

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

магістра

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Напрямок підготовки (спеціальність) 132 «Матеріалознавство. Відновлення та
технічний сервіс автомобілів»
Шифр і назва напрямку підготовки (спеціальності)

на тему: «Технологічний процес відновлення автомобільних
деталей типу вал за допомогою металополімерних композицій»

Шифр МРТAM 24.23611.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, група MTBAm-23-1


Підпис

Р.О. Линник
Ініціали, прізвище

Керівник *д.т.н., проф. каф. ТАМ*


Підпис

П.В. Каплун
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри ТАМ *д.т.н., проф.*


Підпис О.В. Диха
Ініціали, прізвище

6 грудня 2024 р.

Хмельницький, 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 132 «Матеріалознавство, Відновлення та технічний сервіс автомобілів»

Шифр і назва

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЗНМ

проф., д.т.н. Диха О.В.

24 жовтня 2024 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Линнику Роману Олександровичу

Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема проекту (роботи) **Технологічний процес відновлення автомобільних деталей типу вал за допомогою металополімерних композицій**

керівник проекту (роботи) Каплун Павло Віталійович д.т.н., професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від 26 08 2024 р. № 28 (Д60)

2. Строк подання студентом проекту на кафедру 10 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Матеріали практики; робочі креслення ведучого валу; підшипниковий вузол; металорізальні верстати; металополімер Weicon A, випробувальна розривна машина.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз літературних джерел та стану проблеми за темою магістерської роботи.

2. Теоретичні дослідження технологічного процесу.

3. Вибір методики досліджень та розробка технології відновлення посадкових місць підшипників ведучого валу за використання нанесення металополімеру Weicon A.

Оцінка отриманих результатів.

4. Екологічність, безпека при проведенні таких робіт.

5. Економічна доцільність проведених досліджень.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Графічну частину проекту представити у вигляді презентації на слайдах (10-20) шт.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Літературний огляд	25.10.2024	
2	Технологічний розділ	05.11.2024	
3	Конструкторський розділ	10.11.2024	
4	Дослідницький розділ	15.11.2024	
5	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки	22.11.2024	
6	Оформлення графічної частини проекту	01.12.2024	
7	Нормоконтроль проекту	05.12.2024	
	Підписання розділів. Затвердження дати захисту	10.12.2024	

Студент

Керівник проекту (роботи)



 Підпис



 Підпис

Р.О. Линник
 Ініціали, прізвище

П.В. Капун
 Ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 81 сторінка, кількість рисунків – 26, таблиць – 10, додатків – 1, кількість джерел згідно із переліком посилань – 26.

Об'єкт дослідження: зношені й відновлені металополімерними покриттями поверхні валів і осей механізмів машин.





Мета роботи: є розробка типового технологічного процесу відновлення посадкових поверхонь валів механізмів машин під підшипники кочення металополімерним покриттям.

Результати та їх новизна: Було розроблено технологічний процес нанесення металополімеру на відновлювану поверхню, а також технологію відновлення валу первинного КПП. Встановлено, що найбільший вплив на збільшення навантаження початку провертання Fz має натяг у з'єднанні, а частота обертання має незначний зворотний вплив. Шорсткість поверхні вала R_a практично не впливає на початок провертання. Результати випробувань показали, що зношування експериментальних з'єднань у 1,5 рази менше, ніж у серійних. Найбільш ефективним способом відновлення з'єднань є нанесення металополімеру, що разом із застосуванням оптимальних посадок збільшує ресурс з'єднань майже в 4 рази.

Рекомендації щодо використання результатів роботи: результати цих досліджень можуть суттєво скоротити витрати на відновлення деталей машин, що працюють в умовах абразивного зношування та відкривають шлях розвитку ефективних інноваційних технологій. Практичне застосування в різних галузях промисловості, де потрібні матеріали з покращеними експлуатаційними характеристиками матиме великий економічний ефект.

Перелік ключових слів: ВІДНОВЛЕННЯ, НАПЛАВЛЕННЯ, МЕТАЛОПОЛІМЕР, ЗМІЦНЕННЯ, ДОВГОВІЧНІСТЬ.

	Зміст	С.
	Вступ	7
1	АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ	8
1.1	Огляд наявних методів відновлення деталей типу вал	8
1.2	Відновлення посадкових поверхонь із застосуванням анаеробних герметиків	23
1.3	Металополімери для ремонту та відновлення промислового встаткування	25
2	ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ	28
2.1	Основний технологічний процес відновлення посадкових поверхонь за допомогою металополімерних композицій	28
2.2	Розробка технологічного процесу відновлення ведучого валу	31
2.2.1	Опис конструкції деталі та можливі її дефекти	31
2.2.2	Вибір раціонального способу відновлення	34
2.2.3	Складання технологічного плану операцій	35
2.2.4	Вибір параметрів режимів відновлення та розрахунок норм часу	36
3	МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ	47

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Линник			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Каплун				5	81
Реценз.					ХНУ, МТВам-23-1		
Н. Контр.		Бабак					
Затверд.		Диха					
					Технологічний процес відновлення автомобільних деталей типу вал за допомогою металополімерних композицій		

3.1	Загальна методика досліджень	47
3.2	Технологія відновлення деталей металополімером Weicon A	48
3.3	Результати стендових випробувань і їх аналіз	53
4	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА	60
4.1	Дослідження стану з охорони праці	60
4.2	Дослідження виробничого травматизму	61
4.3	Вимоги з охорони праці для слюсаря механоскладальних робіт	65
4.4	Загальні рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці в господарстві	69
4.5	Дії працівників у разі виникнення надзвичайної ситуації	71
5	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ	72
	Висновки	77
	Список використаних джерел	79
	Додатки	81

ВСТУП

Актуальність теми. Дослідження багатьох науковців та науково-дослідних інститутів показали, що приблизно 40-45% деталей підлягають відновленню та можуть бути використані повторно, що суттєво знижує витрати на ремонт. Приблизно 30-35% деталей не потребують ремонту та можуть повторно використовуватись без змін, а лише 25-30% деталей після дефектування підлягають вибракуванню.

Номенклатура відновлюваних деталей є досить широкою і включає переважно складні та дорогі компоненти, такі як блоки циліндрів двигунів, головки циліндрів, колінчасті і розподільні вали, корпуси коробок передач та інші. Вартість їх відновлення становить від 10 до 50% від вартості нової деталі, що робить процес відновлення економічно вигідним.

Структура роботи включає такі основні розділи: у першому розділі представлено огляд існуючих способів відновлення деталей типу вал, що дозволяє визначити кілька основних методів, які застосовуються на практиці. У другому розділі було розроблено технологічний процес нанесення металополімеру на відновлювану поверхню, а також процес відновлення первинного валу КПП.

Третій розділ містить проведення багатофакторного експерименту та узагальнення результатів дослідження стендових випробувань інтенсивності зношування відновлених з'єднань.

Четвертий розділ присвячений питанням охорони праці, екологічної безпеки та техніки безпеки.

У п'ятому розділі висвітлено економічні аспекти, зокрема економічну ефективність застосування отриманих результатів.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. АНАЛІЗ СТАНУ ПРОБЛЕМИ

1.1. Огляд наявних методів відновлення деталей типу вал

Аналіз існуючих способів відновлення деталей типу вал дозволяє визначити кілька основних методів, які застосовуються на практиці. Серед них виділяються:

1. Механічне відновлення – включає в себе обробку поверхонь деталей для відновлення їх геометричних параметрів. До цього методу належать шліфування, розточування, накатка і полірування. Цей спосіб ефективний для відновлення незначних зношень.

2. Наплавлення – передбачає нанесення шару металу на зношені поверхні за допомогою зварювальних процесів. Після цього проводиться механічна обробка для відновлення необхідної точності. Наплавлення широко використовується для відновлення валів, що зазнали значного зношення.

3. Плазмове наплавлення – застосовується для відновлення деталей, які працюють в умовах високих навантажень або агресивних середовищ. Цей метод дозволяє отримати покриття з високими фізико-механічними характеристиками, що підвищує зносостійкість і довговічність валів.

4. Полімерні матеріали – використання полімерних композицій для відновлення деталей типу вал дозволяє швидко і економічно виправляти пошкодження без складного обладнання. Полімерні матеріали мають хорошу адгезію до металів і дозволяють відновлювати робочі поверхні, забезпечуючи довговічність у помірних умовах експлуатації.

5. Гальванічне покриття – застосування електrolітичних процесів для осадження металевих шарів на поверхню валів. Цей спосіб дозволяє відновити зношені деталі та підвищити їхню зносостійкість.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожен із зазначених методів має свої переваги та обмеження, і вибір відповідного способу відновлення залежить від умов експлуатації деталі, ступеня її зношеності та технічних вимог до відновленої поверхні.

Дослідження багатьох науковців та науково-дослідних інститутів показали, що приблизно 40-45% деталей підлягають відновленню та можуть бути використані повторно, що суттєво знижує витрати на ремонт. Приблизно 30-35% деталей не потребують ремонту та можуть повторно використовуватись без змін, а лише 25-30% деталей після дефектування підлягають вибракуванню.

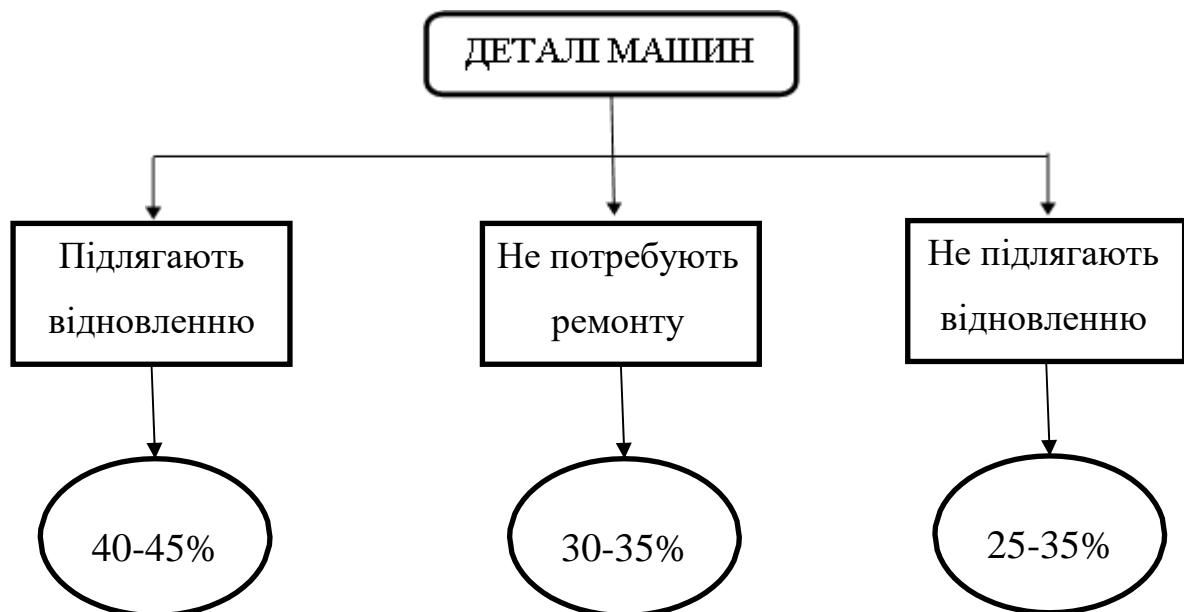


Рисунок 1.1 – Розподіл деталей машин.

Номенклатура відновлюваних деталей є досить широкою і включає переважно складні та дорогі компоненти, такі як блоки циліндрів двигунів, головки циліндрів, колінчасті і розподільні вали, корпуси коробок передач та інші. Вартість їх відновлення становить від 10 до 50% від вартості нової деталі, що робить процес відновлення економічно вигідним. Вибір методу відновлення залежить від типу деталі, ступеня і характеру зносу, матеріалу та її фізико-механічних властивостей.

До деталей типу «вал» належать компоненти машин, які призначені для передачі крутного моменту та сприйняття сил, що виникають від інших

встановлених на валу елементів, таких як шківни, зубчасті колеса та маховики. Ведучі деталі отримують обертальний рух від зовнішнього джерела енергії (наприклад, двигуна), тоді як ведені деталі отримують обертання через вал. Таким чином, під час обертання вал передає крутний момент, відчуваючи деформації згину та кручення.

Вали можуть мати різні форми: прямі або вигнуті (колінчасті), суцільні або складові, порожнисті або суцільні. У машинобудуванні часто використовуються колінчасті, розподільні та карданні вали, які застосовуються в двигунах внутрішнього згорання, парових машинах і поршневих компресорах. Довгі вали, як-от гребні вали кораблів, зазвичай виготовляються складовими через складність виробництва, тоді як порожнисті вали використовуються для зменшення ваги або для розміщення інших деталей усередині.

Якщо вал не передає обертального руху, а лише підтримує обертові частини, його називають віссю. На відміну від валів, осі зазнають лише вигину, а не крутних деформацій. Вони поділяються на нерухомі (наприклад, осі коліс велосипедів чи автомобілів) та рухомі, які обертаються разом з деталями, встановленими на них (наприклад, осі залізничних вагонів).

Оскільки вали та осі працюють під значними навантаженнями, їх виготовляють із вуглецевої конструкційної сталі, піддають термічній обробці, цементації та загартуванню для підвищення міцності. Їхня форма варіюється від простих циліндрів до складних колінчастих конструкцій, а проектування валів базується на рівномірному розподілі згинаючих і крутних моментів по їх довжині. Через знакозмінні навантаження і деформації вали та осі зазнають втомних руйнувань.

До основних дефектів валів і осей належать:

1. Зношування робочих поверхонь – поступове зменшення діаметра валів або осей через тертя під час експлуатації.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Тріщини – виникають через перевантаження, втомне руйнування або інтенсивні ударні навантаження.

3. Деформація (згин) – результат надмірних механічних навантажень, що викликають викривлення валу або осі.

4. Корозія – пошкодження поверхні через вплив агресивного середовища, що призводить до зниження міцності матеріалу.

5. Відколи та задири – пошкодження поверхонь через механічний вплив, наприклад, при неправильній установці або роботі деталей.

6. Зміна геометрії посадкових місць – спотворення розмірів поверхонь для кріплення підшипників або інших елементів.

7. Розбалансування – нерівномірний розподіл маси вздовж осі, що викликає вібрації і може призвести до пошкодження під час роботи.

Ці дефекти негативно впливають на працездатність валів та осей і вимагають відновлення або заміни деталей.



Рисунок 1.2 – Абразивний знос на опорі вала.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11



Рисунок 1.3 – Тріщини на валах.



Рисунок 1.4 – Знос різьби на кінці валу.

					MPTAM24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



Рисунок 1.5 – Знос шліців на первинному валу коробки передач.

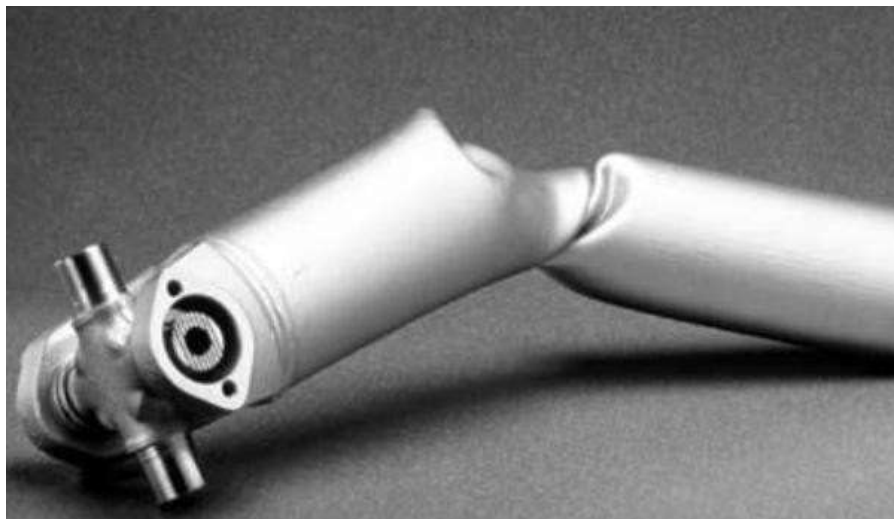


Рисунок 1.6 – Скручування карданного валу.

Дефектація та відновлення валів і осей проводяться під час капітального або поточного ремонту автомобілів і тракторів. Вибракування цих деталей здійснюється на основі вимірювань, візуального огляду та, за потреби, металографічних досліджень. Якщо виявлено можливість відновлення валу або осі, ухвалюється рішення щодо вибору відповідного методу ремонту. Основні методи відновлення, що застосовуються в ремонтному виробництві, можна поділити на два типи: ті, що дозволяють повернути номінальний розмір і початкову геометрію валу або осі, та методи, що використовують відновлення під «ремонтний розмір», тобто розмір, для якого існують відповідні «ремонтні» деталі.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Коли частинки металу стикаються з поверхнею деталі, їх оксидна плівка руйнується під дією кінетичної енергії, утворюючи на поверхні шарувате покриття з пористою структурою та включеннями оксидів. Зчеплення частинок з поверхнею відбувається завдяки адгезії та механічному зв'язку з шорсткою поверхнею. Принцип роботи установки (рис. 1.8) полягає в наступному: повітря з компресора або централізованої системи стисненого повітря спрямовується в масло- і вологовідокремлювач 10, де очищується та осушується. Тиск контролюється манометром 9. Стиснене повітря під тиском 0,4-0,6 МПа подається до сопла 12 металізатора 3. Паралельно за допомогою роликів 5 подається металевий дріт від котушок 6 через напрямні 4. На виході з напрямних 4 дроти стикаються, утворюючи електричну дугу 2, яка плавить метал. Електрична дуга утворюється завдяки джерелу струму 7 та провідникам 11, що з'єднують його з металевими дротами для наплавлення. Розплавлений метал підхоплюється струменем повітря, що проходить через сопло 12 металізатора, та з високою швидкістю транспортується до деталі 1, де, прилипнувши до поверхні, охолоджується і формує міцний шар металу.

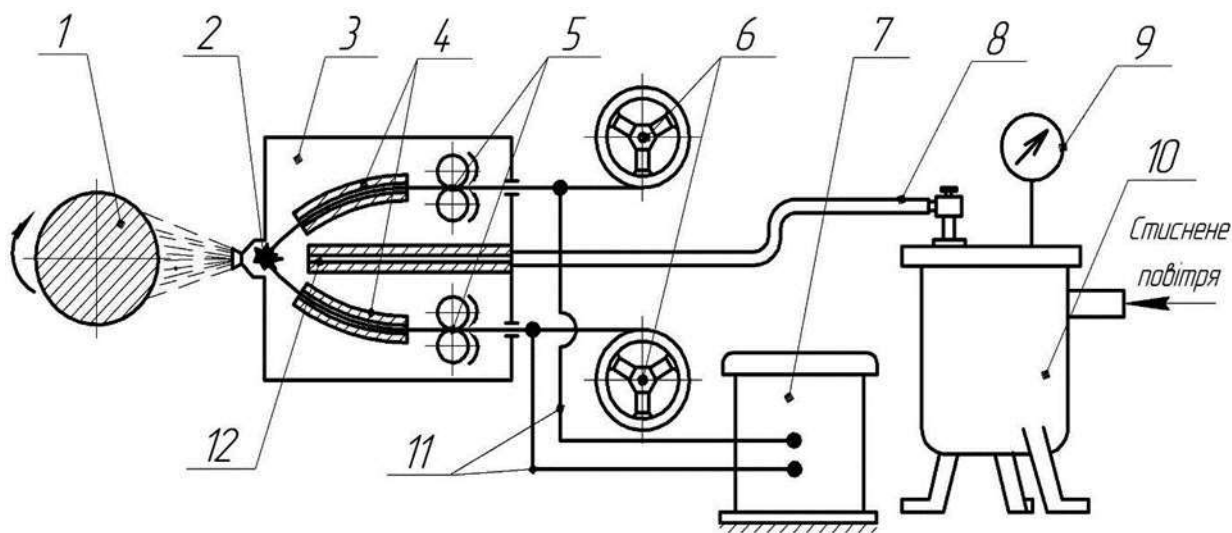


Рисунок 1.8 – Схема установки электродугового напыливания.

Переваги электродугового напыления:

1. Висока адгезія – покриття добре прилипає до поверхні, завдяки чому забезпечується надійне зчеплення з основою.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ24.23611.000 ПЗ

Арк.

15

2. Швидкість процесу – електродугове напилення дозволяє швидко створювати покриття на великих поверхнях, що зменшує час ремонту.

3. Можливість відновлення номінального розміру – з його допомогою можна точно відновлювати необхідний розмір посадкових поверхонь.

4. Економічність – порівняно з іншими методами напилення, електродугове напилення є економічно вигідним.

5. Зносостійкість – покриття, створені електродуговим методом, мають високу зносостійкість, що подовжує термін служби деталі.

6. Використання різних матеріалів – можна використовувати різні металеві матеріали для створення покриття, підбираючи його під специфічні умови експлуатації.

7. Контроль товщини покриття – дає змогу точно контролювати товщину нанесеного шару.

Недоліки електродугового напилення:

1. Пористість покриття – покриття може мати високу пористість, що знижує його корозійну стійкість, особливо у вологих або агресивних середовищах.

2. Окислення частинок – частинки металу можуть покриватися оксидною плівкою під час напилення, що впливає на міцність покриття.

3. Нерівномірність покриття – при великих товщинах шару можуть виникати нерівномірності, що потребує додаткової обробки.

4. Обмеженість у виборі матеріалів – не всі матеріали підходять для електродугового напилення, оскільки деякі з них можуть погано розплавлятися або створювати крихке покриття.

5. Тепловий вплив на деталь – під час напилення може відбуватися локальний перегрів, що може спричинити деформацію деталей з тонкими стінками або змінити їхні властивості.

6. Високі вимоги до безпеки – через ризик іскріння, гарячих частинок і виділення диму процес потребує суворого дотримання техніки безпеки.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Під час наплавлення циліндричної поверхні деталь обертається. Щоб розплавлений метал не стікав, електродний дріт зміщують з верхньої точки деталі у бік, протилежний напрямку обертання, на відстань a (3-15 мм), залежно від режиму наплавлення та діаметра деталі.

У міру віддалення розплавленого металу від зони дуги, він кристалізується, а шлак застигає. На поверхні деталі формується металевий валик, вкритий шлаковою кіркою та залишками зернистого флюсу, який поступово обсипається вниз. Невикористаний флюс, що осипається в піддон установки, просіюється і повертається назад у бункер.

Автоматичне наплавлення під шаром флюсу дозволяє відновлювати циліндричні та різьбові деталі діаметром понад 40 мм, а також поверхні плоских і внутрішні поверхні циліндричних деталей. Наплавлення циліндричних поверхонь зазвичай виконується по гвинтовій траєкторії, де валики накладаються так, щоб кожен наступний перекривав попередній на $1/2$ або $1/3$ (рис. 1.10). При цьому важливо, щоб валики металу були добре сплавлені між собою, без шлакових включень. Для цього необхідно видаляти шлакову кірку з поверхні кожного валика до приварювання наступного, тобто в період, коротший за один оберт деталі. Шлакову кірку знімають за допомогою ударів загостреного молотка.

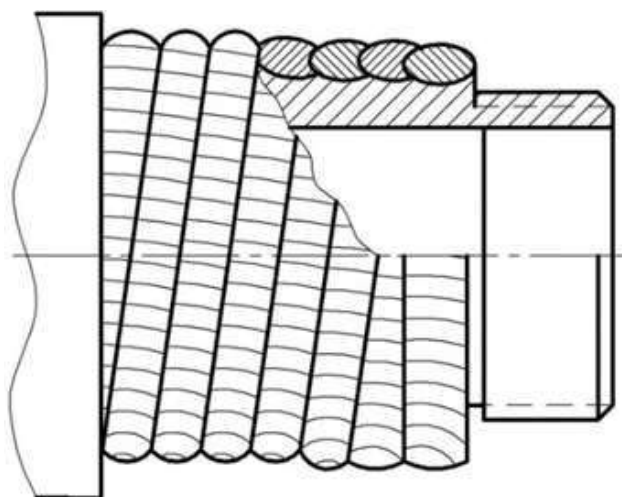


Рисунок 1.10 – Схема розміщення валиків на деталі при наплавленні під шаром флюсу.

1 – апаратна шафа; 2 – балон з вуглекислотою; 3 – електричний підігрівач; 4 – осушувач; 5 – редуктор; 6 – шланг підведення газу; 7 – токарний верстат; 8 – деталь; 9 – механізм подачі електродного дроту; 10 – касета з дротом; 11 – селеновий випрямляч.

Автоматичне вібродугове наплавлення є варіантом електродугового наплавлення, який відрізняється тим, що електрична дуга виникає не безперервно, а періодично (рис. 1.12). Основний принцип вібродугового наплавлення полягає в періодичному замиканні та розмиканні електродного дроту і деталі, що знаходяться під напругою. Кожен цикл вібрації дроту складається з чотирьох етапів: коротке замикання, відрив електрода від деталі, електричний розряд та холостий хід.

Під час короткого замикання струм швидко зростає з нуля до максимуму, а напруга падає майже до нуля, що призводить до приварювання кінця електродного дроту до поверхні деталі. При віддаленні електрода від поверхні деталі зменшується перетин дроту, що збільшує щільність струму і прискорює його відрив. Після цього на деталі залишається частинка металу. У момент відриву електродного дроту напруга струму підвищується до 26–32 В, створюючи короткочасний електродуговий розряд.

Це різке зростання напруги пояснюється утворенням електрорушійної сили самоіндукції при розриві зварювального кола, яка додається до напруги джерела струму. Протягом розряду в проміжку між електродом і деталлю виділяється до 80% тепла, яке оплавляє наплавлений метал. Після цього розряд припиняється, настає холостий хід, і дріт знову контактує з поверхнею деталі, повторюючи цикл.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Можливість точного контролю процесу – автоматизація забезпечує точне регулювання параметрів, що дозволяє отримувати якісне покриття з мінімальними відхиленнями.

Недоліки автоматичного вібродугового наплавлення:

1. Складність налаштування – процес вимагає точного налаштування обладнання, що потребує високої кваліфікації персоналу.

2. Висока вартість обладнання – установки для вібродугового наплавлення коштують дорого, що може бути не вигідно для підприємств із малими обсягами відновлювальних робіт.

3. Велика кількість циклів – через періодичність процесу може знадобитися більше часу на наплавлення великих площ поверхні.

4. Можливі проблеми з адгезією – через періодичне зупинення процесу можуть виникати труднощі зі зчепленням між окремими шарами покриття, особливо якщо параметри процесу встановлені неправильно.

5. Потреба в обробці поверхні після наплавлення – часто потрібна додаткова обробка для зняття шлакової кірки та вирівнювання поверхні.

6. Чутливість до зовнішніх умов – процес може залежати від стабільності напруги та умов навколишнього середовища, що може впливати на якість покриття.

Автоматичне вібродугове наплавлення забезпечує якісне покриття та економію матеріалів, але потребує точного контролю параметрів і спеціального обладнання для забезпечення стабільності та якості процесу.

1.2. Відновлення посадкових поверхонь із застосуванням анаеробних герметиків

Анаеробні герметики набувають все більшого поширення у ремонті техніки. Вони представляють собою багатокомпонентні рідкі розчини, що можуть тривалий час зберігатися без втрати властивостей і швидко тверднути у вузьких зазорах між металевими поверхнями при обмеженому доступі кисню.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Основу таких герметиків складають полімеризовані сполуки акрилового ряду, здебільшого диметилакрилові ефіри поліалкіленгліколей, які відзначаються швидким перетворенням у зшиті полімери. У складі герметиків містяться інгібітори та ініціатори, що дозволяють забезпечити тривале зберігання матеріалу та швидку полімеризацію у з'єднаннях. До складу також входять загущувачі, модифікатори, барвники та інші добавки.

Анаеробні герметики демонструють високу адгезію до металів, а також стійкість до води, масел, палива, органічних розчинників, кислот, лугів та інших хімічних речовин. Більшість з них мають робочий температурний діапазон від -60 до +150°C. Серед основних виробників анаеробних герметиків – «LOCTITE» (Англія) і «THREE BOND» (Японія).

Для відновлення отворів у корпусних деталях найчастіше використовуються герметики, такі як АН-6, АН-6В, АН-6 ДО, АН-ЮЗ, УГ-7, УГ-8, УГ-11. Перспективним є герметик АН-111, у складі якого додані олігомерні каучуки з кінцевими уретан-акрилатними групами. Це сприяє підвищенню його удароміцності, еластичності та збереженню термічної й хімічної стійкості.

Процес фіксації підшипника кочення анаеробним герметиком включає очищення посадкової поверхні від корозії, її знежирення ацетоном, нанесення герметика на поверхні, що з'єднуються, розподіл його пензлем, складання і центрування деталей, витримку з'єднання до схоплювання та затвердіння герметика після зняття центрувального пристрою.

Для нерухомих з'єднань підшипників з великим зносом (більше 0,05 мм) використовуються спеціальні центрувальні пристрої.

Лак Ф-40 є розчином композиції каучуку та модифікованої фенольної смоли. Також випускається вдосконалена модифікація Ф-40С, яка має покращені фізико-механічні властивості. Вивчення властивостей нового еластомера Ф-40С є актуальним при відновленні посадкових отворів у корпусних деталях сільськогосподарської техніки.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

- відновлення посадкових поверхонь ущільнювальних кілець, кришок;
- ремонт робочих коліс і напрямних апаратів насосів: відновлення форми та розмірів лопаток, закладення наскрізних отворів, кавітаційних, корозійних та ерозійних раковин;
- відновлення ділянок різьби на валах і корпусах;
- герметизація різьбових і фланцевих з'єднань;
- відновлення зношених площин блоків циліндрів;
- закладення тріщин і протічок у корпусних деталях після заморожування або ударів;
- відновлення шпонкових пазів і посадкових місць під напівмуфти на валах тощо.

У випадках, коли дефекти вимагають додаткових заходів для підвищення надійності відновлення (відновлення форми та розмірів деталі, кріплення важконавантажених елементів), разом із металополімерами рекомендується використовувати склотканину, металеві сітки та армувальні штифти.

Компоненти металополімерів змішуються шпателем на твердій знежиреній поверхні (металевій, тефлоновій, картонній тощо) протягом 3-5 хвилин до отримання однорідної маси. Підготовлений металополімер наноситься тонким шаром за допомогою шпателя (вузького, широкого, профільного тощо) на ремонтвану поверхню, ретельно втираючи перший шар для рівномірного покриття без порожнин.

Загальні висновки по розділу

Огляд технологій і методів відновлення валів дозволяє зробити такі висновки:

При відновленні валів застосовуються різні методи, такі як напилення, приварка сталеві стрічки, наплавлення. Напилення зарекомендувало себе досить добре, але має кілька істотних недоліків, зокрема слабе зчеплення

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

покриття з основою та тонкий шар напилення, що обмежує його використання для відновлення валів із значним зносом.

Найефективнішим методом відновлення є наплавлення, проте наразі режими наплавлення із застосуванням інверторних установок ще недостатньо досліджені. Альтернативою наплавленню може бути нанесення металополімерних покриттів.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

утворення порожнин. Одразу після нанесення першого шару слід нанести наступні шари до необхідної товщини. Під час нанесення кількох шарів не слід чекати затвердіння попереднього шару. Якщо це з якихось причин неможливо, необхідно підготувати поверхню відповідно до вказівок.

Затвердіння.

Затвердіння металополімеру відбувається при температурах вище 5°C (оптимальна – 20°C). Для пришвидшення процесу можна прогріти нанесений шар (наприклад, за допомогою промислового фена) після початкового затвердіння, щоб уникнути можливого розтікання при нагріванні. Під час полімеризації металополімери «холодного затвердіння» не піддаються усадці та зберігають постійний об'єм.

Механічна обробка.

Для якісної обробки затверділого металополімеру з усіма типами активаторів рекомендується використовувати твердосплавний інструмент, а в деяких випадках – інструмент з алмазними насадками. Бажано застосовувати плоский різець без канавки, встановлений на 0,5–1,0 мм вище центру.

					MPTAM24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 40Х відповідно до ДСТУ 7806:2015

C	Cr	Cu	P	Mo	S
		не більше			
0,35- 0,39	1,00-1,30	0,30	0,035	0,30	0,035

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 40Х по ДСТУ 7806:2015

в, МПа	0,2, МПа	δ, %	Твердість, НВ
890	650	8	255...302

Деталь – ведучий вал – виготовляється зі сталі 40Х згідно з ДСТУ 7806:2015. Заготовка формується з круглого гарячекатаного прокату. Параметри шорсткості та способи обробки відповідають стандартам, що дозволяють обробляти деталь на верстатах. Контрольні розміри деталі легко доступні для прямого вимірювання.

Деталь не має глибоких отворів або різбових отворів діаметром менше 5 мм. Всі поверхні зручні для механічної обробки, без потреби у спеціальному різальному інструменті. Поверхні мають просту геометрію і можуть оброблятися універсальним інструментом. Єдиним нетехнологічним елементом є наявність шліців, для обробки яких потрібен спеціальний інструмент.

Аналізуючи розміри на кресленні, варто зазначити, що допуски на неробочих поверхнях є ширшими і мають вищу шорсткість порівняно з робочими поверхнями, що не збільшує трудомісткість виготовлення деталі.

З урахуванням вищезазначеного, технологічність деталі оцінюється як «добре». Для аналізу схем базування в технологічному процесі наведемо ескіз деталі на рис. 2.3.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

2.2.2. Вибір раціонального способу відновлення

При аналізі необхідно обрати та обґрунтувати найбільш доцільний метод відновлення деталі (або групи деталей). Вибір методу здійснюється за критеріями: технологічним (або критерієм застосування), технічним (довговічність) та техніко-економічним (узагальнюючим).

Технологічний критерій визначає можливість застосування певного методу відновлення, враховуючи конструктивно-технічні особливості деталі або конкретних груп деталей.

Вибір методу відновлення за технологічним критерієм:

Знос шліців по товщині можна відновити такими методами:

- пластичне деформування;
- заварювання з подальшим фрезеруванням.

Інші методи, як-от роздача чи ремонтний розмір, є трудомісткими та менш надійними.

Знос поверхні під підшипник можна відновити такими методами:

- вібродугове наплавлення;
- наплавлення у середовищі CO₂;
- залізнення;
- хромування.

Обрані способи відновлення дефекту за технологічним критерієм далі оцінюються за технічним критерієм, який для кожного методу надає комплексну якісну оцінку довговічності, що характеризується коефіцієнтом довговічності (К_д), визначеним за відповідною формулою.

$$K_d = K_{zn} K_v K_z K_p, \quad (2.1)$$

де K_{zn} , K_v і K_z – відповідно коефіцієнти зносостійкості, витривалості та зчеплення покриттів;

K_p – поправочний коефіцієнт, враховуючий фактичну працездатність відновлення деталей в умовах експлуатації ($K_p = 0,8...0,9$).

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

робіт ОРС-1549А, електрод Э42А, лещата, зварювальна маска № 1, молоток, металева щітка, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1.

015 Токарні роботи

Обточити поверхню 1 з \varnothing 38 мм до \varnothing 36,01 мм на довжині 63 мм і поверхню 2 з \varnothing 42 мм до \varnothing 40,12 мм на довжині 23 мм. Використовуване обладнання: токарно-гвинторізний верстат 16К20Г, повідковий патрон, упорний центр, прохідний різець Р9, металевий гак, мікрометр МК 50.

020 Шліфувальні роботи

Виконати шліфування поверхні 1 з \varnothing 36,01 мм до \varnothing 36_{-0,025} мм на довжині 63 мм та поверхні 2 з \varnothing 40,12 мм до \varnothing 40^{+0,020}_{+0,003} мм, на довжині 23 мм. Використовуване обладнання: круглошліфувальний верстат ЗУ12УА, шліфувальне коло ПП 100 Г - 20 Г - 32 ЕК36-60 СМ1, важільний мікрометр МР50, центри, хомутик.

025 Фрезерна

Фрезерувати 8 шліців розміром 6_{-0,045}_{-0,120} мм, на довжині 63 мм.

Використовуване обладнання: універсально-фрезерний верстат 6М82. Ділильна головка УДГ-160, черв'ячна фреза Р6М5 2520-0691, штангенциркуль ШЦ 1-125-0,1, зубомірний мікрометр МЗ 25.

030 Контрольна

Перевірка розмірів та якості відновлених поверхонь.

Комплект обладнання "Ремдеталь", твердомір ТК 600, штангенциркуль ШЦ 1-125-0,1, мікрометр МК 50-0,01, важільний мікрометр МР 50, зубомірний мікрометр МЗ 25.

2.2.4. Вибір параметрів режимів відновлення та розрахунок норм часу

005 Нанесення металополімеру

Нанести шар полімеру на поверхню 2 під підшипник з \varnothing 40 мм до \varnothing 42 мм на довжині 23 мм. Шар товщиною 1 мм.

Визначаємо основний час для нанесення полімеру:

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.2)$$

де L – довжина оброблюваної поверхні, мм;

i – кількість проходів;

n – кількість обертів деталі, хв⁻¹;

S – подача, мм/об.

Кількість проходів визначають за формулою:

$$i = \frac{D-d}{2t}, \quad (2.3)$$

де D, d – діаметр деталі до і після нанесення полімеру, відповідно;

t – нанесений шар металополімеру за 1 прохід, мм ($t = 1$ мм);

$$i = (42-40)/2 \cdot 1 = 1$$

Кількість обертів деталі:

$$n = 318(V/d) = 318(1,5/40) = 3,75 \text{ хв}^{-1}. \quad (2.4)$$

де V – колова швидкість деталі, м/хв.

Розрахуємо основний час:

$$T_o = (23 \cdot 1)/(3,75 \cdot 1,8) = 3,4 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час. Для деталі, встановленої в центрах, час на її встановлення та зняття становить $T_{д1} = 0,5$ хв. Допоміжний час, пов'язаний із нанесенням металополімеру, дорівнює $T_{д2} = 0,9$ хв на один прохід.

Загальний допоміжний час:

$$T_d = T_{д1} + T_{д2} = 0,5 + 0,9 = 1,4 \text{ хв.} \quad (2.5)$$

Оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d = 3,4 + 1,4 = 4,8 \text{ хв.} \quad (2.6)$$

Додатковий час на операцію визначаємо, як:

$$T_{дод} = (T_{оп} \cdot K) / 100 = (4,8 \cdot 15) / 100 = 0,72 \text{ хв.} \quad (2.7)$$

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де K – відсоткове відношення підготовчо-заключного часу до оперативного, при простій роботі – $K = 15\%$.

Підготовчо-заключний час складає $T_{пз} = 16$ хв.

Тоді норма часу на проведення операції:

$$T_n = (T_o + T_d + T_{дод} + T_{пз}) / n = (3,4 + 1,4 + 0,72 + 16) / 1 = 22,52 \text{ хв.} \quad (2.8)$$

де n – кількість деталей в партії.

010 Зварювальна

Заварити 8 шліцьових канавок 1 шліцьового кінця з перекриттям на зовнішню поверхню до $\varnothing 38$ мм на довжині 63 мм.

Основний час ручного дугового зварювання визначається за формулою:

$$T_o = G/V_n, \quad (2.9)$$

де G – вага наплавленого металу у г;

V_n – швидкість наплення, г/год.

Вагу наплавленого металу визначаємо з виразу:

$$G = L \cdot F \cdot \gamma, \quad (2.10)$$

де L – довжина шва у см;

F – площа повздовжнього перерізу шва, см^2 ;

γ – густина металу, г/см^3 .

Тоді:

$$G = 6,3 \cdot 0,19 \cdot 7,8 = 10 \text{ г.}$$

Так як шліців 8 то загальна вага складе 80 г. Швидкість наплення визначаємо з виразу:

$$V_n = \alpha \cdot I, \quad (2.11)$$

де α – коефіцієнт наплення, ($\alpha = 10$ г/год.);

I – сила струму, А ($I = 160$ А).

$$V_n = 10 \cdot 160 = 1600 \text{ г/год.}$$

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Основний час для зварювальної операції залежить від розташування шва та ряду інших факторів. Тому для його визначення застосовується наступна формула:

$$T_o = (G \cdot 60 \cdot A \cdot m) / (\alpha \cdot I), \quad (2.12)$$

де A – коефіцієнт, що враховує довжину шва, ($A = 1,4$);

m – коефіцієнт, що враховує положення шва в просторі, ($m=1$).

$$T_o = (80 \cdot 60 \cdot 1,4 \cdot 1) / (10 \cdot 160) = 4,2 \text{ хв.}$$

Допоміжний час, що пов'язаний зі зварюванням складає $T_{д1}=1,5$ хв. Допоміжний час, що пов'язаний з встановленням та знаттям деталі вагою до 15 кг дорівнює $T_{д2}=0,6$ хв.

Повний допоміжний час:

$$T_d = T_{д1} + T_{д2} = 1,5 + 0,6 = 2,1 \text{ хв.}$$

Знаходимо оперативний час:

$$T_{оп} = T_o + T_d = 4,2 + 2,1 = 6,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час:

$$T_{дод} = (6,3 \cdot 13) / 100 = 0,82 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час складає 2 % від оперативного:

$$T_{пз} = T_{оп} \cdot 2 / 100 = 6,3 \cdot 0,02 = 0,12 \text{ хв.} \quad (2.13)$$

Норма часу на операцію:

$$T_n = 4,2 + 2,1 + 0,83 + 0,12/1 = 7,25 \text{ хв.}$$

015 Токарна

Перехід 1. Точити поверхню 1.

Перехід 2. Точити поверхню 2.

Перехід 1. Точити поверхню 1 з $\varnothing 38$ мм до $\varnothing 36,01$ мм на довжині 63

Визначаємо припуск на токарну обробку, мм:

$$h = (D - d)/2 = (38 - 36,01) / 2 = 1 \text{ мм.}$$

Призначаємо глибину різання 1 мм, тобто знімаємо весь припуск за один прохід, тоді $i = 1$.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

По прийнятій глибині різання та діаметру заготовки, вибираємо повздовжню подачу $S = 0,3$ мм/об.

Швидкість різання вибираємо по прийнятій повздовжній подачі та глибині різання, вона становитиме $V = 75$ м/хв.

Збільшуємо швидкість різання, враховуючи поправочний коефіцієнт, що залежить від марки сталі $K_M = 1,7$.

$$V = V \cdot K_M = 75 \cdot 1,7 = 127,5 \text{ м/хв.} \quad (2.14)$$

Розраховуємо кількість обертів деталі за формулою:

$$n = 318 \cdot 127,5 / 38 = 1067 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближче паспортне значення частоти обертання верстата $n = 1000$ об/хв.

Розрахунок основного часу:

Визначаємо довжину поверхні, що обробляється з врахуванням врізання та перебігу різця:

$$L = l + y, \quad (2.15)$$

де l – довжина поверхні деталі, що обробляється;

y – величина врізання та перебігу, мм ($y = 3,5$).

$$L = 63 + 3,5 = 66,5 \text{ мм.}$$

Основний час розраховуємо по формулі:

$$T_o = (66,5 \cdot 1) / (1000 \cdot 0,3) = 0,22 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час. Допоміжний час на встановлення зняття деталі становить 0,33. При роботі на верстаті з висотою центрів 200 мм, допоміжний час, пов'язаний з проходом, складає $T_d = 0,5$ хв.

$$T_d = T_{d1} + T_{d2} = 0,33 + 0,5 = 0,83 \text{ хв.}$$

Перехід 2. Точити поверхню 2 з $\varnothing 42$ мм до $\varnothing 40,12$ мм на довжині 23 мм. Визначаємо припуск на токарну обробку:

$$h = (D - d) / 2 = (42 - 40,12) / 2 = 0,94 \text{ мм.}$$

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Призначаємо глибину різання 0,94 мм, тобто знімаємо весь припуск за один прохід, тоді $i = 1$.

По прийнятій глибині різання та діаметру заготовки, вибираємо повздовжню подачу $S = 0,3$ мм/об.

Швидкість різання вибираємо по прийнятій повздовжній подачі та глибині різання, вона становитиме $V = 75$ м/хв.

Збільшуємо швидкість різання, враховуючи поправочний коефіцієнт, що залежить від марки сталі $K_M = 1,7$.

$$V = V \cdot K_M = 75 \cdot 1,7 = 127,5 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо кількість обертів деталі за формулою:

$$n = 318 \cdot 127,5 / 42 = 965 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближче паспортне значення частоти обертання верстата $n = 800$ об/хв.

Розрахунок основного часу:

Визначаємо довжину поверхні, що обробляється з врахуванням врізання та перебігу різця:

$$L = 23 + 3,5 = 26,5 \text{ мм.}$$

Основний час розраховуємо по формулі:

$$T_o = (26,5 \cdot 1) / (800 \cdot 0,3) = 0,11 \text{ хв.}$$

Таким чином загальний основний час складе:

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} = 0,22 + 0,11 = 0,33 \text{ хв.} \quad (2.16)$$

Загальний допоміжний час:

$$T_d = T_{d1} + T_{d2} = 0,83 + 0,83 = 1,66 \text{ хв.} \quad (2.17)$$

Оперативний час:

$$T_{оп} = 0,33 + 1,66 = 1,99 \text{ хв.}$$

Додатковий час на операцію:

$$T_{дод} = 1,99 \cdot 8 / 100 = 0,16 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час складає $T_{пз} = 9$ хв.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Норма часу на операцію складає:

$$T_n = 0,33 + 1,66 + 0,16 + 9/1 = 11,15 \text{ хв.}$$

020 Шліфувальна

Перехід 1. Шліфувати поверхню 1.

Перехід 2. Шліфувати поверхню 2.

Перехід 1. Шліфувати поверхню 1 з $\varnothing 36,1$ мм до $\varnothing 36_{-0,025}$ мм на довжині 63 мм.

Для шліфування приймаємо поперечну подачу $S_{\text{поп}} = 0,01$ мм/об, повздовжня подача в долях ширини круга $\beta = 0,2$ та швидкість різання $V = 20$ м/хв.

Приймаємо ширину шліфувального круга $b = 20$ мм.

Визначаємо повздовжню подачу за виразом:

$$S_n = \beta \cdot b = 0,2 \cdot 20 = 4 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо припуск на обробку:

$$h = (D - d)/2 = (36,1 - 36) / 2 = 0,05 \text{ мм.}$$

Розраховуємо кількість проходів від прийнятої глибини шліфування:

$$I = 0,05/0,05 = 1.$$

Приймаємо 1 прохід.

Визначаємо частоту обертання за формулою:

$$n = 318 \cdot 20 / 36,01 = 176,6 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо значення обертів з паспортних даних верстата $n = 176 \text{ хв}^{-1}$ так як у верстата безступінчасте регулювання обертів.

Розраховуємо основний час без виходу кола за формулою:

$$T_o = (L \cdot i \cdot k_3) / (n \cdot s) \quad (2.19)$$

де k_3 – коефіцієнт зачисних ходів ($k_3 = 1,2..1,7$).

$$T_o = ((63+3) \cdot 1,2 \cdot 1) / (176 \cdot 4) = 0,11 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на встановлення та зняття деталі складає $T_{д1} = 0,5$ хв, а допоміжний час пов'язаний з проходом $T_{д2} = 1$ хв. (на першій поверхні однієї деталі). Таким чином допоміжний час складе:

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$T_d = 0,5 + 1 = 1,5 \text{ хв.}$$

Перехід 2. Шліфувати поверхню 2 з $\varnothing 40,12$ мм до $\varnothing 40^{+0,020}_{+0,003}$ мм на довжині 23 мм.

Для шліфування даної поверхні приймаємо поперечну подачу $S_{\text{поп}} = 0,06$ мм/об, повздовжня подача в долях ширини круга $\beta = 0,2$ та швидкість різання $V = 20$ м/хв.

Приймаємо ширину шліфувального круга $b = 20$ мм.

Визначаємо повздовжню подачу за виразом:

$$S_{\text{п}} = \beta \cdot b = 0,2 \cdot 20 = 4 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо припуск на обробку:

$$h = (D - d)/2 = (40,12 - 40,002) / 2 = 0,06 \text{ мм.}$$

Розраховуємо кількість проходів від прийнятої глибини шліфування:

$$I = 0,06/0,06 = 1.$$

Приймаємо 1 прохід.

Визначаємо частоту обертання за формулою:

$$n = 318 \cdot 20 / 40,12 = 159 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо значення обертів з паспортних даних верстата $n = 159 \text{ хв}^{-1}$ так як у верстата безступінчасте регулювання обертів.

Розраховуємо основний час без виходу кола за формулою:

$$T_o = ((23+3) \cdot 1,2 \cdot 1) / (159 \cdot 4) = 0,05 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на встановлення та зняття деталі складає $T_{d1} = 0,5$ хв, а допоміжний час пов'язаний з проходом $T_{d2} = 0,55$ хв. (на наступних поверхнях однієї деталі). Таким чином допоміжний час складе:

$$T_d = 0,5 + 0,55 = 1,05 \text{ хв.}$$

Основний час на операцію складе:

$$T_o = 0,11 + 0,05 = 0,16 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію складе

$$T_d = 1,5 + 1,05 = 2,55 \text{ хв.}$$

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Оперативний час:

$$T_{оп} = 0,16 + 2,55 = 2,71 \text{ хв.}$$

Доля додаткового часу від оперативного при шліфуванні складає 9%.

$$T_{дод} = 2,71 \cdot 9/100 = 0,24 \text{ хв.}$$

При обробці деталі в центрах підготовчо-заклучний час буде дорівнювати $T_{пз} = 7 \text{ хв.}$

Норма часу на операцію складає:

$$T_n = 0,16 + 2,55 + 0,24 + 7/1 = 9,95 \text{ хв.}$$

025 Фрезерна

Фрезерувати 8 шліців розміром $6_{-0,120}^{-0,045}$ мм на довжину 63 мм.

Глибину різання встановлюємо $t = 6$ мм. Таким чином число проходів буде рівним $i = 1$. Вибираємо черв'ячну фрезу діаметром 112 мм з 9 зубцями.

Подача при обробці паза з кінцевою фрезою буде становити $s = 1$ мм/об.

Швидкість різання складає $V_p = 39$ м/хв і число обертів фрези $n = 114 \text{ хв}^{-1}$.

Введемо поправні коефіцієнти на зміну умов різання:

$$K_m = 1,2 \text{ при обробці сталі з межею міцності } \sigma_B = 57 \text{ кгс/мм}^2;$$

$$K_x = 0,7 \text{ так як поверхня, що наплавляється має шлакові включення.}$$

Тоді частота обертання становитиме:

$$n = 114 \cdot 1,2 \cdot 0,7 = 95,8 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо найближче за паспортними даними верстата число обертів фрези, воно становитиме $n = 100$ об/хв.

Швидкість різання не корегується, так як в формулу розрахунку основного часу входить тільки кількість обертів.

Розраховуємо основний час:

$$T_o = ((63+3) \cdot 1)/(100 \cdot 1) = 0,66 \text{ хв.}$$

Вибираємо величину допоміжного часу на встановлення та зняття деталі в тиски з вивіренням середньої важкості $T_{д1} = 0,6$ хв. Допоміжний час, що пов'язаний з проходом складає $T_{д2} = 1$ хв.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Повний допоміжний час складає:

$$T_d = T_{d1} + T_{d2} = 0,6 + 1 = 1,6 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = 0,66 + 1,6 = 2,26 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час:

$$T_{дод} = 2,26 \cdot 7/100 = 0,16 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час складає $T_{пз}=28$ хв.

Визначаємо норму часу враховуючи те, що кількість деталей одна.

$$T_n = 0,66 + 1,6 + 0,16 + 28 = 30,42 \text{ хв.}$$

030 Контрольна

Контроль розмірів поверхонь (деф.1, 2) деталі.

Таким чином загальна норма часу на відновлення деталі складе:

$$\begin{aligned} T_{нз} &= T_{н1} + T_{н2} + T_{н3} + T_{н4} = \\ &= 22,52 + 7,25 + 11,15 + 9,95 + 30,42 = 81,29 \text{ хв.} \end{aligned} \quad (2.20)$$

На основі проведених розрахунків складаються маршрутна технологічна карта та операційна карта наплавлення. Порівняльна оцінка ефективності представлена в таблиці 2.3.

Таблиця 2.5 – Порівняльна оцінка ефективності технологічного процесу

№	Операція	Позначення	Норма часу, хв	
			Базова	Впроваджена
1	Нанесення металополімеру	005	–	22,25
2	Наплавлення	005	32,2	–
3	Зварювальна	010	7,25	7,25
4	Токарна	015	11,15	11,15
5	Шліфувальна	020	9,95	9,95
6	Фрезерна	025	30,42	30,42
Всього			90,97	81,29

Отриманні дані свідчать, що запропонована технологія на 11 % менш витратна.

Загальні висновки по розділу

У цьому розділі було розроблено технологічний процес нанесення металополімеру на відновлювану поверхню, а також процес відновлення первинного валу КПП. Часова норма на відновлення деталі склала 81,29 хв при використанні металополімерного покриття для посадкових поверхонь. У запропонованому процесі замість наплавлення було застосовано металополімерне покриття, що суттєво скоротило час відновлення, оскільки операція нанесення металополімеру триває 22,25 хв. Таким чином, норма часу на відновлення валу становить 81,29 хв, що на 11% менше порівняно з базовою технологією.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ОТРИМАНІ РЕЗУЛЬТАТИ

3.1. Загальна методика досліджень

Об'єктами дослідження були:

- плівки та покриття з металополімеру Ф-40С, аналог епоксидного композиту Weicon A;
- втулки з металополімерним покриттям Ф-40С;
- підшипники з покриттям із металополімеру Ф-40С;
- підшипникові вузли з посадковими місцями, відновленими металополімером Ф-40С.

Металополімер Ф-40С являє собою розчин каучукової композиції та модифікованої фенольної смоли в органічному розчиннику. Лак Ф-40С постачається у вигляді розчину в пластикових ємкостях різного об'єму.

Склад лаку Ф-40С включає:

- смолу ФКУ (феноло-формальдегідна смола на основі заміщеного фенолу з вінілоацетиленовою структурою) – 8 мас.%;
- синтетичний бутадієн-нітрильний каучук марки СКН-40С – 12 мас.%;
- технічний ацетон, ДСТУ 2768:2005 – 80 мас.%.

Лак Ф-40С – це прозора рідина коричневого кольору без механічних домішок, яка характеризується такими показниками:

- масова частка сухого залишку – 20%;
- міцність зв'язку зі сталлю при зсуві за температури 20°C не менше 5,0 МПа.

Перед відновленням зазори в нерухомих з'єднаннях підшипників досягали шляхом механічної обробки отвору під підшипник. Відхилення циліндричності посадкових поверхонь не перевищували 0,008 мм.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Вимірювання внутрішніх діаметрів зразків та розмірів підшипникових кілець проводили індикаторними нутромірами з індикаторною головкою з ціною поділки 0,001 мм.

У ході експериментальних досліджень використовували сучасне вимірювальне та дослідне обладнання, прилади промислового виробництва, а також спеціальні стенди та пристосування оригінальної конструкції. Дослідження здійснювалися в лабораторії кафедри ТАМ ХНУ.

3.2. Технологія відновлення деталей металополімером Weicon A

Відновленню підлягає вал із зношеними посадковими поверхнями для підшипника.

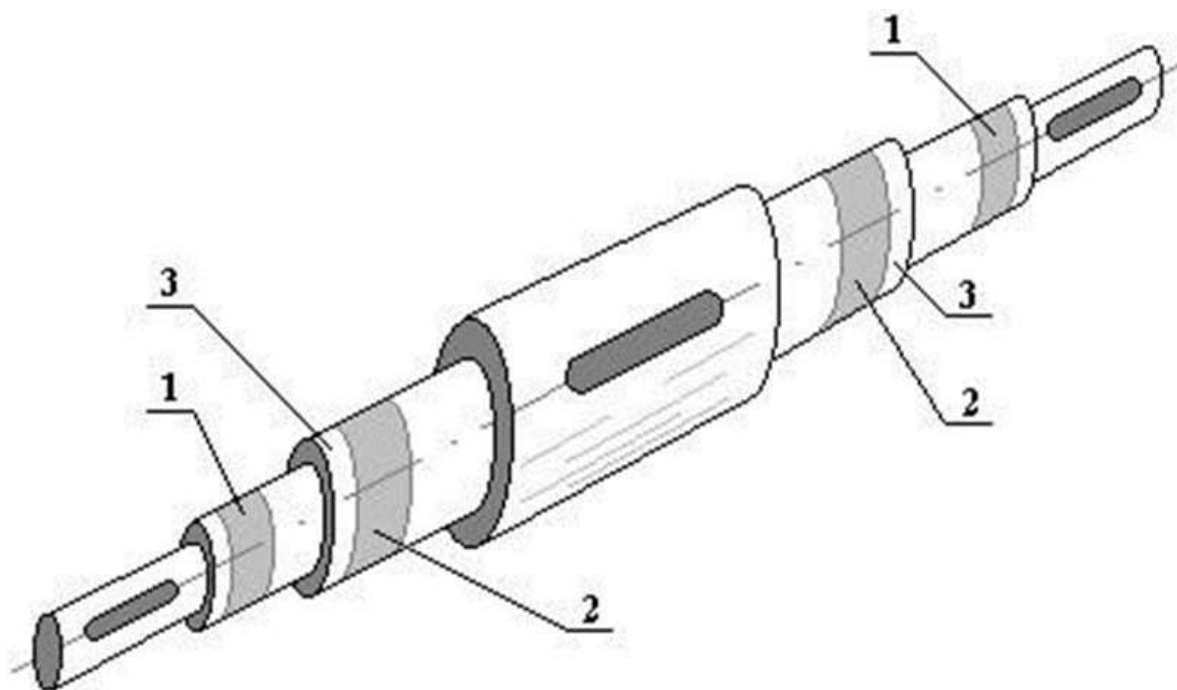


Рисунок 3.1 – Вал, що відновлюють: 1 – зношені посадкові місця, 2 – ділянка з різьбою, 3 – незахищені місця.

1. Підготовка поверхні: очищення від пилу, бруду, масла. Якщо поверхня гладка, то для кращої адгезії необхідно додати їй шорсткість за допомогою наждакових матеріалів.

2. Проточка поверхні до певного діаметру рис. 3.2.

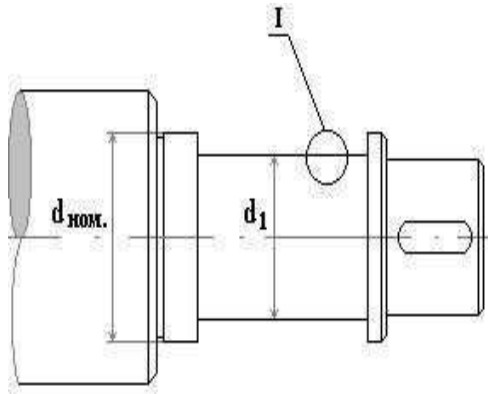


Рисунок 3.2 – Проточування вала.

Зношену поверхню проточують до діаметра:

$$d_1 = d_{ном} + (1,5...2,0) \text{ мм}, \quad (3.1)$$

На ширину:

$$l_1 = l + (10...15) \text{ мм}, \quad (3.2)$$

Проточка канавок на рис. 3.3:

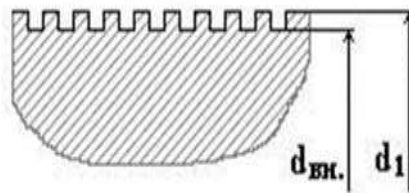


Рисунок 3.3 – Проточка канавок (рвана різьба).

$$d_2 = d_1 + (1,0...1,5) \text{ мм}. \quad (3.3)$$

Нанесення полімеру на рис. 3.4:



Рисунок 3.4 – Схема нанесення металополімеру шпателем.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MPTAM24.23611.000 ПЗ

Арк.

49

Після нанесення металополімеру та його висихання необхідно провести проточку.

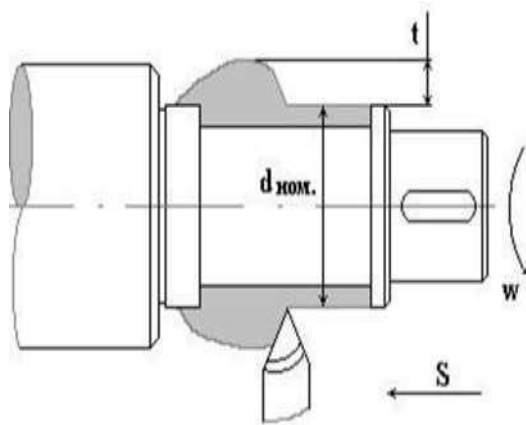


Рисунок 3.5 – Проточування металополімеру.

Рекомендовані режими при механічній обробці:

- швидкість різання $V_p = 60 \dots 120$ м/хв;
- глибина різання t , не більше $0,5 \dots 1,0$ мм;
- подача S , не більше $0,1 \dots 0,2$ мм/об.



Рисунок 3.6 – Вал з нанесеним та проточеним металополімером.

Після проточування на вал наноситься фіксатор для підшипника і встановлюється підшипник рис. 3.7.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MPTAM24.23611.000 ПЗ

Арк.

50

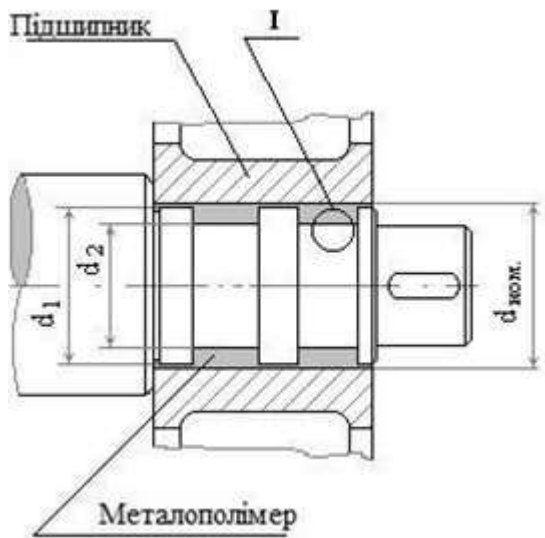


Рисунок 3.7 – Встановлення підшипника.

Після фіксації підшипника були проведені випробування на навантаження зриву підшипника рис. 3.8.



Рисунок 3.8 – Випробування підшипника на зрив з посадкового місця.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MPTAM24.23611.000 ПЗ

Арк.

51

Результати випробування на зрив підшипника наведено в таблиці 3.1. та на рис. 3.9, 3.10.

Таблиця 3.1 – Результати випробування підшипника на зрив

Матеріал	В'язкість МПа	Міцність на зрив різьби M10 (Н.м.)	Зазор/ діам.(мм)	Момент зриву (тонн)	Момент зриву (кг/см ²)	Рекомен- довані зазори (мм)
Weicon A	2500	>31	0,07/35	8,1	369	0,04-0,07

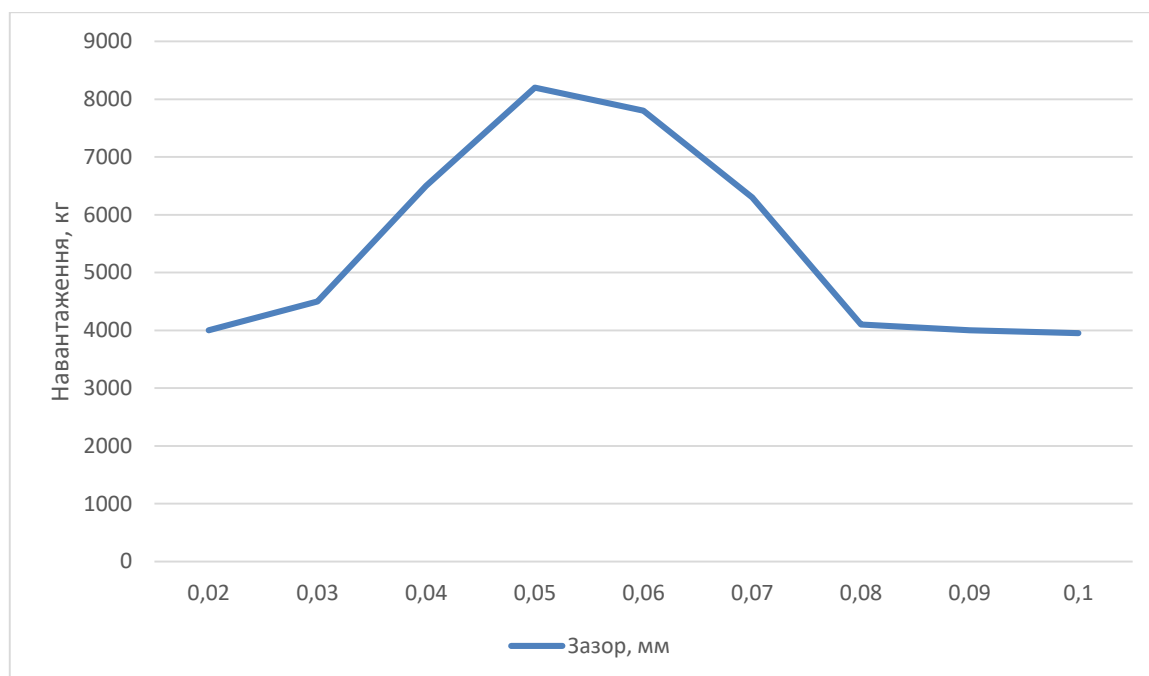


Рисунок 3.9 – Результати випробувань на зрив підшипника 308.

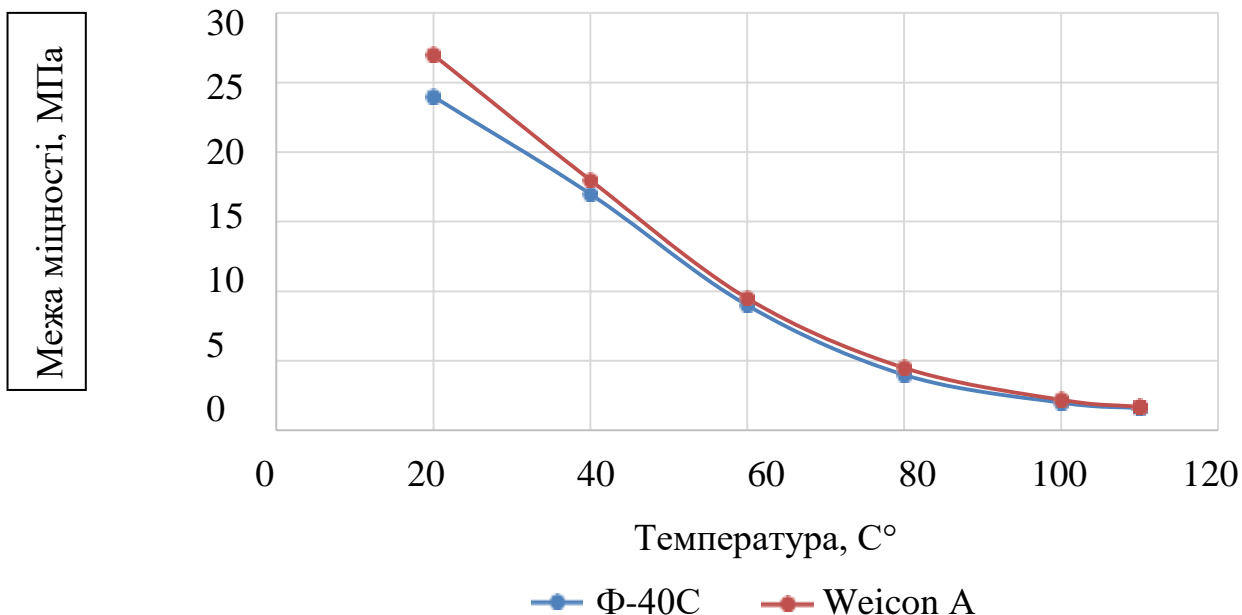


Рисунок 3.10 – Зміна межи міцності на зсув металополімерної композиції Ф-40С та Weicon A.

Як показано на рисунках, оптимальний зазор у з'єднанні вал – підшипник становить 0,04...0,07 мм, оскільки саме при цьому зазорі досягається найбільш повний контакт. Дослідження також показали, що відновлення посадок можливе для деталей, які працюють за умов невисоких температур.

3.3. Результати стендових випробувань і їх аналіз

Для підтвердження теоретичних розрахунків необхідно провести практичні дослідження, щоб встановити залежності між частотою обертання вала n хв⁻¹, натягом у з'єднанні N (мкм) і шорсткістю поверхні вала Ra (мкм) для радіальних шарикопідшипників, а також між частотою обертання вала n хв⁻¹, натягом N і кутом додатка комбінованого навантаження a (°) для радіально-упорних роликот підшипників за критерієм початку провертання.

Випробування радіальних шарикопідшипників

Завдання вирішувалося при радіальному навантаженні в діапазоні $Fr = 20... 22100$ Н, шорсткості поверхні вала $Ra = X1 = 0,2...3,2$ мкм, натягу в з'єднанні $N = X2 = 0...20$ мкм і частоті обертання вала $n = X3 = 10 ... 1000$ хв⁻¹.

Проведені дослідження показали, що момент початку повертання внутрішнього кільця на валу залежить від ряду факторів. Тому, для отримання математичної моделі методу та визначення уточнених режимів роботи з'єднання «внутрішнє кільце – вал» з посадками, розрахованими за розробленою методикою, був проведений повний факторний експеримент 3^3 .

Матриця планування та результати експерименту з триразовою повторністю наведені в табл. 3.2. Обробку результатів здійснювали за допомогою комп'ютера.

Таблиця 3.2 – Матриця планування й результати експерименту ПФЕ 3^3

Номер досліджу	Рівень факторів			Вихідні параметри-Радіальне зусилля Fr, Н			Середнє значення	Дисперсія середнього значення S ² Fr, Н	Розрахунков езначення вихідних параметрів Fr, Н
	X1	X2	X3	Fr1	Fr2	Fr3			
1	-1	-1	-1	100	80	50	76,6	173,5	74,31
2	-1	-1	0	70	60	90	73,3	62,5	75,49
3	-1	-1	+1	90	50	80	73,3	110,9	71,1
4	-1	0	-1	9300	9600	9400	9433,3	6250	9527,6
5	-1	0	0	9000	8800	8600	8766,6	11106,65	8854,3
6	-1	0	+1	7800	7700	7900	7800	2778,89	7878
7	-1	+1	-1	22100	22300	21900	22100	11115,56	22210,5
8	-1	+1	0	21200	20800	20500	20966,6	34028,55	21071,4
9	-1	+1	+1	19300	19700	19400	19466,6	12851,56	19563,9
10	0	-1	-1	50	90	40	60	173,9	63
11	0	-1	0	30	60	80	56,6	173,5	54,9
12	0	-1	+1	70	50	60	60	27,9	57
13	0	0	-1	8100	8400	8200	8233,3	6250	8316,6
14	0	0	0	7800	7700	7900	7866,6	2777,88	7945,3
15	0	0	+1	6600	7100	6900	7066,6	17360,55	6995,9
16	0	+1	-1	19400	19100	19200	19233,3	6250	19329,5
17	0	+1	0	18100	18500	18400	18366,6	11108,89	18458,4
18	0	+1	+1	17600	17200	17100	17366,6	17361,38	17453,4
19	+1	-1	-1	30	60	40	43,3	62,5	44,6
20	+1	-1	0	20	50	30	33,3	62,5	32,3
21	+1	-1	+1	40	40	70	50	62,5	51,5
22	+1	0	-1	7100	7700	7900	7566,6	44443,55	7642,3
23	+1	0	0	6900	7100	7200	7066,6	6250	7137,3
24	+1	0	+1	6400	6100	6500	6333,3	11110,88	6396,6
25	+1	+1	-1	16900	16700	17000	16866,6	6250	16951
26	+1	+1	0	16200	16000	16400	16233,3	11111,55	16314,5
27	+1	+1	+1	15300	15600	15100	15266,6	17361,38	15343

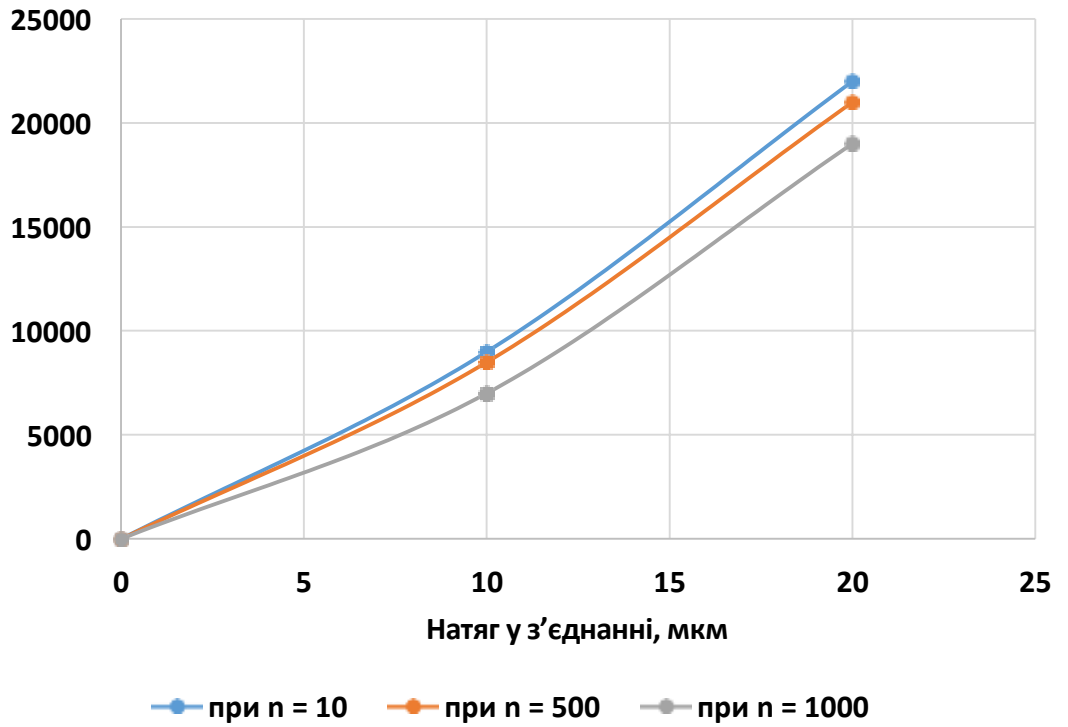
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МРТАМ24.23611.000 ПЗ

Арк.

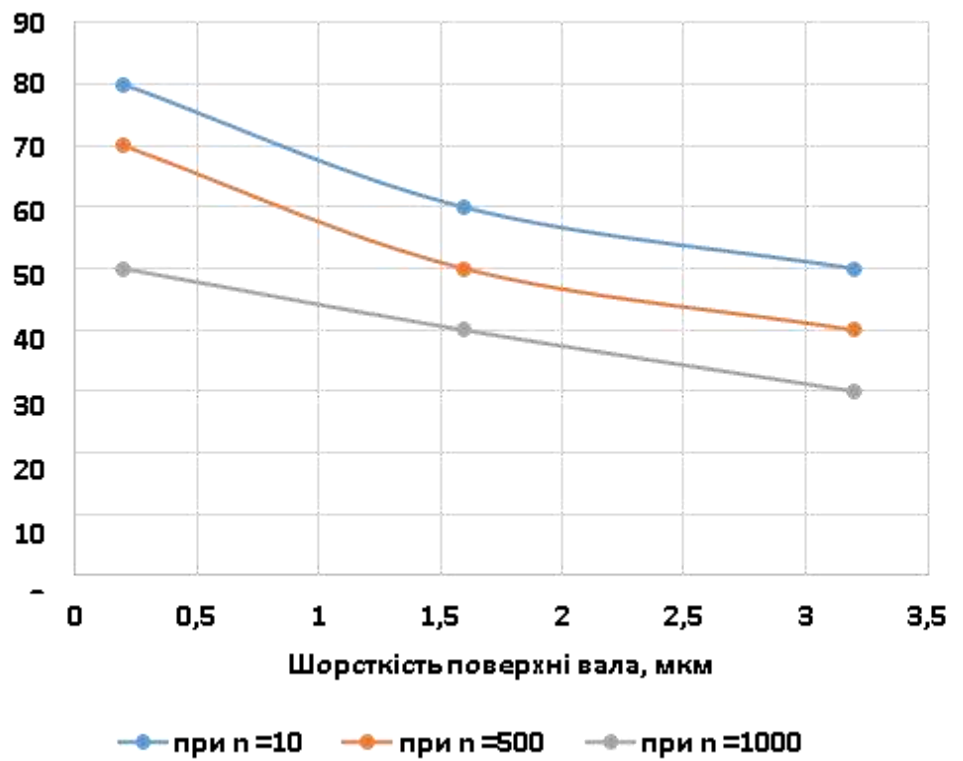
54

Навантаження початку повертання, Н



а

Навантаження початку повертання, Н



б

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MPTAM24.23611.000 ПЗ

Арк.

56

Навантаження початку провертання, Н

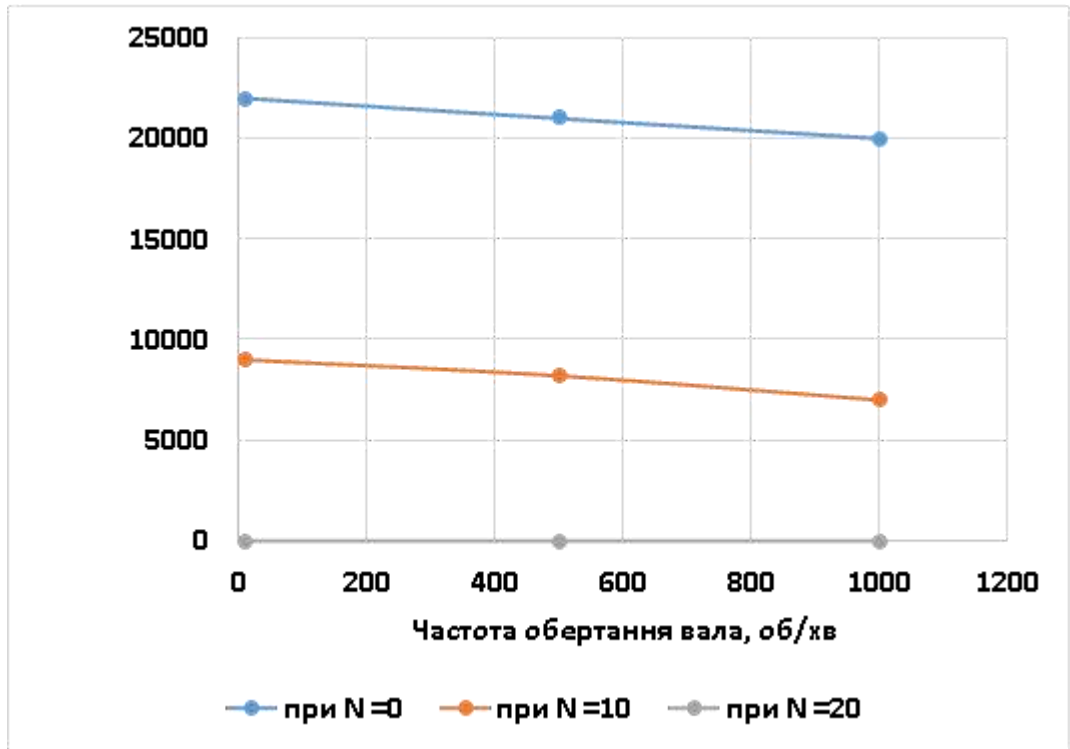


Рисунок 3.11 – Залежність навантаження початку провертання від а) – натягу у з'єднанні, б) – шорсткості, в) – частоти обертання.

Однорідність дисперсій визначалася за критерієм Кохрена (G_p).

$$G_p = 44443,55/171050,42 = 0,2598 \quad (3.6)$$

Табличне значення критерію Кохрена (G_p) при кількості дослідів $N = 27$, повторності кожного дослідів $m = 3$ (ступені свободи $m - 1 = 2$) та рівні значимості $\alpha = 0,05$ становить 0,516, що перевищує експериментальне значення. Таким чином, гіпотеза однорідності дисперсій приймається.

Перевірку адекватності моделі здійснюємо за допомогою коефіцієнта детермінації. Для цього обчислюємо середнє значення функції відгуку.

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N y_g = \frac{234643,7}{27} = 8690,5074 \quad (3.7)$$

Знаходимо коефіцієнт детермінації:

$$R^2 = 1 - \frac{69394,284 + 171050,42}{3591154,445 + 17105,42} = 0,936 \quad (3.8)$$

Табличне значення коефіцієнта детермінації $R^2_{табл.} = 0,75$,

а $R^2_{раб.} = 0,936 > R^2_{табл.} = 0,75$. Отже, модель робоча.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Загальні висновки по розділу

Аналіз моделі показує, що найзначнішим фактором, який вимагає суттєвого збільшення навантаження для початку повертання F_2 , є натяг у з'єднанні $N = X_2$. Частота обертання $n = X_3$ має невеликий зворотний вплив, тобто зі збільшенням частоти повертання кільця підшипника кочення починається при меншому навантаженні F_2 . Шорсткість поверхні вала $Ra = X_1$ практично не впливає на початок повертання, хоча зі зростанням шорсткості повертання починається при меншому навантаженні, що свідчить про ефект «внутрішнього зачеплення» шорсткостей вала і кільця, а також про підвищення нерівномірності розподілу тисків при збільшенні шорсткості.

В цілому, вплив коефіцієнта при X_3 майже в 100 разів менший, ніж при X_2 , тому шорсткість поверхні можна не враховувати в подальших дослідженнях (це справедливо лише для дослідженого діапазону).

Статистична обробка результатів експерименту проводилася з використанням комп'ютерного пакета MathCAD, що дозволяє вирішувати різні математичні завдання та оформлювати результати розрахунків на високому рівні.

На основі теорії планування і проведення багатофакторного експерименту отримані емпіричні вирази, які встановлюють взаємозв'язок між натягом, частотою обертання і шорсткістю поверхні з моментом початку повертання кілець радіальних шарикопідшипників, а також між натягом, частотою обертання і кутом додатка навантаження з моментом початку повертання кілець радіально-упорних роликотопідшипників на валу та в корпусі. Підвищення довговічності підшипника кочення загалом залежить також від величини початкового радіального зазору, що не враховується в існуючих методиках розрахунку посадок.

За даними тривалих стендових випробувань встановлено, що інтенсивність зношування експериментальних з'єднань у 1,5 рази менша, ніж серійних.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дослідження показали, що найбільш раціональним способом відновлення досліджуваних з'єднань є нанесення металополімеру, яке в поєднанні із застосуванням вищезазначених посадок дозволяє збільшити ресурс з'єднань майже в 4 рази.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА

4.1. Дослідження стану з охорони праці

Розвиток ремонтної бази господарства передбачає впровадження сучасних технологій та засобів безпеки. При цьому значно зростає роль керівників і провідних фахівців, які несуть відповідальність за впровадження заходів із профілактики виробничого травматизму, поліпшення умов праці та дотримання правил безпеки під час ремонтних робіт.

Дотримання правил охорони праці та виробничої санітарії є обов'язковим як для працівників, так і для адміністрації.

На підприємстві відповідальність за охорону праці несе керівник, який діє на основі законодавчих і нормативних документів, наказів та розпоряджень вищих органів, типових правил пожежної безпеки тощо.

Безпосереднє впровадження заходів із безпеки праці покладається на головного інженера. Він разом із профспілковими та економічними підрозділами розробляє поточні та перспективні плани з покращення умов праці, усунення причин травматизму та професійних захворювань, а також здійснює контроль за їх реалізацією.

Головний інженер виконує роботу з охорони праці згідно з планами, затвердженими керівником підприємства, відповідно до законодавства. Він також координує діяльність усіх структурних підрозділів у сфері створення безпечних і здорових умов праці.

Спеціаліст з охорони праці виконує подібні до керівника обов'язки, але його функції є більш деталізованими. Він організовує заходи з охорони праці, веде відповідну документацію та координує дії головних фахівців у цій сфері. Головні спеціалісти, у свою чергу, відповідають за стан охорони праці у своїх галузях, дотримуючись розпоряджень керівництва.

Згідно з положенням про організацію охорони праці, відповідальність за її стан несе керівник підприємства, в галузях – головні спеціалісти, на дільницях – керівники підрозділів.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стан охорони праці в господарстві має підтримуватись на належному рівні. Ведення облікової документації щодо інструктажів здійснюється належним чином. Періодично для керівників виробничих підрозділів проводяться навчання, інформація з яких передається працівникам. Робітники щорічно проходять медичний огляд.

Водночас існують недоліки: працівники недостатньо забезпечені спеодягом, а виданий одяг швидко зношується через низьку якість матеріалів. Захисні засоби при роботі з гербіцидами та отрутохімікатами не завжди відповідають необхідним вимогам. Обладнання є застарілим і потребує капітального ремонту, а інструменти не завжди відповідають сучасним стандартам.

Мають місце випадки вживання алкоголю на робочих місцях, які суворо караються, аж до звільнення.

Перелічені недоліки поступово усуваються відповідно до плану, розробленого керівництвом господарства. Незважаючи на виділення значних коштів на поліпшення охорони праці, ці інвестиції зазвичай мають сезонний характер.

4.2. Дослідження виробничого травматизму

За останні п'ять років в Україні спостерігається тенденція до зниження рівня виробничого травматизму. Згідно з даними Державної служби статистики України, кількість потерпілих від нещасних випадків на виробництві поступово зменшується.

У 2017 році було зареєстровано 4 965 потерпілих від нещасних випадків на виробництві, з яких 332 випадки мали смертельні наслідки. Порівняно з 2016 роком, кількість нещасних випадків збільшилася на 4,2% (з 4 766 до 4 965), але кількість смертельно травмованих осіб зменшилася на 8,8% (з 364 до 332).

У 2021 році кількість нещасних випадків зі смертельними наслідками в Україні зменшилася порівняно з попередніми роками. Це свідчить про ефективність заходів, спрямованих на підвищення безпеки на робочих місцях.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Розрахунок показників виробничого травматизму:

- Коефіцієнт частоти травматизму (Кч):

$$K_{\text{ч}} = \frac{N}{L} \times 1000, \quad (4.1)$$

де N – кількість травмованих працівників за рік;

L – середньооблікова чисельність працівників.

- Коефіцієнт тяжкості травматизму (Кт):

$$K_{\text{ч}} = \frac{Д}{N}, \quad (4.2)$$

де $Д$ – загальна кількість днів непрацездатності;

N – кількість травмованих.

- Загальний показник травматизму (Кз):

$$K_{\text{з}} = K_{\text{ч}} \times K_{\text{т}} \quad (4.3)$$

Порівняння отриманих показників із показниками попередніх років, інших підприємств чи галузевими нормативами.

Визначення основних причин та розробка заходів для зниження рівня травматизму.

Для оцінки рівня травматизму на підприємстві проводиться систематичний аналіз на основі наступної методики:

Розслідування нещасних випадків:

- Оцінка обставин, які призвели до травмування.
- Визначення безпосередніх та опосередкованих причин.

Оцінка виробничого середовища та організації праці:

- Аналіз технічного стану обладнання.
- Дотримання правил охорони праці.
- Наявність інструктажів, навчання працівників.

3. Використання статистичних даних:

- Порівняння з аналогічними показниками за попередні періоди.
- Виявлення тенденцій зростання чи зниження травматизму.

Інтерпретація результатів та планування заходів:

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

- Розробка профілактичних заходів.
- Визначення необхідності модернізації обладнання.
- Планування навчань та тренувань з охорони праці.

Основні причини виробничого травматизму:

1. Організаційні причини:

- Недостатній контроль за виконанням правил безпеки.
- Відсутність інструктажів або навчання.

2. Технічні причини:

- Застаріле або несправне обладнання.
- Невідповідність робочих місць технічним стандартам.

3. Психофізіологічні причини:

- Перевтома або стрес.
- Недостатня кваліфікація працівників.

Заходи для зниження рівня виробничого травматизму

1. Покращення організації охорони праці:

- Проведення регулярних інструктажів та навчань.
- Впровадження системи мотивації за дотримання правил безпеки.

2. Технічні заходи:

- Модернізація обладнання.
- Встановлення захисних пристроїв і систем сигналізації.

3. Контроль і моніторинг:

- Регулярний аудит стану охорони праці.
- Впровадження автоматизованих систем моніторингу небезпечних умов.

Аналіз і оцінка виробничого травматизму є важливими інструментами для забезпечення безпечних умов праці. Комплексний підхід до розслідування нещасних випадків, використання статистичних методів і розробка превентивних заходів дозволяють знижувати рівень травматизму, що позитивно впливає на ефективність роботи підприємства та добробут працівників.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3. Вимоги з охорони праці для слюсаря механоскладальних робіт

Загальні положення

Слюсар механоскладальних робіт (далі – слюсар) повинен пройти первинний інструктаж перед початком роботи, а повторний – кожні 6 місяців. Результати інструктажів заносяться до «Журналу реєстрації інструктажів з питань охорони праці», який підписують інструктор та слюсар.

Власник підприємства зобов'язаний застрахувати слюсаря від нещасних випадків і професійних захворювань. У разі травмування чи погіршення здоров'я з вини власника слюсар має право на відшкодування завданої шкоди.

За порушення даної інструкції слюсар може нести дисциплінарну, матеріальну, адміністративну або кримінальну відповідальність.

До роботи допускаються особи віком від 18 років, які мають відповідне посвідчення, пройшли медичний огляд, вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж на робочому місці та інструктаж з пожежної безпеки.

Обов'язки слюсаря:

- Дотримуватись правил внутрішнього трудового розпорядку.
- Уважно стежити за рухом транспорту.
- Пересуватися лише тротуарами, доріжками та переходами, тримаючись правого боку.
- Не торкатися електрообладнання, клем, електродротів, арматури загального освітлення та не відкривати електрощити.
- Не вмикати та не зупиняти (крім аварійних ситуацій) машини, верстати та механізми, робота на яких йому не доручена.
- Не проходити та не перебувати під піднятим вантажем.
- Виконувати лише ту роботу, яка доручена керівником та щодо якої він пройшов інструктаж.
- Не допускати сторонніх осіб на своє робоче місце.
- Підтримувати робоче місце у чистоті, не захаращувати його.
- Не виконувати вказівки, які суперечать правилам охорони праці.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Вміти надавати першу медичну допомогу постраждалим у разі нещасного випадку.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Отримати завдання від керівника робіт. Привести в порядок спецодяг, застебнути або зав'язати рукава, заправити одяг так, щоб його кінці не розвівались. Ретельно оглянути робоче місце, прибрати все, що може заважати роботі. Переконатися, що робоче місце добре освітлене, а світло не засліплює очі. Інструменти та деталі розташувати зручно і безпечно. Упевнитися у справності робочого інструменту, пристосувань, обладнання та засобів індивідуального захисту, що вони відповідають вимогам охорони праці. Під час роботи з електро- і пневмоінструментом та на верстатах необхідно пройти інструктаж з безпечної роботи з ними. Під час роботи з пневмоінструментом перевірити, щоб ключі-насадки були надійно закріплені штифтами та кільцями, не допускається їх кріплення шплінтами або дротом. Балансир противаги повинен бути закріплений страхувальним тросом до візка монорейкового шляху і утримувати підвішений електро- або пневмогайковерт у крайньому верхньому положенні, опускаючись при легкому натисканні руками. Перевірити справність вимикачів гідравлічних скоб, проводів і шлангів, ручок-скоб, кріплення скоб на підвісних пристроях, надійність шплінтування шарнірних пальців.

Вимоги безпеки під час виконання роботи

Роботи слід виконувати відповідно до технологічної карти. Під час роботи з переносним електроінструментом, таким як дріль, гайковерт або шліфувальна машина, необхідно дотримуватись інструкцій з їх експлуатації.

При роботі з пневматичним інструментом слід:

- Працювати тільки справним інструментом.
- Відрегулювати клапани так, щоб вони легко відкривалися і швидко закривалися при припиненні натиску на руків'я.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повісити його у спеціально відведене місце. Вимити руки і обличчя теплою водою з милом, за можливості прийняти душ. Забороняється мити руки мастилом, бензином або гасом, а також витирати їх забрудненим ганчір'ям, ошурками чи тирсою. Повідомити керівника про всі недоліки, які були виявлені під час роботи.

Вимоги безпеки в аварійній ситуації

Причини, які можуть спричинити аварійну ситуацію: ураження електричним струмом, падіння з висоти підвішених агрегатів, несправність інструменту або обладнання, викид металевих осколків, наявність шкідливих речовин у робочій зоні тощо. У разі виникнення небезпечної ситуації, яка може призвести до аварії або нещасного випадку, необхідно негайно припинити роботу, відключити живлення електро- і пневмоінструментів, огородити небезпечну зону та не допускати туди сторонніх осіб. Про подію слід повідомити керівника робіт.

Якщо є постраждалі, необхідно надати їм першу медичну допомогу та, за потреби, викликати швидку допомогу.

Надання першої медичної допомоги: при ураженні електричним струмом.

Слід негайно відключити електроустановку від джерела живлення або відтягнути потерпілого від струмоведучих частин, використовуючи ізоляційний матеріал.

У разі відсутності дихання і пульсу необхідно провести штучне дихання і непрямий масаж серця, звертаючи увагу на стан зіниць. Розширені зіниці свідчать про різке погіршення кровообігу мозку, тому необхідно терміново розпочати реанімацію.

При пораненні слід накласти стерильну пов'язку з індивідуального пакета або чистої тканини, змоченої йодом. При кровотечі підняти поранену кінцівку вгору, закрити рану перев'язувальним матеріалом, при сильній кровотечі застосувати джгут або закрутку і негайно викликати лікаря.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі пожежі слід приступити до її гасіння за допомогою наявних засобів. Якщо ситуація виходить з-під контролю, викликати пожежну службу. Виконувати всі вказівки керівника робіт щодо ліквідації аварії.

4.4. Загальні рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці в господарстві

Організація охорони праці

- Розробка та впровадження інструкцій з охорони праці для всіх видів робіт.
- Регулярні інструктажі працівників: вступний, первинний на робочому місці, повторний, позаплановий та цільовий.
- Створення комісії з охорони праці для моніторингу та аналізу умов праці.
- Проведення регулярних перевірок стану робочих місць на відповідність вимогам безпеки.

Покращення умов праці

- Оптимізація робочих місць з урахуванням ергономічних вимог.
- Забезпечення достатнього освітлення робочих зон для зменшення втоми очей.
- Підтримання належного мікроклімату в приміщеннях (температура, вологість, вентиляція).
- Зменшення шумового навантаження на працівників через ізоляцію джерел шуму або використання шумозахисних засобів.

Забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ)

- Постачання працівників спецодягом, взуттям та іншими засобами захисту відповідно до умов роботи.
- Регулярна перевірка справності ЗІЗ і їх заміна у разі зношення.
- Надання захисних масок і рукавичок для роботи з хімічними речовинами.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модернізація обладнання

- Використання сучасного, безпечного обладнання з автоматичними системами контролю.
- Регулярне технічне обслуговування та ремонт техніки.
- Впровадження автоматизації виробничих процесів для зменшення впливу людського фактору.

Профілактика нещасних випадків і професійних захворювань

- Проведення медичних оглядів працівників перед прийомом на роботу і періодично під час трудової діяльності.
- Психофізіологічне тестування для визначення придатності працівників до виконання робіт в екстремальних умовах.
- Організація місць відпочинку для зниження стресу і втоми.

Навчання та підвищення кваліфікації

- Проведення тренінгів і семінарів з безпеки праці.
- Навчання працівників надання першої медичної допомоги.
- Ознайомлення з новими технологіями та методами роботи.

Пожежна безпека

- Забезпечення робочих зон вогнегасниками та іншими засобами пожежогасіння.
- Розробка та відпрацювання плану евакуації у разі пожежі.
- Регулярна перевірка справності пожежної сигналізації.

Мотивація працівників

- Впровадження системи заохочень за дотримання правил охорони праці.
- Створення позитивного клімату в колективі для підвищення відповідальності за власну безпеку.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

Виконання цих рекомендацій сприятиме зменшенню травматизму, покращенню умов праці та підвищенню ефективності виробничих процесів у господарстві.

4.5. Дії працівників у разі виникнення надзвичайної ситуації

У разі виникнення надзвичайної ситуації на підприємстві подається сигнал «Увага всім» за допомогою сирени або переривчастих гудків. Необхідно негайно увімкнути радіоприймач або телевізор для отримання інформації про характер ситуації та подальші дії.

При оголошенні небезпечного стану слід зберігати спокій і уникати паніки.

Вжити заходів для зменшення проникнення небезпечних речовин у приміщення: щільно закрити вікна та двері, заклеїти щілини. Підготувати запас питної води, набравши її в герметичні ємності, а також підготувати найпростіші засоби санітарної обробки, такі як мильний розчин для миття рук.

У разі необхідності використовувати укриття для захисту від ураження небезпечними речовинами. Отримати та правильно одягнути засоби індивідуального захисту, перевіривши їх справність.

Дотримуватись вказівок керівників підрозділу або співробітників ДСНС.

Загальний висновок по розділу

Реалізація заходів із забезпечення безпечних умов праці сприятиме запобіганню травмуванню працівників і покращенню умов їхньої роботи. Одним із впроваджених заходів є розробка проєкту системи освітлення, що дозволяє визначити необхідну кількість світильників і ламп для розміщення у виробничих зонах майстерні. Основною рекомендацією для працівників є суворе дотримання правил охорони праці.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

Проведемо техніко-економічний аналіз показників роботи майстерні після її реконструкції, яка передбачає організацію ділянки з відновлення корпусних деталей металополімерами. Реконструкція здійснюється на площі 512 м² шляхом добудови частини майстерні. Трудомісткість виконання робіт у відділенні становить 12 873 людино-години, що еквівалентно 43 умовним ремонтам.

Для модернізації майстерні передбачено придбання сучасного ремонтно-технологічного обладнання, а також розширення номенклатури виконуваних робіт. Це потребує додаткових площ, які планується отримати шляхом реконструкції складу запасних частин. Загальна вартість цих заходів становить 273 100,00 грн.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності наведені в таблиці 5.1.

Для проведення економічної оцінки проекту необхідно визначити такі показники, як вартість проведених ремонтів:

$$B_{пр} = Q \cdot C_{1ум.рем.}, \quad (5.1)$$

$$B_{пр}^б = 39 \cdot 14360 = 560040 \text{ грн.}$$

$$B_{пр}^{пр} = 42,9 \cdot 16400 = 703650 \text{ грн.}$$

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Таблиця 5.1 – Вихідні дані розрахунку техніко-економічних показників

Показники	Позначення показників	Значення показників	
		Базовий	Проектний
Обсяг ремонтних робіт, ум. рем.	Q	39	42,9
Вартість 1 ум. рем, грн.	$Ц_{1ум\ рем}$	14360	16400
Кількість основних робітників, осіб	$K_{пр}$	5	6
Середньомісячна заробітна плата робітника з нарахуванням, грн.	$ЗП_{ср}$	3520	4500
Вартість діючого обладнання (баланс), грн.	$B_{обл}$	123000	
Вартість придбаного обладнання, грн.	$B_{пр}$	–	167500
Вартість будівлі за балансом, грн.	$B_{буд}$	58750	–
Витрати на реконструкцію ремонтної майстерні та організацію дільниці, грн.	$B_{рек}$	–	105600
Річні витрати електроенергії, кВт/рік.	$Q_{ел}$	28650	36200
Ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн.	$Ц_{ел}$	7,28	7,28

Експлуатаційні витрати всього становлять:

$$EB = ЗП + A + B_{ел} + B_{рем} + IB, \quad (5.2)$$

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

A – амортизаційні відрахування, грн.;

$B_{ел}$ – вартість електроенергії, грн.;

$B_{рем}$ – витрати на поточний ремонт ($ІР$) та технічне обслуговування ($ТО$), грн.

Заробітна плата з нарахуванням визначається:

$$ЗП = 1,22 \cdot ЗП_{ср} \cdot K_{пр} \cdot 12, \quad (5.3)$$

де $1,22$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату;

$ЗП_{ср}$ – середньомісячна заробітна плата робітника, грн.;

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

K_{np} – кількість основних робітників, осіб;

12 – кількість місяців.

$$ЗП^б = 1,22 \cdot 3520 \cdot 5 \cdot 12 = 257664,00 \text{ грн.}$$

$$ЗП^{np} = 1,22 \cdot 4500,00 \cdot 6 \cdot 12 = 395280,00 \text{ грн.}$$

Загальні витрати на амортизацію будівлі та обладнання:

$$A = A_{обл.} + A_{б}, \quad (5.4)$$

де $A_{обл.}$ – витрати на амортизацію обладнання, грн.;

$A_{б}$ – витрати на амортизацію будівлі, грн.

Витрати на амортизацію обладнання:

$$A_{обл.} = B_{обл.} \cdot \lambda_{обл.} / 100 = 123000 \cdot 21,93 / 100 = 26973,90 \text{ грн.} \quad (5.5)$$

$$A^{np}_{обл.} = (B_{np} + B_{обл.}) \cdot \lambda_{обл.} / 100 = (167500 + 123000) \cdot 21,93 / 100 = 63706,65 \text{ грн.} \quad (5.6)$$

де $B_{обл.}$ – балансова вартість обладнання, грн.;

B_{np} – вартість придбаного обладнання, грн.;

$\lambda_{обл.}$ – норма амортизації обладнання, $\lambda_{обл.} = 21,93 \%$.

Витрати на амортизацію будівлі:

$$A_{буд.} = B_{буд.} \cdot \lambda_{обл.} / 100 = 58750 \cdot 7,76 / 100 = 4559,00 \text{ грн.} \quad (5.7)$$

$$A^{np}_{буд.} = (B_{буд.} + B_{рек.}) \cdot \lambda_{обл.} / 100 = (58750 + 105600) \cdot 7,76 / 100 = 12753,56 \text{ грн.} \quad (5.8)$$

де $B_{буд.}$ – балансова вартість будівлі, грн.;

$B_{рек.}$ – вартість реконструкції майстерні, грн.;

$\lambda_{бул.}$ – норма амортизації будівель, $\lambda_{обл.} = 7,76 \%$.

Загальні витрати на амортизацію становлять:

$$A^б = A_{обл.} + A_{буд.} = 26973,90 + 4559,00 = 31532,90 \text{ грн.}$$

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A^{np} = A^{np}_{обл} + A^{np}_{б\у\д} = 63706,65 + 12753,56 = 76460,21 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію:

$$B_{ел} = Q_{ел} \cdot Ц_{ел} , \quad (5.9)$$

$$B^{\delta}_{ел} = 28650 \cdot 7,28 = 208576,00 \text{ грн.}$$

$$B^{np}_{ел} = 36200 \cdot 7,28 = 263536,00 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування:

$$B_{рем} = A \cdot 30 / 100 , \quad (5.10)$$

$$B^{\delta}_{рем} = 31532,90 \cdot 30 / 100 = 9459,87 \text{ грн.}$$

$$B^{np}_{рем} = 76460,21 \cdot 30 / 100 = 22938,06 \text{ грн.}$$

Інші витрати складають 3% від загальної суми експлуатаційних витрат:

$$IB = (ЗП + A + B_{ел} + B_{рем}) \cdot 0,03, \quad (5.11)$$

$$IB^{\delta} = (257664,00 + 31532,90 + 208576,00 + 9459,87) \cdot 0,03 = 15216,98 \text{ грн.}$$

$$IB^{np}_{рем} = (395280,00 + 76460,21 + 263536,00 + 22938,06) \cdot 0,03 = 22764,42 \text{ грн.}$$

Тоді експлуатаційні витрати всього становлять:

$$EB^{\delta} = 257664,00 + 31532,90 + 208576,00 + 9459,87 + 15216,98 = 494070 \text{ грн.}$$

$$EB^{np} = 395280,00 + 76460,21 + 263536,00 + 22938,06 + 22764,42 = 780979 \text{ грн.}$$

Решта економічних розрахунків, таких як: повна собівартість проведених ремонтів, загальний прибуток, приріст прибутку, рівень рентабельності, обсяг додаткових капітальних вкладень, термін окупності додаткових капітальних вкладень зведені до таблиці 5.2.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2 – Економічна ефективність проекту

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	Ремонт	
Обсяг робіт, ум. рем.	39	43
Ціна 1 ум. ремонту, грн.	14360,00	16400,00
Вартість проведених ремонтів, грн.	560040,00	703560,00
Кількість основних робітників, осіб.	5	6
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн.	–	273100,00
Експлуатаційні витрати всього, грн.	366045,28	583344,90
- заробітна плата з нарахуваннями, грн.	257664,00	395280,00
- амортизаційні відрахування, грн.	31532,90	76460,21
- вартість електроенергії, грн.	208576,00	263536,00
- витрати на ПР та ТО, грн.	9459,87	22938,06
- інші витрати, грн.	15216,98	22764,42
Повна собівартість продукції, грн	494070,00	780979,00
Загальний прибуток, грн.	23269,82	108548,20
Рівень рентабельності, %	4,3	18,2
Приріст прибутку, грн.	–	85278,38
Термін окупності додаткових вкладень, роки	–	3,2

Загальний висновок по розділу

Результати техніко-економічної оцінки проектних рішень свідчать, що реконструкція ремонтної майстерні товариства забезпечить річний прибуток у розмірі 85 278,38 грн, а термін окупності капітальних вкладень становитиме 3,2 роки.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

ВИСНОВКИ

1. Було розроблено технологічний процес нанесення металополімеру на відновлювану поверхню, а також технологію відновлення валу первинного КПП. Норма часу на відновлення деталі склала 81,29 хвилини при застосуванні металополімерного покриття на посадочні поверхні. У запропонованій технології замість наплавки використано нанесення металополімеру, що значно скоротило час відновлення — операція нанесення займає 22,25 хвилини. Таким чином, загальний час відновлення валу становить 81,29 хвилини, що на 11% менше, ніж у базовій технології.

2. Аналіз моделі показав, що найбільший вплив на збільшення навантаження початку *провертання* F_2 має натяг у з'єднанні $N = X2$. Частота обертання $n = X3$ має незначний зворотний вплив: із її збільшенням *провертання* внутрішнього кільця підшипника починається при меншому навантаженні. Шорсткість поверхні вала $R_a = X1$ практично не впливає на початок *провертання*, хоча її збільшення може зменшити навантаження, необхідне для *провертання*, через ефект «внутрішнього зачеплення» і нерівномірний розподіл тисків.

3. Вплив коефіцієнта при $X3$ у 100 разів менший, ніж при $X2$, тому шорсткість поверхні можна не враховувати в подальших дослідженнях у дослідженому діапазоні. Статистичну обробку експериментальних даних виконували за допомогою MathCAD, що дозволяє ефективно вирішувати математичні завдання й оформляти результати розрахунків.

4. На основі багатофакторного експерименту отримано емпіричні залежності, які відображають взаємозв'язок між натягом, частотою обертання, шорсткістю поверхні та моментом початку *провертання* для радіальних шарикопідшипників, а також залежність між натягом, частотою обертання та кутом додатка навантаження для радіально-упорних роликотпідшипників. Встановлено, що довговічність підшипників значною мірою залежить від

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

початкового радіального зазору, який не враховується в існуючих методиках розрахунку посадок.

5. Результати тривалих випробувань показали, що зношування експериментальних з'єднань у 1,5 рази менше, ніж у серійних. Найбільш ефективним способом відновлення з'єднань є нанесення металополімеру, що разом із застосуванням оптимальних посадок збільшує ресурс з'єднань майже в 4 рази.

6. Запровадження заходів з безпечної праці сприяє запобіганню травмувань працівників та поліпшенню умов праці. Одним із реалізованих заходів стало проектування системи освітлення, що дозволило розрахувати кількість світильників і ламп для оптимального розміщення у виробничих зонах. Основною рекомендацією для працівників залишається чітке дотримання правил охорони праці.

7. Техніко-економічна оцінка проектних рішень показала, що реконструкція ремонтної майстерні забезпечить річний прибуток у розмірі 85 278,38 грн., а термін окупності капітальних витрат складе 3,2 роки.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Rudyk O., Banashko A., Lynnyk R. Automotive parts design software. Proceedings of the International Scientific and Technical Conference "Information Technologies in Metallurgy and Machine Building – ITMM 2024". Dnipro: Khmelnytskyi National University, 2024.
2. Швець С. В. Металорізальні інструменти: навчальний посібник. Суми: Сумський державний університет, 2019. 272 с.
3. Ковальчук О. П. Технологія відновлення деталей машин: підручник. Київ: НУХТ, 2021. 320 с.
4. Сидоренко В. І. Основи відновлення машин і механізмів: навчальний посібник. Харків: ХНАДУ, 2020. 215 с.
5. Бойко М. В. Матеріали і технології в машинобудуванні: навчальний посібник. Львів: ЛНТУ, 2022. 198 с.
6. Петренко А. Г. Ремонтні технології: теорія та практика. Одеса: ОНАХТ, 2023. 250 с.
7. Тимошенко В. М. Методи відновлення деталей: навчальний посібник. Дніпро: ДНУ, 2020. 190 с.
8. Іваненко О. Ю. Сучасні полімерні матеріали для відновлення деталей. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 278 с.
9. Кравченко Р. М. Відновлення зношених деталей сільськогосподарської техніки. Полтава: ПДАА, 2023. 225 с.
10. Гнатенко П. І. Основи охорони праці в машинобудуванні. Харків: ХНУМГ, 2021. 210 с.
11. Колісник С. Т. Виробничі технології відновлення деталей. Луцьк: ЛНТУ, 2022. 240 с.
12. Зінченко В. О. Газотермічне напилення у відновленні деталей. Київ: НУХТ, 2021. 180 с.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

13. Савчук І. М. Основи технологій наплавлення та напилення. Вінниця: ВНТУ, 2020. 215 с.
14. Грицай О. В. Металополімери в машинобудуванні: навчальний посібник. Запоріжжя: ЗНТУ, 2022. 185 с.
15. Литвиненко М. С. Технології зварювання та наплавлення: теорія і практика. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 245 с.
16. Павленко Л. П. Відновлення посадкових місць деталей. Черкаси: ЧДТУ, 2023. 205 с.
17. Романенко В. Г. Ремонтні технології: сучасні підходи. Миколаїв: НУК ім. адмірала Макарова, 2022. 195 с.
18. Клименко Т. О. Наплавлення і напилення: сучасні технології. Донецьк: ДонНТУ, 2021. 180 с.
19. Дмитрук І. В. Впровадження інноваційних технологій у ремонт машин. Київ: НАУ, 2023. 230 с.
20. Сірко О. В. Економіка технічного сервісу: навчальний посібник. Харків: ХНЕУ, 2022. 220 с.
21. Поліщук Р. П. Полімерні матеріали у відновленні деталей: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2021. 200 с.
22. Федоренко В. І. Охорона праці у виробничих процесах. Київ: НУБіП, 2022. 245 с.
23. Олійник М. О. Надійність і ремонт машин: підручник. Харків: ХНУГХ, 2023. 270 с.
24. Мельник П. С. Техніка безпеки при відновленні деталей. Дніпро: ДНУЗТ, 2021. 215 с.
25. Кравець О. П. Системи охорони праці у виробництві. Львів: ЛНУ, 2022. 230 с.
26. Григоренко І. Г. Профілактика виробничого травматизму: навчальний посібник. Полтава: ПНПУ, 2023. 190 с.

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

ДОДАТКИ

					МРТАМ24.23611.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81