

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

(повне найменування закладу освіти)

ВІДДІЛЕННЯ «АГРОІНЖЕНЕРІЯ»

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

ЦИКЛОВА КОМІСІЯ СПЕЦІАЛЬНОСТІ «АГРОІНЖЕНЕРІЯ»

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
фаховий молодший бакалавр
(освітньо-професійний ступінь)

на тему: «Підвищення надійності автотракторної техніки з розробкою
установки для відновлення посадкових місць підшипників кочення».

Виконав: студент III курсу, групи Ai-45
галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
(галузь знань, спеціальність)

Ярослав ПЕЧЕРСЬКИЙ
(власне ім'я та прізвище)

Керівник Ігор БУЧКО
(власне ім'я та прізвище)

Рецензент _____
(власне ім'я та прізвище)

м. Житомир - 2025 року

**«Підвищення надійності автотракторної техніки з розробкою установки
для відновлення посадкових місць підшипників кочення»**

АНОТАЦІЯ

Автотракторна техніка відіграє важливу роль у сільському господарстві та транспортній сфері, забезпечуючи ефективність виконання різноманітних виробничих завдань. Однією з основних проблем експлуатації такої техніки є зношування посадкових місць підшипників кочення, що призводить до зниження надійності, передчасного виходу з ладу вузлів і збільшення витрат на ремонт.

Метою даного дипломного проєкту є підвищення надійності автотракторної техніки шляхом розробки спеціальної установки для відновлення посадкових місць підшипників кочення.

У процесі роботи проведено аналіз причин зношування посадкових місць, досліджено існуючі методи відновлення та їх ефективність. Розроблена установка дозволяє відновлювати зношені посадкові місця шляхом нанесення зміцнюючих покриттів або механічного відновлення геометричних параметрів деталей.

Очікувані результати впровадження запропонованої технології включають:

- збільшення терміну служби підшипникових вузлів,
- зменшення витрат на обслуговування та ремонт,
- підвищення експлуатаційної надійності автотракторної техніки.

Проєкт містить технічні розрахунки, креслення розробленої установки та рекомендації щодо її впровадження у виробничих умовах.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АВТОТРАКТОРНА ТЕХНІКА, ПІДШИПНИК КОЧЕННЯ, ПОСАДКОВЕ МІСЦЕ, ЗНОШУВАННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ, НАДІЙНІСТЬ.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	11
1.1 Потреба у відновленні розподільних валів.....	11
1.2 Призначення деталі та умови її роботи у вузлі. Перелік дефектів, що виникають.....	12
1.3 Визначення коефіцієнтів повторюваності сполучень дефектів зношених поверхонь деталі.....	13
1.4 Порівняльний аналіз способів відновлення деталей.....	14
1.5 Обґрунтування способів відновлення деталі в цілому.....	16
1.6 Розроблення технологічних маршрутів відновлення деталі.....	17
1.7 Розробка режимів і норм часу.....	18
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДІЛЯНКИ З ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ	21
2.1 Розрахунок трудомісткості об'єкта ремонту та річного обсягу робіт.....	21
2.2 Визначення режимів роботи, річного фонду часу та чисельності працюючих на ділянці.....	22
2.3 Розрахунок кількості обладнання та робочих місць.....	22
2.4 Розрахунок площі.....	24
2.5 Обґрунтування способу транспортування деталей.....	24
3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	26
3.1 Обґрунтування необхідності розроблення конструкції.....	26
3.2 Патентний пошук.....	26
3.3 Будова розробки.....	27
3.4 Розрахунок бункерного дозувального пристрою.....	29
3.5 Розрахунок пластинчастої пружини.....	31

					ДП.208.045.467н.090.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата				
Розробив	Печерський				«Підвищення надійності автотракторної техніки з розробкою установки для відновлення посадкових місць підшипників кочення»	Літера	Арк.	Аркушів
Керівник	Бучко						6	45
Рецензент						ЖАТФК, гр. Аі-45		
Н. Контр.	Бучко							
Затвердив	Руденко							

3.6 Розрахунок різьбового з'єднання штуцера.....	31
4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	33
4.1 Аналіз потенційних небезпек при відновленні посадкових місць підшипників кочення розподільних валів.....	33
4.2 Техніка безпеки при роботі з установкою для зміцнення валів електричними розрядами в магнітному полі ферропорошком.....	35
5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ.....	37
5.1 Економічне обґрунтування конструкторської розробки.....	37
5.2 Термін окупності додаткових вкладень.....	42
ВИСНОВОК.....	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	44

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

ВСТУП

Автотракторна техніка відіграє ключову роль у сучасному сільському господарстві, транспортній галузі та промисловості, забезпечуючи виконання широкого спектра завдань, пов'язаних із транспортуванням, обробкою ґрунту, збором врожаю та іншими виробничими процесами. Проте в процесі експлуатації така техніка зазнає значних навантажень, що призводить до зношування деталей та вузлів, зокрема посадкових місць підшипників кочення. Зношування цих місць знижує працездатність та надійність техніки, що може спричинити зупинку машин, підвищення експлуатаційних витрат і зниження продуктивності підприємств.

Одним із найбільш ефективних підходів до відновлення зношених посадкових місць підшипників є використання технологій зміцнення поверхонь. Традиційні методи ремонту, такі як наплавлення, гальванічне відновлення, механічне доведення або клейові матеріали, мають ряд недоліків, зокрема недостатню довговічність, обмежену міцність відновленого шару та складність технологічного процесу.

Сучасні методи зміцнення зношених поверхонь з використанням електричних розрядів у магнітному полі з ферропорошковими матеріалами є перспективним напрямом, який дозволяє значно підвищити міцність і зносостійкість відновлених посадкових місць підшипників. Ця технологія базується на використанні електричних розрядів, які локально плавлять ферропорошковий матеріал та створюють на поверхні валу міцне зміцнене покриття.

Метою дипломного проєкту є розробка установки для відновлення посадкових місць підшипників кочення з використанням технології зміцнення валів електричними розрядами в магнітному полі з ферропорошковим матеріалом, що дозволить підвищити надійність та довговічність

					ДП.208.045.467н.090.ПЗ					
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата						
Розробив	Печерський				ВСТУП			Літера	Арк.	Аркушів
Керівник	Бучко								8	3
Рецензент								ЖАТФК, гр. Ai-45		
Н. Контр.	Бучко									
Затвердив	Руденко									

автотракторної техніки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Аналіз зношування посадкових місць підшипників кочення – визначення основних причин та характеру дефектів, які виникають у процесі експлуатації автотракторної техніки.

2. Огляд сучасних методів відновлення та зміцнення поверхонь – виявлення переваг і недоліків традиційних технологій ремонту та аналіз новітніх методів.

3. Розробка установки для відновлення посадкових місць підшипників – розрахунок та конструювання пристрою, що забезпечує застосування технології електричних розрядів у магнітному полі з використанням ферропорошку.

4. Дослідження впливу технологічних параметрів на якість зміцненого шару – визначення оптимальних режимів електричних розрядів, параметрів магнітного поля та характеристик ферропорошкового матеріалу.

5. Експериментальна перевірка ефективності розробленої технології – проведення випробувань на зразках та аналіз отриманих результатів.

6. Оцінка економічної ефективності розробленої технології – порівняння витрат на відновлення зношених деталей із традиційними методами ремонту та оцінка економічної доцільності впровадження технології на виробництві.

Об'єкт дослідження – процес відновлення посадкових місць підшипників кочення автотракторної техніки.
Предмет дослідження – технологія зміцнення валів електричними розрядами в магнітному полі з ферропорошковим матеріалом.

У ході виконання дипломного проекту будуть використані теоретичні та експериментальні методи дослідження, зокрема:

- аналітичні методи для вивчення характеру зношування посадкових місць підшипників;

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- методи математичного моделювання для розрахунку технологічних параметрів процесу зміцнення;
- експериментальні дослідження, які передбачають випробування розробленої технології на реальних зразках;
- статистичні методи для оцінки якості зміцненого шару та його довговічності.

Наукова новизна роботи полягає в розробці установки для відновлення посадкових місць підшипників кочення, що використовує метод зміцнення електричними розрядами в магнітному полі. Це дозволяє отримати покриття з високою зносостійкістю та міцністю, що суттєво перевершує традиційні методи ремонту.

Практичне значення проєкту полягає у можливості впровадження розробленої технології у ремонтних підприємствах та сервісних центрах, що дозволить знизити витрати на ремонт автотракторної техніки, підвищити її експлуатаційний ресурс та зменшити простої машин через несправності.

У підсумку дипломний проєкт спрямований на вирішення важливої інженерної проблеми – підвищення надійності та довговічності автотракторної техніки шляхом розробки ефективної установки для відновлення посадкових місць підшипників кочення.

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

1. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

1.1 Потреба у відновленні розподільних валів

Потребу в ремонті розподільних валів подано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Потреба в ремонті розподільних валів.

Район	Найменування техніки	Кількість
Житомирський	Трактори	193
	Комбайни	72
	Автомобілі	76

Із даних таблиці 1.1 випливає, що підприємства нашого району мають: тракторів -193, комбайнів - 72, автомобілів -76. Звідси випливає, що потреба у відновленні розподільних валів тракторів, комбайнів і автомобілів визначається за формулою [2]:

$$N_m = \frac{\gamma \cdot \beta \cdot N_n \cdot W_r \cdot n}{100 \cdot W_9}, \quad (1.1)$$

де γ - поправочний коефіцієнт, що враховує середній вік машини;

β - поправочний коефіцієнт, що враховує зональні особливості умов експлуатації, $\beta_{\text{трак}} = 0,9...1,1$; $\beta_{\text{комб}} = 0,95...1,2$;

N_n - нормативна потреба в агрегатах, $N_n = 25...30$;

W_r - середнє річне напрацювання однієї машини;

n - кількість машин, що працюють на розглянутій території;

W_9 - еталонне напрацювання розглянутої групи машин, для тракторів $W_9 = 1000$ мото-год., для комбайнів $W_9 = 200$ га.

Визначаємо потребу відновлення розподільних валів для тракторів:

$$N_m = \frac{1 \cdot 1,1 \cdot 30 \cdot 5500 \cdot 193}{100 \cdot 1000} = 350 \text{ шт.}$$

Визначаємо потребу відновлення розподільних валів для комбайнів:

					ДП.208.045.467н.090.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата	ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ			
Розробив	Печерський							
Керівник	Бучко							
Рецензент								
Н. Контр.	Бучко							
Затвердив	Руденко				ЖАТФК, гр. Аі-45			
					Літера		Арк.	Аркуші
							11	10

$$N_M = \frac{1 \cdot 1,2 \cdot 30 \cdot 1200 \cdot 72}{100 \cdot 200} = 155 \text{ шт.}$$

Потреба у відновленні розподільних валів для автомобілів визначається за формулою [3]:

$$N_M = \frac{\gamma \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot N_H \cdot W_{\Gamma} \cdot n}{100 \cdot W_9}, \quad (1.2)$$

де β_1 - коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації автомобілів, $\beta_1 = 0,8 \dots 1,35$;

β_2 - коефіцієнт, що враховує склад автопоїзда, для машин без причепа, $\beta_2 = 1$, з одним причепом $\beta_2 = 1,1$;

β_3 - поправочний коефіцієнт на природно-кліматичні умови, для центральної зони $\beta_3 = 1$;

W_9 сталонне напрацювання автомобіля, $W_9 = 40000$ км.

Визначаємо потребу відновлення розподільних валів для автомобілів:

$$N_M = \frac{1 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 30 \cdot 200000 \cdot 76}{100 \cdot 40000} = 143 \text{ шт.}$$

Виходячи з розрахунків, потреба у відновленні розподільних валів у районі становить 648 штук. Приймаємо кількість відновлюваних валів 1000 штук, з урахуванням відновлення розподільних валів усім прилеглим господарствам.

1.2 Призначення деталі та умови її роботи у вузлі. Перелік дефектів, що виникають.

Розподільний вал виготовляється гарячим штампуванням з сталі 45 ДСТУ 7809:2015. Після цього вал піддають обробці різанням і термообробці. Шийки вала для отримання точної гладкої циліндричної поверхні шліфують і полірують, а для підвищення зносостійкості піддають загартуванню ТВЧ на глибину 1...2 мм. Після обробки перевіряють правильність розподілу маси вала щодо осі обертання, тобто балансують. На кожній опорній шийці є отвори для підведення мастила до поверхонь, що труться. Привід розподільного вала здійснюється двома сталевими косозубими шестернями від колінчастого вала. Осьова фіксація розподільного вала здійснюється сталевим фланцем,

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

прикріпленим до блоку і розташованим між передньою шийкою вала і маточиною шестерні.

Міцність вала обумовлюється відповідними розмірами, застосовуваним матеріалом і обробкою. Розглянемо дефекти характерні для розподільного вала двигуна ЯМЗ-236:

Дефект 1. Знос опорних шийок. Причини цього дефекту такі: недостатній тиск у системі змащення, потрапляння в систему змащення абразивного матеріалу, продуктів зносу. Також дефект може спричинятися надмірно великою в'язкістю оливи, що ускладнює умови змащування, або ж надмірно малою в'язкістю.

Дефект 2. Знос впускних і випускних кулачків за висотою. Цей дефект виникає за рахунок занадто великого зносу, зі свого боку знос спричиняється причинами, зазначеними вище (див. дефект 1).

Дефект 3. Зрив або знос різьби під розподільну шестерню. Цей дефект виникає внаслідок порушення правил затягування, а також у разі неодноразового розкручування і затягування різьбового з'єднання.

Дефект 4. Знос шпонкового паза. Дефект може бути спричинений неправильною посадкою шпонки в шпонковий паз, неправильною посадкою розподільної шестерні, перевищенням максимально допустимих напружень для матеріалу розподільного вала, а також порушенням правил посадки в шпонковий паз. Дефект може мати втомний характер.

Дефект 5. Знос центрових отворів. Дефект виникає в разі неправильного встановлення або демонтажу вала.

1.3 Визначення коефіцієнтів повторюваності сполучень дефектів зношених поверхонь деталі

Коефіцієнт повторюваності дефектів розподільного вала: $K_1 = 0,61$; $K_2 = 0,98$; $K_3 = 0,18$; $K_4 = 0,23$; $K_5 = 0,05$.

Можливі дефекти можуть проявлятися в різних поєднаннях. Коефіцієнти повторюваності поєднань дефектів визначають за формулою:

$$P(X_{1,2,3,n}) = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_n, \quad (1.3)$$

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

де K - коефіцієнт повторюваності дефектів

$$\begin{aligned}
 &P(X_{1,2,3,4,5})=0,0012; P(X_{1,2,3,4})=0,024; P(X_{1,2,3,5})=0,0056; P(X_{1,2,4,5})=0,0041; \\
 &P(X_{1,3,4,5})=0,000025; P(X_{2,3,4,5})=0,0008; P(X_{1,2,3})=0,079; P(X_{1,2,5})=0,019; \\
 &P(X_{1,4,5})=0,00012; P(X_{3,4,5})=0,000016; P(X_{2,3,4})=0,0015; P(X_{1,2,4})=0,107; \\
 &P(X_{2,3,5})=0,0026; P(X_{2,4,5})=0,0036; P(X_{1,3,4})=0,00048; P(X_{1,2})=0,359; \\
 &P(X_{1,5})=0,000085; P(X_{1,3})=0,000025; P(X_{1,4})=0,0022; P(X_{2,3})=0,05; \\
 &P(X_{2,4})=0,068; P(X_{2,5})=0,012; P(X_{3,4})=0,0003; P(X_{3,5})=0,00005; \\
 &P(X_{4,5})=0,00007; P(X_1)=0,073; P(X_2)=0,23; P(X_3)=0,001; P(X_4)=0,0014; \\
 &P(X_{(5)})=0,00025; P(X_0)=0,0047.
 \end{aligned}$$

1.4 Порівняльний аналіз способів відновлення деталей

Способи відновлення зношених поверхонь розподільного вала представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - способи відновлення зношених поверхонь розподільного вала.

Можливий дефект	Коефіцієнт повторюваності	Спосіб усунення
Знос поверхні шийок	0,61	Плазмове напилення
		Електромагнітне наплавлення
		Вібродугове наплавлення
Знос впускних і випускних кулачків	0,98	Плазмове напилення
		Електромагнітне наплавлення
		Вібродугове наплавлення
Знос або зрив різьби	0,18	Плазмове напилення
		Електромагнітне наплавлення
		Вібродугове наплавлення
Знос шпонкового паза	0,23	Зварювання
Знос центрових отворів	0,05	Зварювання

Для вибору раціонального способу їх порівнюють за технологічним, технічним і техніко-економічним критеріями.

Для кожного обраного способу дають комплексну якісну оцінку за значенням коефіцієнта довговічності, який є функцією трьох змінних:

$$K_D = f(K_i; K_v; K_c), \quad (1.4)$$

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		14

де i - коефіцієнт зносостійкості;

K_6 - коефіцієнт витривалості;

K_c - коефіцієнт зчіплюваності покриттів.

Обчислюємо собівартість відновлення поверхні деталі обраними способами:

$$C_{vij} = C_{yij} \cdot S_i, \quad (1.5)$$

де C_{vij} - собівартість відновлення i -ї поверхні деталі j -м способом, p .

C_{yij} - питома собівартість відновлення i -ї поверхні деталі j -м способом, p/cm^2 ;

S_i - площа відновлюваної поверхні, cm^2 .

Техніко-економічний критерій пов'язує собівартість відновлення деталі з її довговічністю після усунення дефектів.

$$K_E = C_{vij} / K_D, \quad (1.6)$$

де K_T - коефіцієнт техніко-економічної ефективності.

Дані підрахунків заносимо в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 - Техніко-економічна характеристика способів відновлення поверхонь розподільного вала.

Найменування дефекту	Коефіцієнт повторюваності дефекту K	Можливі способи відновлення	Коефіцієнт довговічності K_D	Собівартість відновлення поверхні C_B , грн.	Техніко-економічний показник K_E , грн.
Знос поверхні шийок	0,61	плазмове напилення	0,8	65,93	82,41
		електромагнітне наплавлення	0,8	56,59	70,74
		вібродугове наплавлення	0,61	49,45	81,06
Знос впускних і випускних кулачків	0,98	плазмове напилення	0,8	29,52	36,9
		електромагнітне наплавлення	0,8	25,34	31,68
		вібродугове наплавлення	0,61	22,14	36,30

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

Знос або зрив різьблення	0,18	плазмове напилення	0,8	13,85	17,31
		електромагнітне наплавлення	0,8	11,89	14,86
		вібродугове наплавлення	0,61	10,39	17,03
Знос шпонкового паза	0,23	заварити	0,8	4,42	
Знос центрових отворів	0,05	Заварити	0,8	0,88	

За даними таблиці 1.3 видно, що оптимальним способом відновлення зношуваних поверхонь є електромагнітне наплавлення.

1.5 Обґрунтування способів відновлення деталі в цілому

Розглянемо застосування трьох варіантів сполучень способів відновлення до розподільного вала загалом:

- а) - усунення всіх трьох дефектів електромагнітним наплавленням;
- б) - усунення першого дефекту плазмовим напиленням, другого електромагнітним наплавленням, третього вібродуговим наплавленням;
- в) - усунення першого дефекту плазмовим напиленням, другого і третього електромагнітним наплавленням.

Обчислимо коефіцієнти довговічності відновленої деталі за кожним варіантом поєднання способів:

$$K_{дс} = \frac{\sum K_i K_{дi}}{\sum K_i}, \quad (1.7)$$

де $K_{дi}$ - коефіцієнт довговічності i -поверхні, відновленої оптимальним способом.

$$K_{дс1} = \frac{\sum K_i K_{дi}}{\sum K_i} = \frac{0,61 \cdot 0,8 + 0,98 \cdot 0,8 + 0,18 \cdot 0,8}{0,61 + 0,98 + 0,18} = 0,8;$$

$$K_{дс1} = \frac{\sum K_i K_{дi}}{\sum K_i} = \frac{0,61 \cdot 0,8 + 0,98 \cdot 0,8 + 0,18 \cdot 0,61}{0,61 + 0,98 + 0,18} = 0,78;$$

$$K_{дс1} = \frac{\sum K_i K_{дi}}{\sum K_i} = \frac{0,61 \cdot 0,8 + 0,98 \cdot 0,8 + 0,18 \cdot 0,8}{0,61 + 0,98 + 0,18} = 0,78.$$

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

Визначимо техніко-економічний критерій для кожного варіанта поєднання способів відновлення:

$$K_{эд} = \frac{C_{вд}}{K_{дс}} = \frac{\sum K_i C_{вi}}{K_{дс}}, \quad (1.8)$$

$$K_{эд1} = \frac{0,61 \cdot 56,59 + 0,98 \cdot 25,34 + 0,18 \cdot 11,89}{0,8} = 76,86;$$

$$K_{эд1} = \frac{0,61 \cdot 65,93 + 0,98 \cdot 25,34 + 0,18 \cdot 10,39}{0,8} = 83,65;$$

$$K_{эд1} = \frac{0,61 \cdot 65,93 + 0,98 \cdot 25,34 + 0,18 \cdot 11,89}{0,61} = 110,15.$$

Як впливає з розрахунків, найдоцільнішим є перший варіант - відновлення кожної зношеної поверхні електромагнітним наплавленням.

1.6 Розроблення технологічних маршрутів відновлення деталі

Схему технологічних маршрутів відновлення розподільного вала ЯМЗ-236 представлено на рис. 1.1.

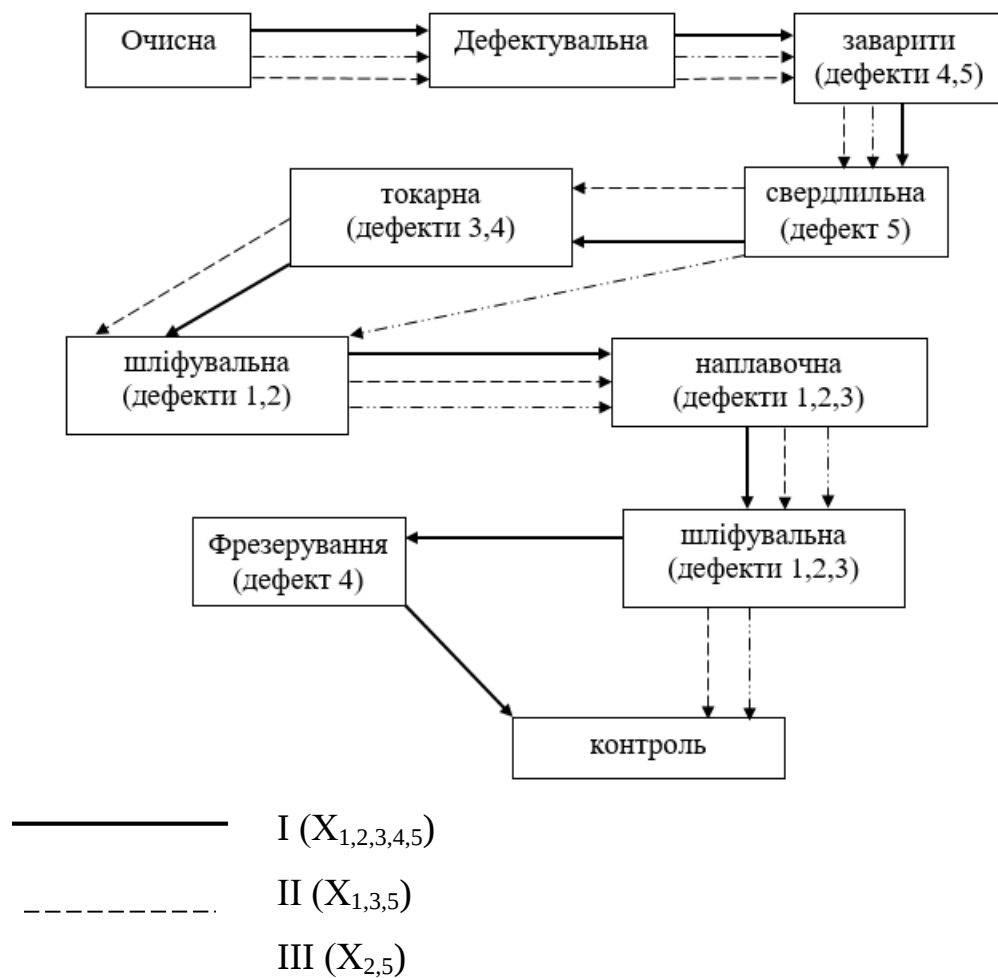


Рис.1.1 - Схема маршрутів технологічного процесу відновлення вала
розподільного ЯМЗ-236

1.7 Розробка режимів і норм часу

Основний час T_o для токарної операції розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} \quad (1.9)$$

де L - довжина оброблюваної поверхні деталі, мм;

i - число проходів для зняття припуску;

n - частота обертання деталі, хв^{-1} ;

S - подача, мм/об.

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}, \quad (1.10)$$

де v - швидкість різання, м/хв;

d - діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Основний час T_o для шліфувальної операції розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot h}{t \cdot v_{np}} \cdot K \quad (1.11)$$

де L - довжина оброблюваної поверхні, мм;

h - припуск на бік, мм;

t - глибина різання (поперечна подача круга), мм;

v_{np} - швидкість поздовжньої подачі, мм/хв;

K - коефіцієнт точності, $K = 1, 2 \dots 1, 8$.

Основний час T_o для фрезерувальної операції розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{v_{sm}}, \quad (1.12)$$

де L - довжина оброблюваної поверхні, мм;

i - число проходів для зняття припуску;

v_{sm} - швидкість хвилинної подачі, мм/хв.

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

$$V = \frac{C_2 \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot z^n \cdot B^z \cdot S_z^y}, \frac{\text{м}}{\text{хв}}, \quad (1.13)$$

де D - зовнішній діаметр фрези, мм;

T - стійкість фрези, хв;

t - глибина фрезерування, мм;

B - ширина фрезерування, мм.

Основний час T_o для ручного наплавлення розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{Q}{I \cdot K_p} \quad (1.15)$$

де I - сила струму;

k_p — коефіцієнт наплавлення;

Q - кількість наплавленого металу, г.

$$Q = k_p \cdot m_n, \quad (1.16)$$

де m_n — розрахункова маса наплавленого металу, кг/м;

k_p — коефіцієнт наплавлення, г/А · год

$$m_n = \rho \cdot F_n \cdot 10^{-3}, \quad (1.17)$$

де F_n — площа поперечного перерізу наплавленого металу шва;

ρ — щільність наплавленого металу.

Основний час T_o для свердлильної операції розраховується за формулою:

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}, \quad (1.18)$$

де L - глибина свердління, мм;

n - частота обертання свердла, хв⁻¹;

S - подача, мм/об.

$$V = \frac{\pi D n}{1000}, \quad (1.19)$$

де D - діаметр свердла, мм;

n - частота обертання свердла, об/хв.

$$n = \frac{V \cdot 1000}{D \pi}. \quad (1.20)$$

Формули, що використовуються для знаходження штучного часу: $T_{шт}$

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

Оперативний час $T_{оп}$

$$T_{оп} = T_o + T_v, \quad (1.21)$$

де T_v - допоміжний час.

Час на обслуговування робочого $T_{обс}$

$$T_{обс} \approx 4\% T_{оп} \quad (1.22)$$

Час на відпочинок та особисті потреби $T_{ол}$

$$T_{ол} \approx 2,5\% T_{оп} \quad (1.23)$$

Додатковий час $T_{доп}$

$$T_{доп} = 0,1(T_o + T_v) \quad (1.24)$$

Норма штучного часу $T_{шт}$

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{обс} + T_{ол} + T_{доп} + T_{пз}, \quad (1.25)$$

де $T_{пз}$ - підготовчо-заклучний час.

У даному розділі представлено необхідність потреби ремонту розподільних валів, і розраховано кількість деталей, що потребують відновлення. Так само представлено опис роботи розподільного вала і перелік дефектів, що виникають. Для вибору раціонального способу відновлення їх порівнюють за технологічним, технічним і техніко-економічним критеріями, оптимальним способом відновлення зношуваних поверхонь є електромагнітне наплавлення. Розроблено схему технологічних маршрутів, режими обробки та підраховано норми часу відновлення розподільного вала ЯМЗ-236.

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДІЛЯНКИ З ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

2.1 Розрахунок трудомісткості об'єкта ремонту та річного обсягу робіт

При визначенні річної програми відновлення враховуємо деталі, які не потребують відновлення.

Розрахуємо трудомісткість робіт з відновлення деталі за формулою:

$$T_{\Gamma} = t \cdot N_{\text{відн}}, \quad (2.1)$$

де t - час, год;

$N_{\text{відн}}$ - річна програма відновлення деталей, шт.

$$t = T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}}; \quad (2.2)$$

$$N_{\text{восст}} = N - N_{\text{відн}} \cdot P(X_0). \quad (2.3)$$

Кількість деталей, що потребують відновлення:

$$N_{\text{відн}} = 1000 - 1000 \cdot 0,0047 = 995 \text{ шт.}$$

Дані розрахунків трудомісткості занесемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Трудомісткість робіт із відновлення деталі

Вид робіт	Загальний час на операцію, хв	Трудомісткість, люд-год
Токарні	$(13,72 + 13,77) + 4 = 31,49$	$\frac{31,49 \cdot 995}{60} = 522,21$
Наплавочні	$(18,95 + 23,17 + 14,2 + 13,7 + 14) + 10 = 94,02$	$\frac{94,02 \cdot 995}{60} = 1559,17$
Шліфувальні	$(17,07 \cdot 2 + 19,83 \cdot 2 + 13,72) + 10 = 97,52$	$\frac{97,52 \cdot 995}{60} = 1617,2$
Свердлильні	$(13,68 + 13,72) + 4 = 31,4$	$\frac{31,4 \cdot 995}{60} = 520,72$
Фрезерувальні	$14,86 + 2 = 16,86$	$\frac{16,86 \cdot 995}{60} = 279,59$

					ДП.208.045.467н.090.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата								
Розробив	Печерський				ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДІЛЯНКИ З ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ			Літера	Арк.	Аркуші		
Керівник	Бучко									21	5	
Рецензент								ЖАТФК, гр. Аі-45				
Н. Контр.	Бучко											
Затвердив	Руденко											

2.2 Визначення режимів роботи, річного фонду часу та чисельності працюючих на ділянці

Чисельність основних виробничих робітників за ділянцями визначають за формулами:

$$R_{уч}^я = T_{уч} / \Phi_{нр} - K ; \quad (2.4)$$

$$R_{уч}^{сп} = T_{уч} / \Phi_{др} - K, \quad (2.5)$$

де $R_{уч}^я$, $R_{уч}^{сп}$ - явочне і облікове число робітників, осіб;

$T_{уч}$ - трудомісткість робіт по ділянці або робочому місцю, чол-год;

$\Phi_{нр}$, $\Phi_{др}$ - номінальний і дійсний фонди часу робітника, год;

K - планований коефіцієнт перевиконання виробітку, $K = 1,05 \dots 1,15$.

Розрахунки чисельності основних виробничих робітників за ділянцями занесемо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - Чисельність основних виробничих робітників

Виробничі робітники	Явочна кількість робітників, чол.	Спискова кількість робітників, чол.
Токарі	$\frac{522,21}{2070 \cdot 1,1} = 0,23$	$\frac{522,21}{1860 \cdot 1,1} = 0,26$
Зварювальники	$\frac{1559,17}{2070 \cdot 1,1} = 0,68$	$\frac{1559,17}{1860 \cdot 1,1} = 0,76$
Шліфувальники	$\frac{1617,2}{2070 \cdot 1,1} = 0,71$	$\frac{1617,2}{1860 \cdot 1,1} = 0,79$
Фрезерувальники	$\frac{279,59}{2070 \cdot 1,1} = 0,12$	$\frac{279,59}{1860 \cdot 1,1} = 0,14$
Свердлувальники	$\frac{520,72}{2070 \cdot 1,1} = 0,23$	$\frac{520,72}{1860 \cdot 1,1} = 0,25$

2.3 Розрахунок кількості обладнання та робочих місць

Розрахунок обладнання за трудомісткістю:

$$X_0 = T_e / \Phi_{д.о}, \quad (2.6)$$

де X_0 - кількість обладнання;

T_e - річний обсяг робіт, люд-год;

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

$\Phi_{\partial.o}$ - дійсний річний фонд часу обладнання, год.

Розрахунки обладнання за трудомісткістю занесемо в таблицю 2.3.

Таблиця 3.3 - Розрахунок обладнання за трудомісткістю

Найменування робіт	Кількість необхідного обладнання
Токарні роботи	$\frac{816,07}{2007} = 0,41$
Наплавочні роботи	$\frac{1492,83}{2007} = 0,74$
Шліфувальні роботи	$\frac{1517,7}{2007} = 0,76$
Фрезерувальні роботи	$\frac{279,59}{2007} = 0,14$
Свердлильні роботи	$\frac{292,86}{2007} = 0,15$

Токарні та свердлильні роботи проводитимуться на токарно-гвинторізному верстаті.

За даними таблиці приймаємо:

- Токарно-гвинторізні верстати - 1;
- трансформатор зварювальний - 1;
- копіювально-шліфувальні верстати - 1;
- фрезерні верстати - 1.

Устаткування, необхідне для дільниць із відновлення розподільного вала, представлено в таблицях 2.4 - 2.5.

Таблиця 2.4 - Обладнання, необхідне для зварювальної дільниці

Найменування обладнання	Марка обладнання	Габаритні розміри, мм	Кількість	Площа, м ²
Переобладнаний верстат токарно-гвинторізний	1K62	2800x1160x1324	1	3,25
Трансформатор зварювальний	ТД-500	570x 720 835x	1	0,41
Стіл для наплавочних робіт	-	1200x 1000	1	1,2
Секція стелажа	-	1000x 900x 600	2	0,9
Ящик для піску	0304.5.800-1	900x 900	1	0,81
Усього	-	-	-	6,57

Таблиця 2.5 - Обладнання, необхідне для слюсарно-механічної дільниці

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

Найменування обладнання	Марка обладнання	Габаритні розміри, мм	Кіл.	Площа, м ²
Верстат токарно-гвинторізний	CS6140/750	2632×975× 1230	1	2,57
Верстат копіювально-шліфувальний	3M433У	4500× 2450× 2185	1	11,03
Верстат горизонтально-фрезерний	6Т82Г	2280× 1965× 1690	1	4,48
Мийна ванна	WERTHER 1971	795× 1497× 205	1	0,4
Шафа для зберігання інструменту та пристосувань	-	1000× 500× 2000	1	0,5
Візок пересувний	-	1000× 500	1	0,5
Ящик для піску	-	900× 900	1	0,81
Стіл дефектовщика	ОРГ-1468	1155 745×	1	0,86
Секція стелажа	-	1500× 600× 600	1	0,9
Усього	-	-	-	22,05

2.4 Розрахунок площі

Розрахунок площі ділянки ведеться за формулою:

$$S_{\text{уч}} = S_{\text{об}} \cdot \delta, \quad (2.7)$$

де $S_{\text{об}}$ — площа, яку займає обладнання;

δ — коефіцієнт, що враховує робочі зони і проходи, $\delta = 4 \dots 5,5$.

Розрахунок площі зварювальної ділянки

$$S_{\text{уч.с.}} = S_{\text{об}} \cdot \delta = 6,57 \cdot 4 = 26,28 \text{ м}^2.$$

Розрахунок площі слюсарно-механічної ділянки

$$S_{\text{уч.с-м.}} = S_{\text{об}} \cdot \delta = 22,05 \cdot 4 = 88,2 \text{ м}^2.$$

2.5 Обґрунтування способу транспортування деталей

З ділянки дефектації вали подаються на ділянку відновлення і складаються на стелажі.

У масштабах ділянки деталі пересуваються за допомогою ручного пересувного візка, через малі відстані між верстатами і невелику масу відновлюваних деталей.

На ділянці металорізального обладнання біля кожного верстата з правого боку від робітника розташований контейнер для деталей. Під час кожної операції вали з пересувного візка поміщають у контейнер, звідки робітник бере деталі й обробляє. Оброблені деталі складає назад у пересувний візок.

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

Дільницю розмістимо в ремонтній майстерні, реконструювавши та переобладнавши вже наявні. Площа наявної зварювальної дільниці дорівнює 27 м^2 , що підходить для розробленої дільниці. Наявна слюсарно-механічна дільниця займає 54 м^2 , для збільшення площі задіємо невикористовувану зону ремонту, яка становить 36 м^2 .

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

3. КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування необхідності розроблення конструкції

Технологічне оснащення - це знаряддя виробництва, що доповнюють основне обладнання і призначені для виконання технологічного процесу обробки деталей. При застосуванні верстатних пристосувань підвищується продуктивність праці.

Ця конструкція забезпечує рівномірну подачу феропорошку.

Установка забезпечує:

- синхронна зміна магнітного поля;
- регулювання величини приросту зазору;
- контроль режиму роботи бункерного дозувального пристрою;
- регулювання режиму роботи зварювального трансформатора;
- роздільне й одночасне ввімкнення електричних ланцюгів;
- встановлення фіксованих зсувів фаз.

3.2 Патентний пошук

Розглянемо кілька патентів для наплавлення феропорошків:

а) Пристрій для наплавлення феромагнітних порошкоподібних металів.

У процесі наплавлення підвищується якість формованого металопокриття і значно зменшується напікання феромагнітного порошку між полюсним наконечником і деталлю. Недоліком цієї установки є те, що магнітні потоки в різних перетинах робочого зазору між деталлю і наконечником розподіляються нерівномірно, що негативно впливає на якість формованого покриття [7].

б) Установка для зміцнення і відновлення деталей феропорошками в магнітному полі. Недоліком цієї установки є те, що феромагнітний порошок нерівномірно розподіляється по висоті відновлюваної поверхні, збільшуючи тим самим шорсткість і пористість поверхневого шару.

					ДП.208.045.467н.090.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата	КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА				
Розробив	Печерський								
Керівник	Бучко								
Рецензент									
Н. Контр.	Бучко								
Затвердив	Руденко				ЖАТФК, гр. Ai-45				
					Літера		Арк.	Аркуші	
							26	7	

На установці для зміцнення деталей феропорошками в магнітному полі відновлена поверхня вимагає подальшої механічної обробки. Висота мікронерівностей, отримана на попередній операції, є лише однією зі складових операційного припуску наступної операції [8].

в) Установка для електромагнітного наплавлення. Корисна модель належить до пристроїв нанесення металевих покриттів електричними розрядами в магнітному полі за використання як металу або сплаву, що наноситься, феромагнітних порошоків і призначена для відновлення зношених деталей машин типу "вал". Корисна модель, що заявляється, дає змогу поєднати процес нанесення металопокриття електромагнітним наплавленням і поверхневого пластичного деформування деталей типу "кулачок" з використанням технологічного тепла, яке виділяється під час наплавлення, що дає змогу підвищити щільність і зносостійкість металопокриття конкретно на робочій частині кулачка завдяки створенню найбільшого значення сили накочування лише на набігаючій частині кулачка. Крім того, раціональний розподіл сили накочування дає змогу збільшити довговічність накатника. Застосування "магнітного замка" за відсутності імпульсу зварювального струму дає змогу зменшити втрати феромагнітного порошку під час електромагнітного наплавлення [9].

3.3 Будова розробки

Цю установку застосовують для відновлення посадкових місць підшипників кочення. Найпоширенішим явищем є знос посадкових місць під підшипники кочення таких деталей, як первинні та вторинні вали коробки передач легкових і вантажних автомобілів, півосі та вали головних шестерень задніх мостів, поворотних кулаків передніх мостів, валів водяних насосів та інших деталей типу "вал".

Режими відновлення призначаються з урахуванням діаметра відновлюваної поверхні, величини її зносу, матеріалу деталі, матеріалу порошку і його грануляції. Пристосування для відновлення автотракторних валів феропорошками в магнітному полі змонтовано на токарно-

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

гвинторізному верстаті моделі 1К62.

Використовувана однополюсна схема зміцнення поверхні тіл обертання електричними розрядами в магнітному полі розроблена в НУБіП. Установка складається з таких основних вузлів:

- а) приставка до токарно-гвинторізного верстата;
- б) пульт контролю і регулювання електричних параметрів;
- в) джерело технологічного струму.

На підставі літературного огляду патентованих досліджень розроблено принципову електричну схему відновлення та зміцнення валів електричними розрядами в магнітному полі, яку представлено на рис. 3.1.

Електромагнітна котушка 1 встановлена в латунному корпусі з листового металу, закритому зверху кришкою. До корпусу кріпиться щиток 5, в якому змонтовано тумблер і електричний роз'єм. У ланцюзі "корпус - кришка - щиток" є електроізолювальні прокладки для розмикання контуру вихрових струмів. У каркас котушки вклеєно набірний сердечник 2. Для збільшення жорсткості корпусу до нього приклепаний куточок. У полюсному наконечнику 3, виконаному з цільного шматка металу, є змінний вкладиш. Полюсний наконечник приварений до пластинчастої пружини, яка кріпиться на прокладки. Напруга від зварювального трансформатора через клему подається на пластинчасту пружину. Внутрішній дозувальний пристрій через гумову прокладку закріплено на основі, яка зі свого боку є гумовими опорами встановленими на кришці.

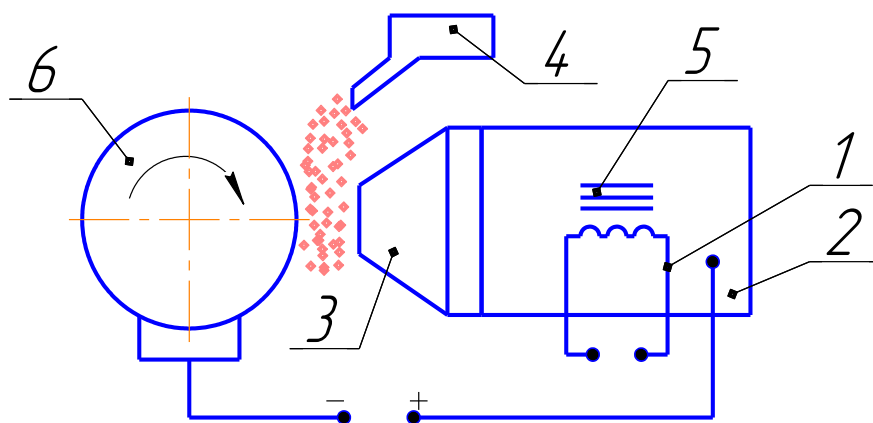


Рис. 3.1 - Принципова схема відновлення і зміцнення валів електричними

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		28

розрядами в магнітному полі

1 - електромагнітна котушка; 2 - набірний сердечник; 3 - полюсний наконечник; 4 - бункер для порошку; 5 - щиток; 6 - деталь

Приставка кріпиться в різцетримачі токарно-гвинторізного верстата моделі 1К62. Деталь закріплюється в трикулачковому патроні і підтискається центром задньої бабки (для випадку, коли деталь є катодом). Якщо деталь включається в зварювальний ланцюг як анод, то необхідно її ізолювати від корпусу за допомогою діелектричних втулок. Далі підключаються зварювальні дроти ланцюга управління.

Технологічний процес відновлення зношеної поверхні виконується в такій послідовності:

- деталь необхідно промити, знежирити, висушити;
- виміряти величину зносу (не більше одного міліметра на діаметр);
- закріпити деталь у патроні, підтиснути центрами або встановити в центрах;
- засипати феропорошок у бункер;
- встановити режими відновлення (силу струму, частоту обертання заготовки, зазор між наконечником і деталлю);
- увімкнути верстат, а потім зварювальний струм і ланцюги управління;
- увімкнути поздовжню подачу (коли відновлювана поверхня більша за ширину наконечника);
- при отриманні необхідної товщини нанесеного шару феропорошку вимкнути зварювальний струм і ланцюги живлення, зупинити верстат.

Під час відновлення деталей феропорошком необхідно виконувати всі вимоги техніки безпеки, як під час виконання робіт на токарних верстатах, а також зварювальних робіт.

3.4 Розрахунок бункерного дозувального пристрою

Для безперервної подачі сипучих матеріалів застосовуються бункерні дозувальні пристрої. Найнадійнішими в роботі, простими конструктивно і легко керованими є БДП вібраційного типу.

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Як привід у БДП вібраційного типу використовуються механізми, що забезпечують зворотно-поступальний рух лотка. Дозований матеріал рухається завдяки гармонійним коливанням, спрямованим під деяким кутом кидання до площини лотка. Перевагою електромагнітних БДП вібраційного типу є швидке протікання перехідних процесів. У разі різкої зміни сили струму в обмотці вібратора нове значення амплітуди вібрації встановлюється через 0,04...0,05 с.

Поряд із зазначеними перевагами БДП вібраційного типу мають два суттєвих недоліки - нерівномірність подачі сипучих матеріалів у часі та за шириною лотка. Основною причиною нерівномірності подачі сипучого матеріалу в часі є зміна його маси, що знаходиться в накопичувачі. Зменшення маси сипучого матеріалу в накопичувачі призводить до зменшення маси рухомої частини вібростеми, що й спричиняє зміну амплітуди вібрації. Крім того, зміна маси сипучого матеріалу в накопичувачі змінює умови "витягування" окремих зерен з-під загальної його маси в лоток. Нерівномірність подачі по ширині лотка зумовлена наявністю поперечних коливань, що виникають унаслідок неминучих похибок складання вібростеми. Для забезпечення рівномірності подачі сипучого матеріалу раціональним БДП застосовують автографічні регулятори.

Розроблена конструкція електромагнітного вібраційного БДП схематично представлена на рис. 3.2. У запропонованій конструкції накопичувач відокремлений від рухомої частини вібростеми і нерухомо укріплений над площиною лотка.

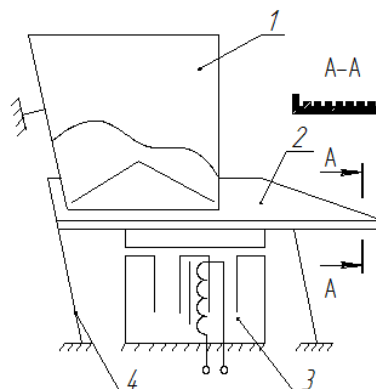


Рис. 3.2 - Схематичне креслення БДП

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		30

1 - бункер; 2 - лоток; 3 - трансформатор; 4 - пружина

3.5 Розрахунок пластинчастої пружини

Пластинчаста пружина представлена на рис. 3.3.

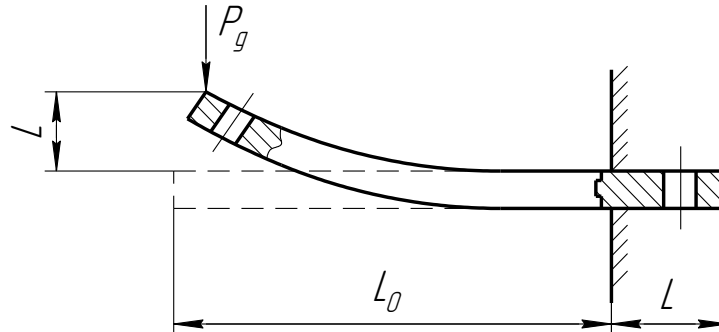


Рис. 3.3 - Пластинчаста пружина

Допустиме напруження під час вигину $[\delta_{из}] = 70$ кгс/мм², модуль пружності пружини $E = 21000$ кгс/мм², товщина стрічки згідно із сортаментом $S = 0,8$ мм.

Визначимо деформацію пружини [10]:

$$F_3 = \frac{2 \cdot L_0^2 \cdot [\delta_{из}]}{3 \cdot S \cdot E}, \text{ мм}, \quad (3.1)$$

$$F_3 = \frac{2 \cdot 50^2 \cdot 70}{3 \cdot 0,8 \cdot 21000} = 6,94 \text{ мм.}$$

З огляду на частоту коливання (50 Гц), точність амплітуди, масу змінного наконечника приймаємо 6 пластин, відповідно максимально допустиме навантаження становить 19,2 кгс, що забезпечує надійність і довговічність.

3.6 Розрахунок різьбового з'єднання штуцера

Матеріал штуцера: бронза БрКМц.

Різьбу приймаємо метричну, правого обертання. d_{cp} приймаємо з конструктивних особливостей. $d_{cp} = 6$ мм. Визначаємо параметри різьби.

Висота профілю різьби h [10]

$$h = 0,1 \cdot d_{cp}, \text{ мм}, \quad (3.2)$$

$$h = 0,1 \cdot 6 = 0,6 \text{ мм.}$$

Зовнішній діаметр різьби d_H [10]:

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		31

$$d_H = d_{cp} + h, \text{ мм}, \quad (3.3)$$

$$d_H = 5,7 + 0,6 = 6,3 \text{ мм}.$$

Внутрішній діаметр різьби d_{BH} [10]:

$$d_{BH} = d_{cp} - h, \text{ мм}, \quad (3.4)$$

$$d_{BH} = 6 - 0,6 = 5,4 \text{ мм}.$$

Для штуцера приймаємо однозахідне різьблення. Число заходів $n = 1$.

Крок різьби визначається за формулою [10]:

$$P = 2 \cdot h, \text{ мм}, \quad (3.5)$$

$$P = 2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ мм}.$$

Приймаємо за ДСТУ 16093:2018 крок різьби $P = 1,25$.

У даному розділі представлено будову конструкторської розробки, описано принцип її роботи та технологічний процес відновлення зношеної поверхні. Представлено розрахунок бункера дозувального пристрою. У конструкторській частині проведено розрахунок пластинчастої пружини на деформацію, розрахунок різьбового з'єднання штуцера на міцність.

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз потенційних небезпек при відновленні посадкових місць підшипників кочення розподільних валів

Відновлення посадкових місць підшипників кочення розподільних валів – це відповідальна технологічна операція, яка може супроводжуватися низкою потенційних небезпек. Основні ризики включають:

1. Технологічні небезпеки

- Невідповідність розмірів після відновлення – неправильний ремонт може призвести до надмірного або недостатнього натягу, що спричинить передчасний знос підшипника або його заклинювання.
- Деформація корпусу або вала – при наплавленні, термообробці або механічній обробці можливе викривлення або залишкові напруження, що вплинуть на роботу механізму.
- Низька якість наплавленого або напилюваного шару – використання неналежних матеріалів або технологій може знизити міцність та зносостійкість відновленої поверхні.

2. Експлуатаційні ризики

- Зниження ресурсу підшипника – навіть незначне відхилення від номінальних параметрів може спричинити прискорене спрацювання підшипника та повторний вихід з ладу.
- Перегрів та підвищене тертя – якщо посадка буде надто щільною або геометрія буде порушена, це може викликати локальний перегрів і руйнування підшипника.
- Порушення балансування валу – нерівномірність відновленого шару може спричинити вібрацію та додаткові навантаження.

3. Безпекові ризики при виконанні ремонту

					ДП.208.045.467н.090.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата								
Розробив		Печерський			ОХОРОНА ПРАЦІ			Літера	Арк.	Аркушів		
Керівник		Бучко								33	4	
Рецензент		Герасимчук						ЖАТФК, гр. Ai-45				
Н. Контр.		Бучко										
Затвердив		Руденко										

- Травмування персоналу – під час наплавлення, шліфування, розточування або пресування є ризик отримання механічних травм, опіків або ураження електричним струмом.

- Виділення токсичних речовин – використання зварювальних матеріалів або напилення може спричинити викиди шкідливих парів та пилу, що небезпечно для здоров'я.

- Порухення правил роботи з обладнанням – невірне налаштування токарного, шліфувального або зварювального обладнання може призвести до аварійної ситуації.

4. Економічні ризики

- Висока вартість відновлення – у випадку невдалого ремонту доведеться виконувати повторне відновлення або заміну валу.

- Простий обладнання – якщо відновлення займе багато часу або призведе до додаткових проблем, це може вплинути на загальну ефективність виробництва.

Заходи безпеки та рекомендації

- Використання точних методів вимірювання та контролю геометрії.

- Застосування відповідних матеріалів і технологій (наприклад, наплавлення, електролітичне осадження, втулкування).

- Контроль термічного впливу для запобігання деформаціям.

- Дотримання норм охорони праці під час механічної обробки та зварювальних робіт.

- Виконання динамічного балансування після відновлення.

Дотримання цих заходів дозволить мінімізувати ризики та продовжити термін служби відремонтованого вузла.

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

4.2 Техніка безпеки при роботі з установкою для зміцнення валів електричними розрядами в магнітному полі ферропорошком

Техніка безпеки при роботі з установкою для зміцнення валів електричними розрядами в магнітному полі з використанням ферропорошку включає кілька ключових аспектів:

1. Загальні вимоги безпеки

- До роботи з установкою допускаються тільки навчені фахівці, які мають відповідний допуск.
- Перед початком роботи необхідно провести перевірку справності обладнання, ізоляції проводів, заземлення та системи вентиляції.
- Приміщення повинно бути обладнане засобами пожежогасіння (вогнегасники, пісок, азбестові покривала).
- Робоче місце має бути чистим, без зайвих предметів, які можуть спричинити загрозу.

2. Електробезпека

- Напруга в установці може досягати високих значень, тому необхідно дотримуватись правил роботи з електроустановками.
- Перед налаштуванням або обслуговуванням установки її слід знеструмити.
- Робота з електрообладнанням повинна виконуватися в діелектричних рукавичках, на діелектричному килимку.
- Усі струмопровідні частини повинні мати надійну ізоляцію та бути захищені від випадкового контакту.

3. Безпека при роботі з ферропорошком

- Ферропорошок є дрібнодисперсним матеріалом, що може бути небезпечним для дихальних шляхів та очей.
- Необхідно використовувати респіратори та захисні окуляри.
- Робоче місце повинно мати ефективну систему вентиляції або витяжку.

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

- Уникати контакту ферропорошку зі шкірою – використовувати спеціальний захисний одяг і рукавички.

4. Магнітне поле

- Сильне магнітне поле може негативно впливати на роботу електронних пристроїв, медичних імплантів (наприклад, кардіостимуляторів).

- Не допускати наближення до робочої зони осіб із кардіостимуляторами або металевими імплантами.

- Уникати розташування електронної техніки в зоні дії магнітного поля.

5. Захист від механічних травм

- Заборонено працювати без захисних екранів, що запобігають розлітання частинок металу.

- Перед початком роботи слід перевірити кріплення всіх деталей.

- Необхідно дотримуватися безпечної відстані від робочої зони при проведенні операцій.

6. Дії у разі аварійної ситуації

- У разі короткого замикання або загоряння негайно відключити установку від мережі.

- При ураженні електричним струмом – негайно викликати медичну допомогу.

- У разі потрапляння ферропорошку в очі чи дихальні шляхи – ретельно промити уражену ділянку та звернутися до лікаря.

Дотримання цих правил дозволить зменшити ризики та забезпечити безпечну експлуатацію установки.

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

5.1 Економічне обґрунтування конструкторської розробки

Витрати на допоміжний матеріал.

Витрата порошку складе:

$$Q_{\text{п}} = T_0 \cdot q_{\text{п}}, \quad (5.1)$$

де T_0 - основний час напилення, хв;

$q_{\text{п}}$ - витрата порошку, кг/хв.

$$Q_{\text{пор}} = (4,54 + 8,16 + 0,47) \cdot 0,174 = 2,3 \text{ кг.}$$

Вартість витраченого порошку складе:

$$C_{\text{пор}} = Q_{\text{пор}} \cdot C_{\text{пор}}, \quad (5.2)$$

де $C_{\text{пор}}$ - ціна порошку, $C_{\text{пор}} = 74$ грн./кг.

Вартість витрачених матеріалів становитиме:

$$C_{\text{пор}} = 2,3 \cdot 74 = 170,2 \text{ грн.}$$

Витрати на виготовлення конструкції, $C_{\text{кон}}$, грн., визначаються за формулою [9]:

$$C_{\text{кон}} = C_{\text{од}} + C_{\text{пд}} + 3П_{\text{сб}}, \quad (5.3)$$

де $C_{\text{од}}$ - вартість матеріалів та енергії на виготовлення оригінальних деталей, грн;

$C_{\text{пд}}$ - вартість покупних деталей, грн;

$3П_{\text{сб}}$ - заробітна плата із соціальними відрахуваннями виробничих робітників, зайнятих на складанні конструкції із соціальними нарахуваннями, грн.

Вартість покупних деталей наведено в таблиці 5.1.

					ДП.208.045.467н.090.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата	ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ							
Розробив	Печерський									Літера	Арк.	Аркуші
Керівник	Бучко										37	6
Рецензент	Веремій									ЖАТФК, гр. Ai-45		
Н. Контр.	Бучко											
Затвердив	Руденко											

Таблиця 5.1 - Вартість стандартних деталей

Найменування	Кількість, шт.	Ціна, грн.
Болт М6× 15 ГОСТ 7798-70	4	48
Болт М6× 20 ГОСТ 7798-70	2	50
Болт М6× 25 ГОСТ 7798-70	2	60
Гвинт М4× 8 ГОСТ 17437-72	8	40
Гвинт М4× 12 ГОСТ 17437-72	4	16
Гвинт М5× 8 ГОСТ 17437-72	2	7
Гвинт М5× 12 ГОСТ 17437-72	16	46
Гвинт М5× 22 ГОСТ 17437-72	2	8
Гвинт М6× 12 ГОСТ 17437-72	2	14
Гайка М5 ГОСТ 15526-70	20	80
Шайба 565Г ГОСТ 6402-70	24	48
Шайба 465Г ГОСТ 6402-70	8	16
Шайба 5 ГОСТ 11371-68	10	10
Шайба 665Г ГОСТ 6402-70	6	18
Шпилька АМ5× 30(14) ГОСТ 11765-70 30(14) ГОСТ 11765-70	2	17
Шпилька АМ5× 40(16) ГОСТ 11765-70 40(16) ГОСТ 11765-70	2	19
Шпилька АМ5× 50(16) ГОСТ 11765-70 50(16) ГОСТ 11765-70	4	21
Колодка Шр20П5ЕГ10	1	35
Тумблер ТВ-1	1	150
Разом	-	703

Вартість матеріалів для оригінальних деталей представлена в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Вартість матеріалів для оригінальних деталей

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Найменування матеріалів	Розміри, м	Ціна за одиницю, грн./м.	Загальна вартість, грн. C_m
Сплав АЛ9 ДСТУ 2839-94	0,105× 0,01× 0,005	2400	1200
Сталь 3 ДСТУ 2651:2005	0,032× 0,016× 0,009; 0,032× 0,016× 0,03; 0,18× 0,04× 0,003	1390	1390
Лист $\frac{Б-1,0 \text{ ГОСТ } 19904-90}{65Г \text{ ГОСТ } 14959-79}$	0,06× 0,02× 0,001	1700	1700
Сталь 10 ДСТУ 7809:2015	0,214× 0,04× 0,005	1540	1540

Вартість виготовлення оригінальних деталей, $C_{од}$, грн., визначається за формулою [9]:

$$C_{од} = 3П_{из} + C_э + C_m + C_{пр}, \quad (5.4)$$

де $3П_{из}$ - заробітна плата із соціальними відрахуваннями виробничих робітників (основна і додаткова), зайнятих на виготовленні деталі, грн;

$C_э$ - витрати на енергетичні джерела, грн;

C_m - вартість матеріалів заготовок для виготовлення деталі, грн;

$C_{пр}$ - інші витрати (накладні витрати), грн.

$$\sum C_m = 1200 + 1390 + 1700 + 1540 = 5830 \text{ грн}$$

Величину заробітної плати із соціальними нарахуваннями, $3П_{из}$, грн., розраховують за формулою [9]:

$$3П_{из} = T \cdot C_q \cdot K_{п} \cdot K_{со}, \quad (5.5)$$

де T - трудомісткість виготовлення деталей, $T = 8$ люд.-год;

C_q - годинна тарифна ставка робітника при виготовленні деталі, $C_q = 69,8$ руб./год.;

$K_{п}$ - коефіцієнт, що враховує додаткові виплати, $K_{п} = 1,8$ [9];

$K_{со}$ - коефіцієнт, що враховує соціальні відрахування, $K_{со} = 1,3$.

$$3П_{из} = 8 \cdot 69,8 \cdot 1,8 \cdot 1,3 = 745,06 \text{ грн.}$$

Витрати на електроенергію, $C_э$, грн., розраховуються за формулою [9]:

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

$$C_{\text{э}} = C_{\text{эл}} \cdot W_{\text{об}}, \quad (5.6)$$

де $C_{\text{эл}}$ - вартість електроенергії, ; $C_{\text{эл}} = 4.32$ руб./кВт · год

$W_{\text{об}}$ - потужність електродвигуна обладнання, $W_{\text{об}} = 7,5$ кВт

$$C_{\text{э}} = 4,32 \cdot 7,5 = 42,75 \text{ грн.}$$

Інші витрати $C_{\text{пр}}$ приймають у розмірі 15 % від суми витрат на заробітну плату та електроенергію:

$$C_{\text{пр}} = 0,15 \cdot (3П_{\text{из}} + C_{\text{э}}), \quad (5.7)$$

$$C_{\text{пр}} = 0,15 \cdot (745,06 + 42,75) = 118,2 \text{ грн};$$

$$C_{\text{од}} = 745,06 + 42,75 + 5830 + 118,2 = 6736 \text{ грн.}$$

Заробітну плату виробничих робітників із соціальними нарахуваннями, $3П_{\text{из}}$, грн., зайнятих на складанні конструкції, розраховують за такою формулою [9]:

$$3П_{\text{сб}} = T_{\text{сб}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{со}}, \quad (5.8)$$

де $T_{\text{сб}}$ - нормативна трудомісткість на складання конструкції, люд.-год;

$C_{\text{ч}}$ - годинна тарифна ставка робітника при складанні конструкції

$C_{\text{ч}} = 69,8$ грн./год., [9];

$K_{\text{п}}$ - коефіцієнт, що враховує додаткові виплати, $K_{\text{п}} = 1,8$, [9]; $K_{\text{со}} = 1,3$.

Нормативна трудомісткість $T_{\text{сб}}$ визначається з виразу [9]:

$$T_{\text{сб}} = K_{\text{сб}} \cdot t_{\text{сб}}, \quad (5.9)$$

де $t_{\text{сб}}$ - трудомісткість складання складових частин конструкції, $t_{\text{сб}} = 2$ люд.-год;

$K_{\text{сб}}$ - коефіцієнт, що враховує співвідношення між повним і оперативним часом складання, $K_{\text{сб}} = 1,08$ [9].

$$T_{\text{сб}} = 1,08 \cdot 2 = 2,16 \text{ люд.-год};$$

$$3П_{\text{сб}} = 2,16 \cdot 69,8 \cdot 1,8 \cdot 1,3 = 201,2 \text{ грн};$$

$$C_{\text{кон}} = 6736 + 703 + 201,2 = 7640,2 \text{ грн.}$$

Витрати на купівлю обладнання, якого бракує, наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3- Витрати на закуповуване обладнання

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

Найменування обладнання	Марка обладнання	Потужність, кВт	Маса, кг	Ціна, тис. грн.
Верстат токарно-гвинторізний	CS6140/750	7,5	2050	425
Верстат копіювально-шліфувальний	3M433Y	5,5	5800	400
Верстат горизонтально-фрезерний	6T82Г	7,5	3050	1590
Мийна ванна	WERTHER 1971	0,9	64,5	28
Секція стелажа	-	-	22	8
Стіл дефектовщика	ОРГ-1468	-	25	6
Всього:	-	21,4	11011,5	2457

Витрати на доставку обладнання визначають за формулою [9]:

$$З_d = M_{об} \cdot L \cdot C_{т.км}, \text{ грн} \quad (5.10)$$

де $M_{об}$ - маса обладнання, $M_{об} = 11,012$;

L - відстань, $L = 60$ км (відстань до торгової, оптово-роздрібної бази);

$C_{т.км}$ - ціна тонно-кілометра, $C_{т.км} = 7,8$ грн.

$$З_d = 11,012 \cdot 60 \cdot 7,8 = 5153,62 \text{ грн.}$$

За розрахунками витрати на монтаж становлять 8% від вартості придбаного та виготовленого обладнання і визначаються за формулою:

$$З_m = C_{об} \cdot 0,08, \text{ тис. грн,} \quad (5.11)$$

де $C_{об}$ - вартість придбаного обладнання та виготовленого пристосування для електромагнітного наплавлення, $C_{об} = 2464,6$ тис. грн.

$$З_m = 2464,6 \cdot 0,08 = 197,2 \text{ тис. грн.}$$

Загальна сума додаткових капітальних витрат визначається за формулою [4].

$$K_z = З_п + З_d + З_m, \quad (5.10)$$

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

де $Зп$ - витрати на придбання й освоєння обладнання, якого бракує.

$$K_3 = 2457 + 5,2 + 197,2 = 2659,4 \text{ тис. грн.}$$

5.2 Термін окупності додаткових вкладень

Термін окупності додаткових вкладень знаходимо за формулою [4]:

$$T_o = \frac{K_{з.об.}}{\mathcal{E}_{ум.р.}}, \quad (5.11)$$

де $K_{з.об.}$ - загальні капітальні витрати, тис. грн;

$\mathcal{E}_{ум.р.}$ - умовний річний ефект, тис. грн.

$$\mathcal{E}_{усл.г.} = R \times \Sigma \mathcal{E} \times \frac{W_{r1}}{W_{r1} + W_{r2}}, \quad (5.12)$$

де R - коефіцієнт рентабельності, $R=0,3$.

W_{r1} - деталі на продаж (995шт.)

W_{r2} - деталі, які залишаємо для свого господарства (20 шт.).

$$\mathcal{E}_{ум.р.} = 0,3 \times 1610,32 \times \frac{995}{995 + 20} = 473,6 \text{ тис. грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень:

$$T_o = (2457 + 7,64) / 473,6 = 5,21 \text{ року}$$

У цьому розділі розраховуються витрати на: виготовлення конструкції, які становлять 7660,2 гривень. Термін окупності капітальних витрат складе 5,21 року. Оскільки умовний річний ефект ($\mathcal{E}_{ум.р.}$) дорівнює 473,6 тис. грн., що > 0 , то проєкт вважається ефективним.

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК

У дипломному проєкті на тему «Підвищення надійності автотракторної техніки з розробкою установки для відновлення посадкових місць підшипників кочення» було розглянуто проблему зносу посадкових місць підшипників та запропоновано ефективний метод їх відновлення.

Основним технічним рішенням є установка для зміцнення валів електричними розрядами в магнітному полі із застосуванням ферропорошку. Ця технологія дозволяє:

- Підвищити твердість та зносостійкість посадкових місць завдяки формуванню зміцненого шару на поверхні деталей.
- Зменшити витрати на ремонт автотракторної техніки шляхом відновлення зношених місць без необхідності заміни деталей.
- Забезпечити високу якість відновлених поверхонь, що позитивно впливає на експлуатаційний ресурс машин.

В ході роботи було проведено аналітичний огляд існуючих методів відновлення та зміцнення деталей, а також експериментальні дослідження роботи розробленої установки. Отримані результати підтвердили ефективність запропонованого методу, що дозволяє рекомендувати його для впровадження в ремонтних майстернях і машинобудівних підприємствах.

Розроблена установка є перспективною для широкого використання в галузі ремонту та технічного обслуговування автотракторної техніки, що сприяє підвищенню її надійності та довговічності.

					ДП.208.045.467н.090.ПЗ				
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата	ВИСНОВОК				
Розробив	Печерський								
Керівник	Бучко								
Рецензент									
Н. Контр.	Бучко								
Затвердив	Руденко								
					Літера	Арк.	Аркушів		
							43	1	
					ЖАТФК, гр. Ai-45				

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баранов В. А. Технологія ремонту машин / В. А. Баранов. – Київ: Вища школа, 2008. – 375 с.
2. Кузьменко О. В. Основи надійності та довговічності машин / О. В. Кузьменко. – Київ: Либідь, 2012. – 284 с.
3. Сухоруков В. А. Відновлення деталей машин / В. А. Сухоруков, О. М. Ковальов. – Харків: ХНАДУ, 2016. – 312 с.
4. Лебедєв А. О. Ремонт тракторів і автомобілів / А. О. Лебедєв, В. П. Григор'єв. – Київ: Урожай, 2014. – 405 с.
5. Поляков В. Г. Основи триботехніки та технології відновлення деталей / В. Г. Поляков. – Львів: Світ, 2011. – 298 с.
6. Сидоренко В. П. Застосування наплавлення при ремонті посадкових місць підшипників / В. П. Сидоренко // Науковий вісник НТУ «ХПІ». – 2017. – №3. – С. 45-52.
7. Демченко П. А. Дослідження зношування посадкових місць підшипників кочення в автотракторній техніці / П. А. Демченко // Вісник аграрної науки. – 2018. – №7. – С. 112-119.
8. Івашко С. В. Відновлення деталей сільськогосподарської техніки методом газополуменового напилення / С. В. Івашко // Сільськогосподарська техніка і технології. – 2019. – №5. – С. 89-95.
9. Мельник О. П. Вплив способу відновлення посадкових місць на їх довговічність / О. П. Мельник, І. В. Степаненко // Технічна механіка. – 2020. – №4. – С. 78-85.
10. Романенко А. Ю. Підвищення зносостійкості посадкових місць підшипників шляхом лазерного зміцнення / А. Ю. Романенко // Техніка і технології АПК. – 2021. – №2. – С. 36-43.

					ДП.208.045.467н.090.ПЗ						
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата							
Розробив	Печерський				СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			Літера	Арк.	Аркушів	
Керівник	Бучко									44	2
Рецензент								ЖАТФК, гр. Аі-45			
Н. Контр.	Бучко										
Затвердив	Руденко										

11. Петров В. М. Технологічні процеси відновлення деталей машин: дис. ... канд. техн. наук / В. М. Петров. – Київ, 2015. – 180 с.

12. Савченко І. Г. Дослідження міцності посадкових місць підшипників в умовах експлуатації: автореф. дис. ... канд. техн. наук / І. Г. Савченко. – Харків, 2018. – 22 с.

13. Гончаренко С. О. Відновлення посадкових місць підшипників за допомогою полімерних матеріалів / С. О. Гончаренко // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Інноваційні технології в машинобудуванні». – Київ, 2020. – С. 95-98.

14. Терещенко О. Л. Лазерне наплавлення як ефективний метод відновлення деталей машин / О. Л. Терещенко // Збірник наукових праць «Сучасні технології ремонту машин». – Львів, 2019. – С. 112-116.

15. Ковальчук М. В. Вплив параметрів наплавлення на зносостійкість посадкових місць / М. В. Ковальчук // Праці Національного транспортного університету. – 2021. – С. 67-72.

					ДП.208.045.467Н.090.ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ документ	Підпис	Дата		