЬ
МЕТАЛОПОЛІМЕРНИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ**

демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

Виконав: студент 2 курсу, групи МгАІ-2-23
Мішанов Семен Сергійович

Керівник: доцент, к.т.н.
Толстенко Олександр Васильович

Дніпро-2024

МЕТА РОБОТИ

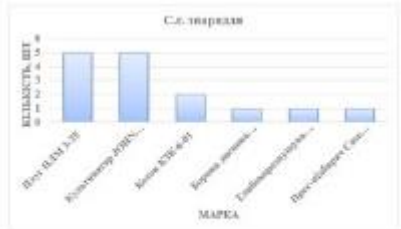
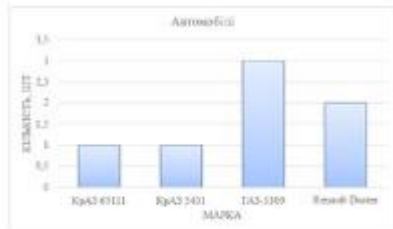
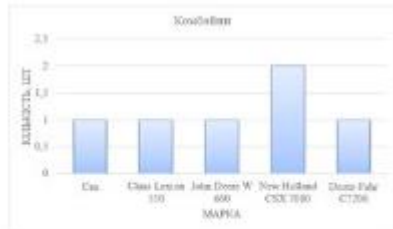
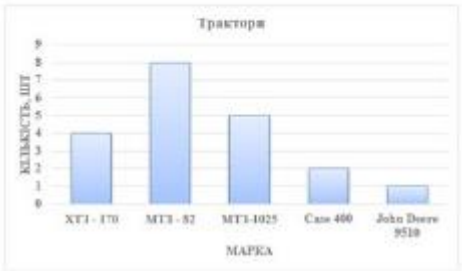
Підвищення ефективності відновлення посадкових отворів корпусних деталей сільськогосподарської техніки металополімером Ф-40С за рахунок підвищення якості полімерних покриттів, забезпечення високої довговічності відновлених нерухомих

з'єднань підшипників

ЗАДАЧІ РОБОТИ

- Провести аналіз існуючих способів відновлення підшипникових вузлів корпусних деталей.
- Розробити технологічний процес відновлення посадкових поверхонь корпусних деталей з використанням металополімерних покриттів.
- Дослідити вплив натягу у зєднанні на роботу металополімера.
- Розробити методику експериментальних досліджень та підготувати зразки до випробувань.
- розглянути питання удосконалення системи охорони праці та провести економічну оцінку рішень розроблених в роботі.

3 ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОГО ГОСПОДАРСТВА



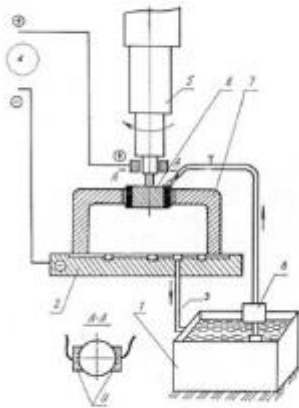


Схема установки для електроконтактного залізння:
1 - бак; 2 - станина; 3 - трубопровід;
4 - джерело струму; 5 - шпindel
верстату; 6 - обертаючийся електрод
(анод); 7 - деталь (катод); 8 - насос
для подачі електроліту; 9 - щітки для
підводу струму.

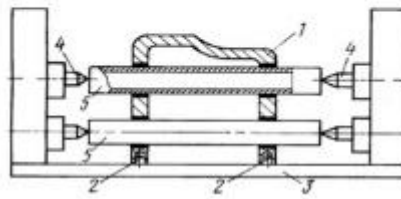


Схема відновлення опор корпусних деталей полімерними матеріалами:
1-відновлювана деталь; 2-закріплення; 3- підстава; 4-центр; 5-оправлення

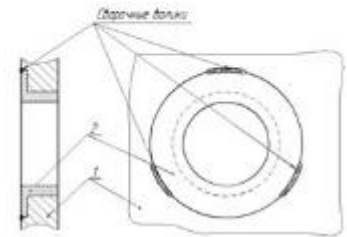


Схема відновлення посадкового отвору в корпусі шляхом застосування додаткової ремонтної деталі (ДРД): 1 корпус; 2 - ремонтна втулка.

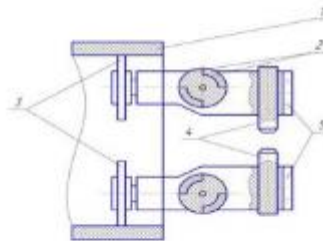
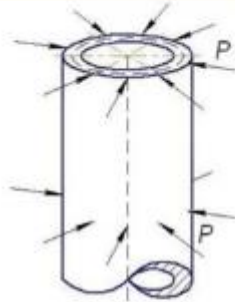


Схема електроконтактної приварки стрічки роликівими електродами:
1 - деталь (корпус коробки передач); 2 - сектор; 3 - роликові електроди; 4 - електроди для зварювання плоских поверхонь; 5 - болти

5 ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО НАТЯГУ ПОСАДКИ



Прогин циліндричної оболонки ω визначають за формулою

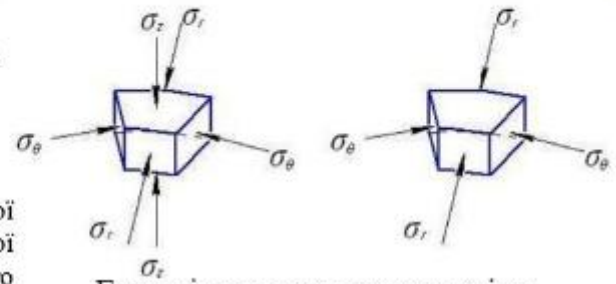
$$\omega = \frac{PR^2}{E_{\text{мт}}h_{\text{м}}}$$

R - радіус середньої поверхні циліндричної оболонки (полімерного покриття);

Віссиметричне навантаження циліндричної оболонки

$E_{\text{мт}}$ - модуль пружності полімерного матеріалу;

$h_{\text{м}}$ - товщина полімерного покриття.

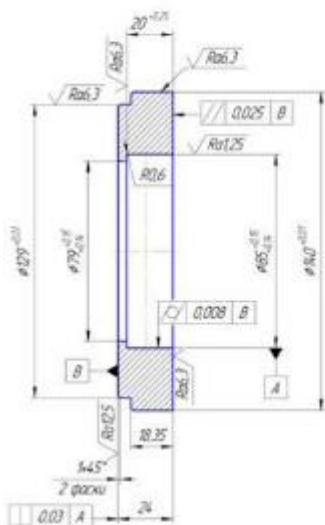


Головні напруження в корпусі та зовнішньому кільці підшипника: а) зовнішнє кільце під час запресовування; б) зовнішнє кільце після запресовування

$$e_p = e_n - \frac{4d\Delta}{D+3d} - \frac{(3D+d)}{4ER^2} \times \frac{cE_{\text{мт}}Nh_{\text{м}}}{1 - \left[0,25\left(3 + \frac{d}{D}\right)\right]^2} - \frac{\alpha(D+3d)\Delta t}{4} +$$

$$+ (1,5\eta P)^{2/3} \left[\frac{n_{\text{д}}}{2} \sqrt{\left(\frac{5,9417}{D_{\text{н}}} + \frac{2}{\frac{D_0}{\cos \alpha} - D_{\text{н}}}\right)} + \frac{n_{\text{д}}}{2} \sqrt{\left(\frac{6}{D_{\text{н}}} + \frac{2}{\frac{D_0}{\cos \alpha} + D_{\text{н}} + u_0}\right)} \right]$$

Отримано формулу для розрахунку робочого радіального зазору в працюючому підшипнику з полімерним покриттям, що враховує натяг полімерної посадки «корпус-підшипник», деформаційно-міцнісні властивості, контактні деформації між тілами кочення та робочими поверхнями кочення внутрішнього і зовнішнього кілець підшипника.



Зразок втулка матриця



Підшипник 209 з полімерним покриттям



Пристрій для вимірювання осьового зазору у підшипниках



Пристрій для вимірювання радіального зазору у підшипниках

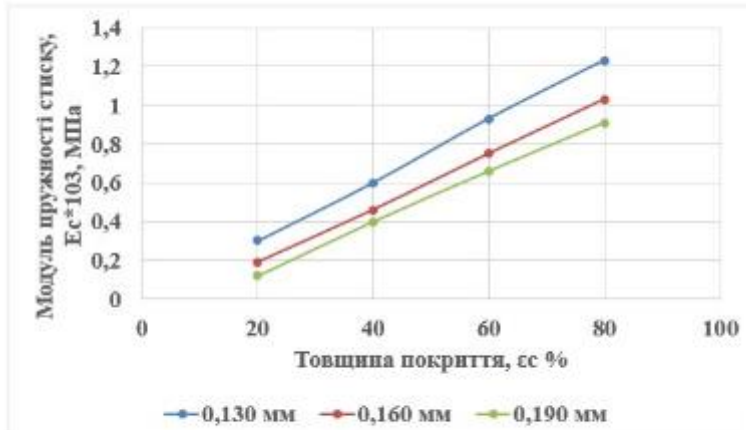


Лабораторна установка ДМ 28
1 – установка, 2 – модернізована камера
для моделювання зазорів і натягів у з'єднанні
підшипник – корпус, 3 – пристрій
вимірювання температури, 4 - ПК



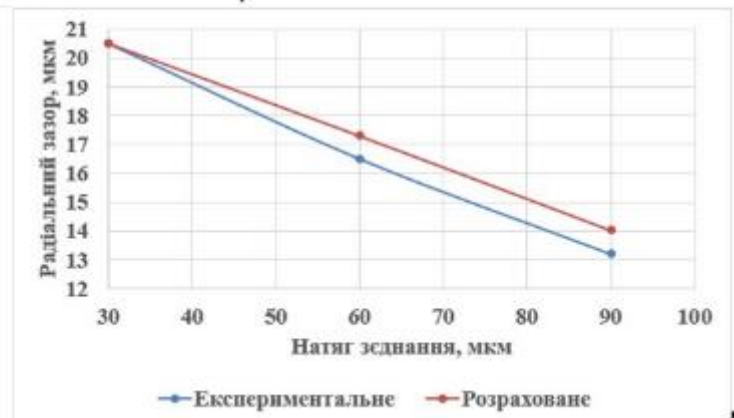
Випробування з'єднання на осьовий зсув

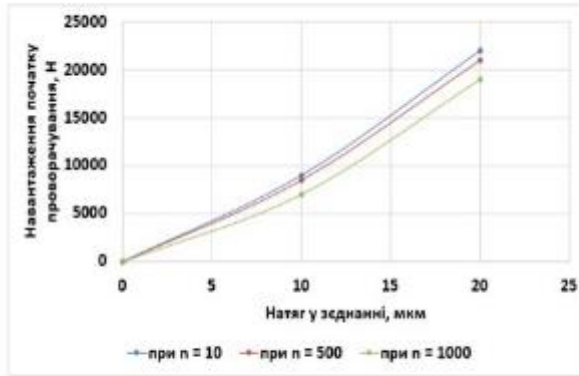
8 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



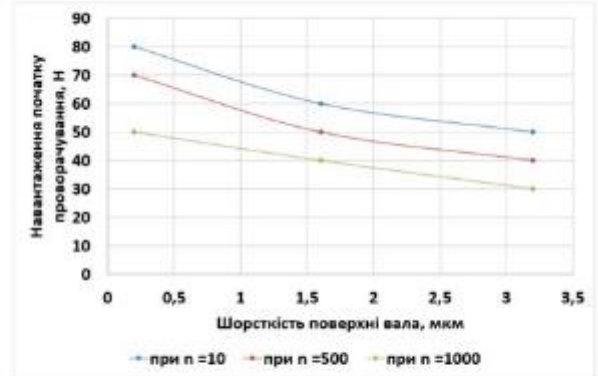
Залежність модуля пружності при стисненні E_c металополімеру від товщини покриття

Залежність радіального зазору підшипника 209 від натягу металополімерного покриття після запресовування в корпусні деталі

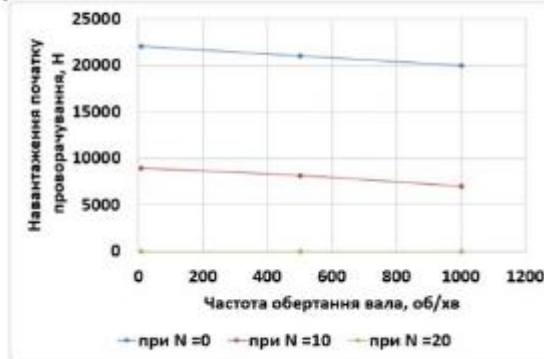




Натягу у з'єднанні



Шорсткості поверхонь



Частоти обертання



Фактор	Заходи безпеки
Хімічні фактори	Використання витяжних шаф, респіраторів, захисного одягу, регулярне провітрювання приміщення
Фізичні фактори	Звукоізоляція обладнання, використання віброізолюючих матеріалів, застосування інструментів з низьким рівнем вібрації
Психофізіологічні фактори	Оптимізація режиму роботи та відпочинку, ротація робочих місць, психологічна підтримка працівників

№	Назва параметру	Величина параметру
1	Вид робіт	Відновлення
2	Площа зношеної поверхні, що підлягає відновленню дм ²	1007,23
3	Заробітна плата робітників під час відновлення 1 дм ²	3,6
4	Вартість матеріалів для відновлення 1 дм ²	7,38
5	Собівартість відновлення площі 1 дм ²	10,98
6	Річний обсяг витрат	11059
7	Річний обсяг витрат на придбання нових деталей	226300
	Річний економічний ефект	215241

Отримано формулу для розрахунку робочого радіального зазору в підшипнику з полімерним покриттям (2.29), що враховує натяг полімерної посадки «корпус-підшипник», деформаційно-міцнісні властивості полімерного матеріалу, контактні деформації між тілами і доріжками кочення кілець підшипника.

Розроблено спосіб відновлення зношених посадкових отворів у корпусних деталях, що забезпечує підвищення точності розмірів отворів з полімерним покриттям, за рахунок виключення впливу усадки полімерного матеріалу під час свердління.

Не слід призначати натяги понад 30 мкм, оскільки це призведе до різкого збільшення модуля пружності і, відповідно до формул (2.7) і (2.13), зменшення радіального зазору і в кінцевому підсумку заклинювання тіл кочення. Не допускається експлуатація підшипникових вузлів, з посадковими місцями, відновленими еластомером Ф-40С, за температур, що перевищують робочий діапазон 70... 90°C, оскільки за температур понад 106°C радіальний і осьовий зазори вибираються, що збільшує втрати на тертя й інтенсифікує зношування тіл і доріжок кочення.

Відновлення зношених отворів у корпусних деталях еластомером Ф-40С забезпечує високу довговічність посадкових місць підшипників. Рекомендується відновлювати зношені посадочні отвори під підшипники з діаметральним зносом до 0,2 мм.

Відновлення корпусних деталей металополімерними матеріалами є технологічним процесом, який вимагає високого рівня безпеки. Дотримання всіх необхідних заходів дозволить забезпечити безпечні умови праці та зберегти здоров'я працівників.

На основі результатів досліджень розроблено технологію відновлення посадкових отворів під підшипники в корпусних деталях еластомером Ф-40С. Технологію відновлення впроваджено в АФ Горького. Річний економічний ефект від впровадження нової технології склав близько 215000 тис. грн.

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет



ІНЖИНІРИНГ ТЕХНОЛОГІЙ І ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ

ЗБІРНИК ТЕЗ

**III Всеукраїнської науково-практичної конференції
молодих вчених**

**Частина 1. Інжиніринг технічних систем агропромислового
виробництва**

15 листопада 2024 р.

Дніпро • 2024

УДК 621.89.002.6:620.1

Мішанов С.С., здобувач вищої освіти СВО Магістр¹⁹, ОПП Агроінженерія,
dsau_npm@ukr.net

Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна

ОБГРУНТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТОЗДАТНОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ ПОСАДКОВИХ МІСЦЬ МЕТАЛОПОЛІМЕРАМИ

Дослідження нових перспективних полімерних матеріалів і розробка технології відновлення з їхнім використанням є важливою складовою модернізації ремонтного виробництва сільськогосподарських підприємств. Це забезпечить підвищення надійності аграрної техніки, скорочення витрати матеріальних ресурсів на забезпечення її працездатності, буде сприяти підвищенню конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції [1].

Теоретичні дослідження вказали на перспективність використання метало полімерів в якості матеріалів для відновлення посадкових поверхонь корпусних деталей [1, 2]. З метою підтвердження теоретичних розрахунків необхідно провести практичні дослідження й виявити залежності між частотою обертання вала n хв^{-1} , натягом у з'єднанні N мм і шорсткістю поверхні вала Ra мм для радіальних шарикопідшипників і частотою обертання вала n хв^{-1} , натягом у з'єднанні N мм і кутом додатка комбінованого навантаження α для радіально-упорних роликотітшипників за критерієм початку провертання [3].

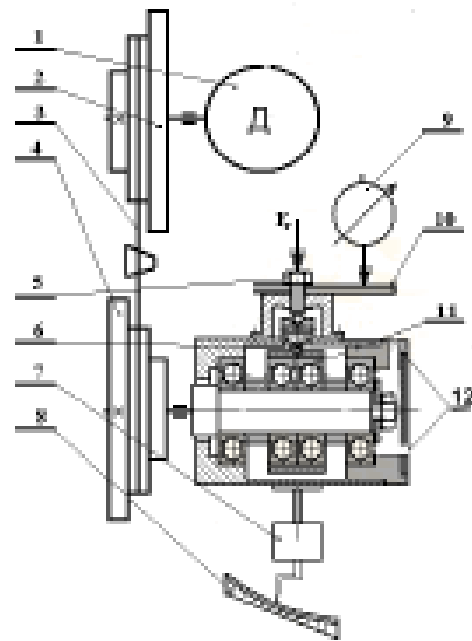
Випробування радіальних шарикопідшипників. Поставлене завдання вирішувалося при радіальному навантаженні в інтервалі $F_r = 20 \dots 22100$ Н, шорсткості поверхні вала $Ra = 0,2 \dots 3,2$ мм , натягу в з'єднанні $N = 0 \dots 20$ мм і частоті обертання вала $n = 10 \dots 1000$ хв^{-1} .

Експериментальні дослідження проводились на модернізованій установці ДМ 28 (рис. 1).

¹⁹ Науковий керівник – Толстенко О.В., кандидат технічних наук, доцент кафедри інжинірингу технічних систем



а

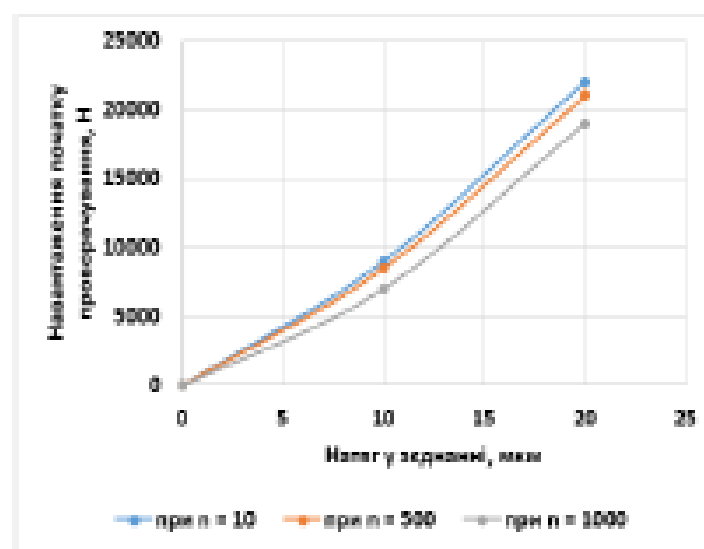


б

Рисунок 1 – Модернізована установка ДМ28 для проведення досліджень підшипників (а) та її схема (б)

1-двигун, 2-шків, 3-пас, 4-шків установки, 5-навантажувальний гвинт, 6-корпус головки, 7-м'язтик, 8-шкала, 9-індикатор годинникового типу, 10-скоба, 11-підшипник, 12-заглушки масляних каналів

На рис.2. наочно відображені залежності навантаження початку прокручування від натягу N , шорсткості поверхні R_a й частоти обертання n .



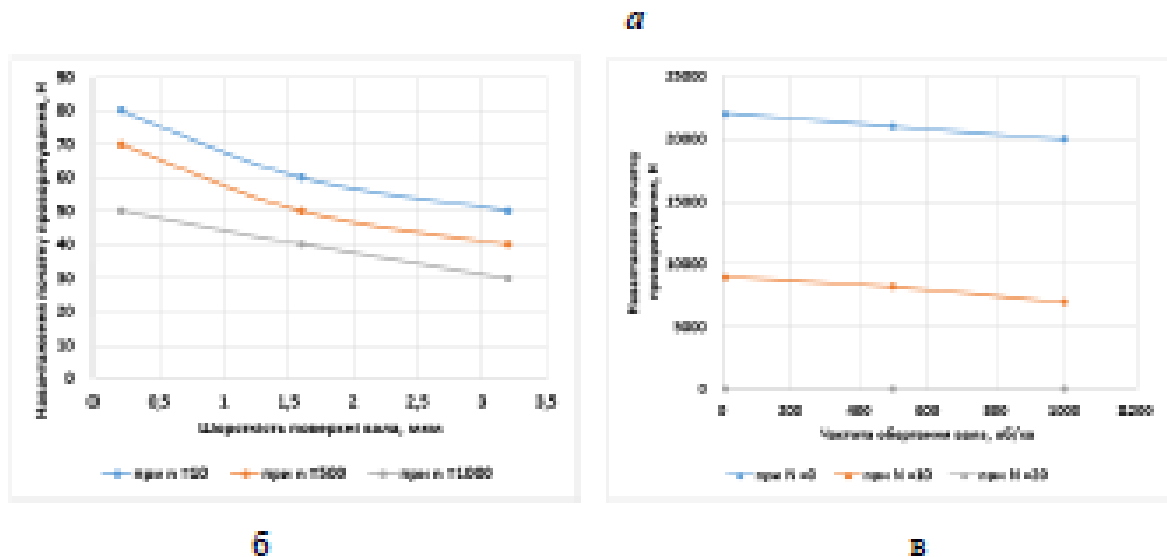


Рисунок 2 -Залежність навантаження початку проворачування від а) – натягу у з'єднанні, б) – шорсткості, в) – частоти обертання.

Висновок. Застосування металополімерних композицій для відновлення та фіксації посадкових з'єднань забезпечує збільшення довговічності підшипника 208 при місцевому навантаженні зовнішнього кільця підшипника в порівнянні з розрахунковою до 4 раз, при циркуляційному навантаженні до 5 раз. Відновлення посадки " корпус-підшипник" металополімером підвищило довговічність підшипника 208 у порівнянні з розрахунковою при циркуляційному навантаженні зовнішнього кільця підшипника до 3,5 раз, при місцевому - до 8,5 раз.

Список літератури

1. Бурячек І.В., Михайленко Н.В. Сучасний стан та перспективні напрями розвитку сільського господарства в Україні // Глобальні та національні проблеми економіки. Випуск 21. 2018. С.134-137
2. Дирда В. І. Ремонт машин та обладнання. Підручник для вищих навчальних закладів [Текст] / В. І. Дирда, П. Т. Мельянцов, О. І. Кириленко та ін. – Днівськ, Журофонд, 2015. – 292 с.
3. Kobets A.S., Dyrda V.I., Kalhankov Ye.V., Tsanidi I.M. and Chernii O.A. Abrasive fatigue wear rubber lining in the context of fractal analysis. GeoTechnical Mechanics. 2019, no. 144, pp. 103–110