

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Інженерно-фізичний факультет

(повне найменування факультету)

Кафедра інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра

(ступінь вищої освіти)

на тему Розробка технологічного процесу відновлення штоку гідро амортизатору

електровозу серії ЧС

(назва теми)

Виконав(ла): студент(ка) б курсу, групи ІФ-412м

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Відновлення та підвищення зносостійкості
деталей і конструкцій

Котов М. М.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник Лаптева Г. М.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент Петрик І. А.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Інженерно-фізичний

Кафедра Інтегрованих технологій зварювання та моделювання конструкцій

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 131 Прикладна механіка
(код і найменування)

Освітня програма (спеціалізація) Відновлення та підвищення зносостійкості деталей і конструкцій
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Капустян О. Є.

« 15 » грудня 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА

Котов Микола Миколайович
(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічного процесу відновлення штоку гідроамортизатору електровозу серії ЧС

керівник проєкту (роботи) Доцент, к.т.н., Лаптева Ганна Миколаївна,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «15» грудня 2023 року № 509

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____



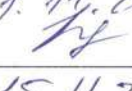
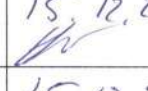


3. Вихідні дані до проєкту (роботи) умови роботи виробу, базова технологія ремонту

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Аналіз умов експлуатації штока гідроамортизатора електровоза; 2 Технологічний процес відновлення штоку гідроамортизатора; 3 Плазмове напилення штоку гідроамортизатора та вибір обладнання; 4 Дослідження властивостей напиленого шару; 5 Техніко-економічні розрахунки; 6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Електровоз ВЛ80, схема підвіски; Схема гідроциліндру електровозу; Технологія ремонту виробу методом плазмового напилення; Дослідження структури підшару ПГЮ5Н; Дослідження структури напиленого шару ПКХТН-30; Дослідження механічних властивостей напилених зразків.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Інженерно-технічна частина	Лаптева Г. М., доцент	16.10.2023 	15.12.23 
Економічна частина	Лаптева Г. М., доцент	1.11.2023 	15.12.23 
Охорона праці	Лаптева Г. М., доцент	15.11.2023 	15.12.23 

7. Дата видачі завдання « 16 » жовтня 2023 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Вступ		викон
2	Аналіз вихідних даних та технічного завдання проєкту		викон
3	Літературний огляд		викон
4	Розробка технології ремонту виробу		викон
5	Дослідження властивостей напилених зразків та обробка результатів		викон
6	Економічна частина		викон
7	Охорона праці		викон
8	Висновок		викон
9	Виконання креслень		викон

Студент(ка)


(підпис)

Микола КОТОВ
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)


(підпис)

Ганна ЛАПТЄВА
(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 78 с., 23 рис., 14 табл., 35 літературних джерел.

ШТОК ГІДРОАМОРТИЗАТОРА, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, ВІДНОВЛЕННЯ,
МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, МІЦНІСТЬ

Об'єкт дослідження – шток гідроамортизатора електровоза серії ЧС.

Мета роботи – розробка технологічного процесу відновлення штока гідроамортизатора, вибір режимів та матеріалів, і підбір необхідного обладнання.

Проаналізовані умови експлуатації штока гідроамортизатора, показані основні фактори, що впливають на зниження працездатності деталей.

Дана характеристика штока. Запропонована технологія відновлення штока гідроамортизатора методом плазмового напилення.

Проаналізовано і обрано матеріал покриття, що наноситься.

Спроектовано технологію напилення виробу.

Передбачені заходи з охорони праці.

ABSTRACT

Graduate work: 78 p., 23 pic., 14 tabl., 35 sources.

**HYDRAULIC SHOCKABSORBER ROD, WEAR RESISTANCE,
RESTORATION, MECHANICAL PROCESSING, DURABILITY**

Object of development is the hydraulic shock absorber rod of the ChS series electric locomotive.

Purpose of the work is to develop the technological process of restoring the hydraulic shock absorber rod, the selection of modes and materials, and the selection of the necessary equipment.

Operating conditions of the hydraulic shock absorber rod are analyzed, the main factors affecting the reduction in the performance of the parts are shown.

This characteristic of the rod. The proposed technology of restoration of the hydraulic shock absorber rod by the method of plasma spraying. The coating material to be applied was analyzed and selected.

Spraying technology have been designed.

Anticipated labor protection measures.

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналіз умов експлуатації штока гідроамортизатора електровоза	10
1.1 Умови експлуатації штока гідроамортизатора електровоза.....	10
1.2 Геометричні та конструктивні характеристики штока гідроамортизатора електровоза	11
1.3 Експлуатаційні характеристики штока гідроамортизатора електровоза	15
1.4 Установлення видів виявлення та визначення переважного	15
1.5 Попередній вибір матеріалу штока гідроамортизатора електровоза.....	16
2 Технологічний процес відновлення штока гідроамортизатора.....	18
2.1 Альтернативні варіанти відновлення штока гідро амортизатора	18
2.2 Міцнісні властивості напилених шарів.....	25
3 Плазмове напилення штоку гідроамортизатора та вибір обладнання.....	26
3.1 Технологічний процес плазмового напилення штоку	26
3.2 Суть процесу плазмового напилення	27
3.3 Підготовка під напилення	30
3.4 Нанесення напиленого шару та наступна обробка	32
3.5 Вибір стандартного обладнання, опис конструкції, принципу роботи та технічних характеристик	34
3.6 Контроль якості	38
4 Дослідження властивостей напиленого шару	41
4.1 Макроструктурний аналіз зразків.....	43
4.2 Мікроструктурний аналіз зразків	43
4.3 Перевірка механічних властивостей	45
4.4 Висновки, прийняті внаслідок дослідження	49
5 Техніко-економічні розрахунки.....	51
5.1 Висновки по розділу	56
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	57

6.1 Аналіз потенційних небезпек.....	57
6.2 Заходи забезпечення безпеки.....	59
6.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці.....	67
6.4 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях, пожежна безпека	69
Висновки	72
Перелік джерел посилання	74

ВСТУП

Ефективність роботи сучасного обладнання, його надійність, у значній мірі залежить від здатності протистояти зношуванню багатьох деталей і вузлів.

Для забезпечення високої працездатності залізничного транспорту він повинен підтримуватися в справному, хорошому стані.

При русі рухомого складу електровоза, тепловоза, його підвіска створює статистичні навантаження, які виникають внаслідок нерівності шляху, через наявність стиків між рельсами. Для погашення цих коливань застосовують спеціальні пристрої, що називаються ресорами та амортизаторами [1].

Гідроамортизатор є основною ланкою ресорного підвішування. Він гасить саме те вертикальні коливання кузова, що виникають при русі рухомого складу.

Від зносу і пошкодження деталей, що труться, гасителів, в процесі вони знижують свою працездатність. Для відновлення і підтримки заданого рівня працездатності служить планова система технічного обслуговування і ремонту гасителів. Гасителі коливань є відповідними пристроями ресорного підвішування. Тому необхідний періодичний контроль їх працездатності як на локомотиві або вагоні електропоїзда в період експлуатації, так і при ремонті в депо і на заводі [1].

Найбільш надійним методом відновлення виношених штоків гідроамортизатора є плазмове напилення.

Плазмове напилення – прогресивний технологічний процес нанесення покриттів. При цьому способі нанесення покриття не спостерігається перегріву поверхні або її розплавлення, як у випадку зварювання або наплавлення. Це включає в себе виникнення значних внутрішніх напружень, а також руйнування або короблення деталей. Покриття, що наносяться, при

плазмовому напиленні відрізняються високими експлуатаційними і технологічними властивостями, які можуть значно перевищити властивості вихідної деталі [2].

1 АНАЛІЗ УСЛОВИЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШТОКА ГІДРОАМОРТИЗАТОРА ЕЛЕКТРОВОЗА

1.1 Умови експлуатації штока гідроамортизатора електровоза серії ЧС

При русі рухомого складу електровоза, його підвіска створює статистичні навантаження, які виникають внаслідок нерівності шляху, через наявність стиків між рельсами. Для гасіння цих коливань застосовують спеціальні пристрої, що називаються ресорами та амортизаторами. Гідроамортизатор є основною ланкою ресорного підвішування. Він гасить саме те вертикальні коливання кузова, що виникають при русі рухомого складу [1].

Від зносу і пошкодження деталей, що труться, гасителів, в процесі вони знижують свою працездатність. Для відновлення і підтримки заданого рівня працездатності служить планова система технічного обслуговування і ремонту гасителів. Гасителі коливань є відповідними пристроями ресорного підвішування. Тому необхідний періодичний контроль їх працездатності як на локомотиві або вагоні електропоїзда в період експлуатації, так і при ремонті в депо і на заводі [3].

Робоча температура в зоні контакту не надто велика, і тому не надає значного впливу на процес виготовлення штока гідроамортизатора. Абразивні частинки в зоні контакту спочатку відсутні, але при продовженні роботи і при наступному зносі штока, вони можуть потрапити в зону контакту, коробити поверхню штока, дряпати її, робити риски, тим самим, підвищити знос і знизити працездатність деталей [1].

1.2 Геометричні та конструктивні характеристики штока гідроамортизатора електровоза серії ЧС

Гідрогасителі, що застосовуються, мають телескопічно-поршневу конструкцію. Узагальнена схема пристрою наведена на рис. 1.1 [1].

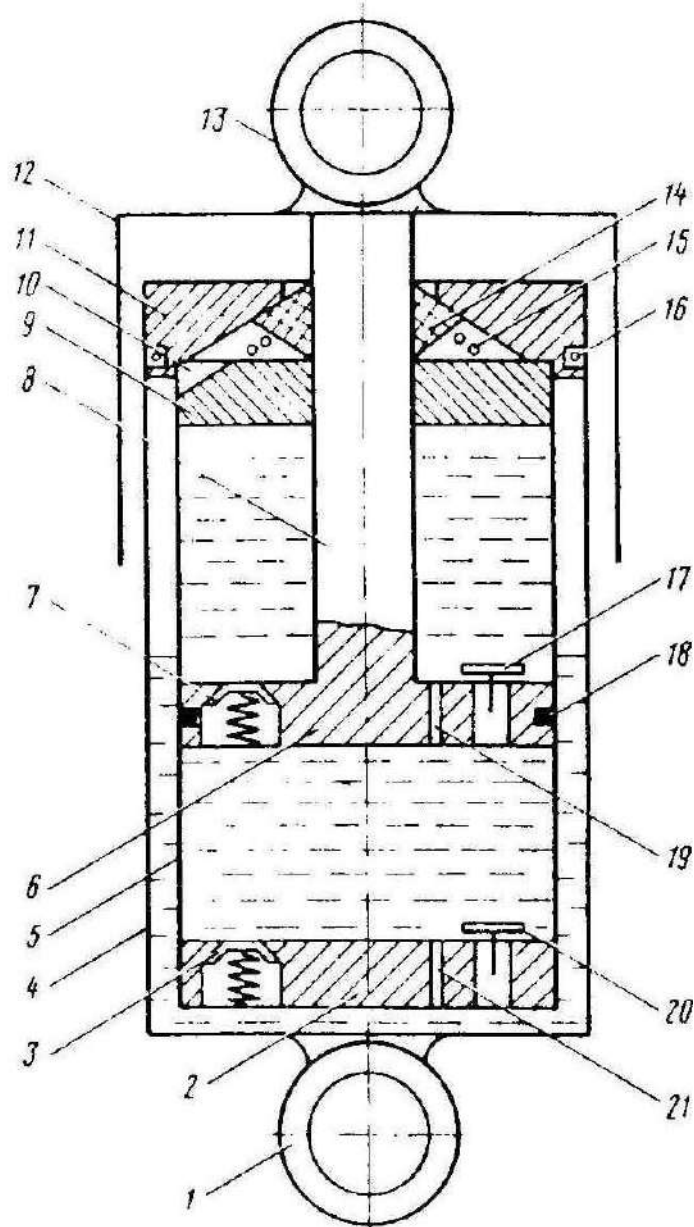


Рисунок 1.1 – Конструктивна схема гідравлічного гасителя телескопічно-поршневого типу [1]

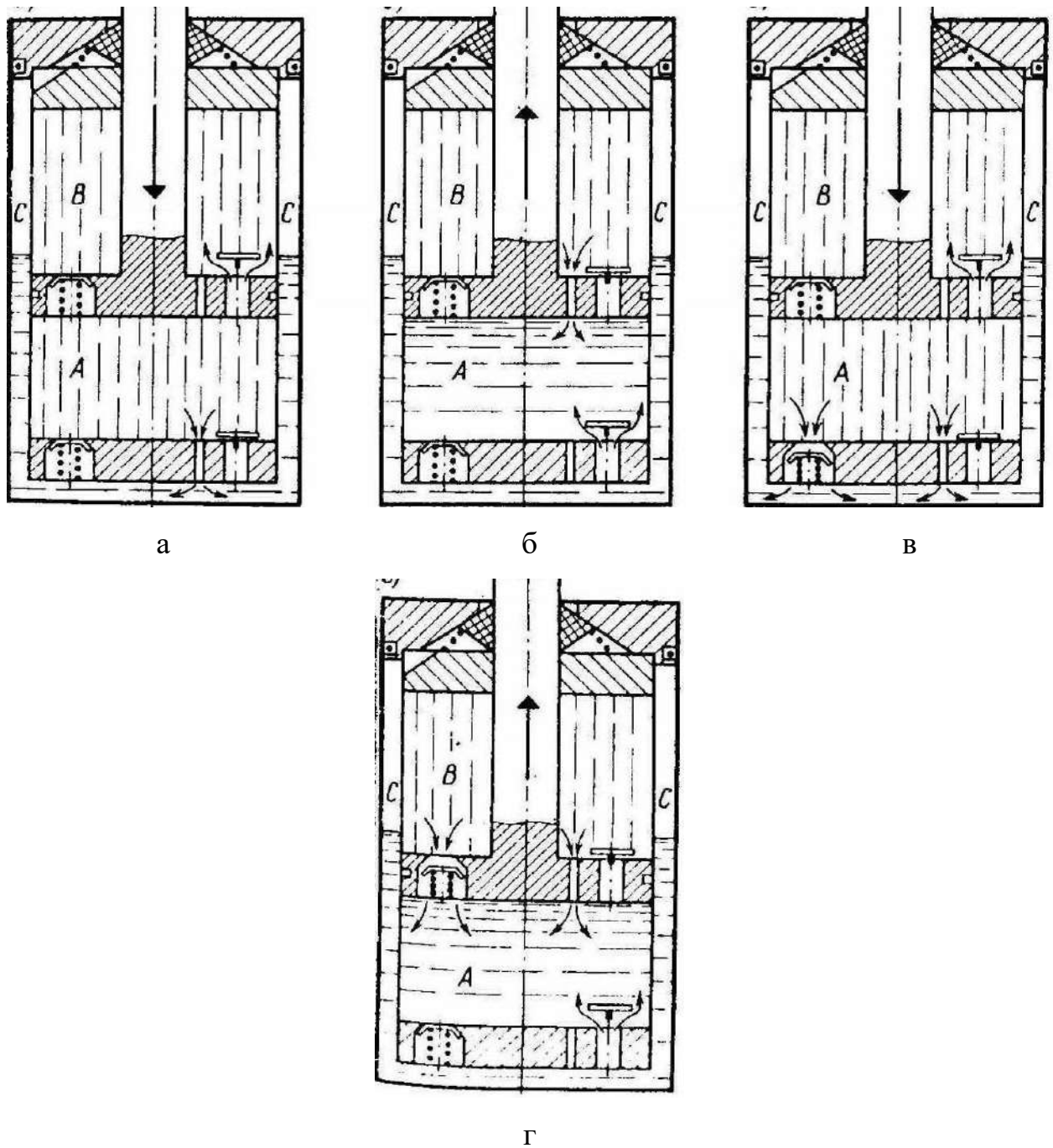
У циліндрі 5 розміщений шток 8 з поршнем 6. Знизу циліндр закритий дном 2, а зверху – направляючою 9 штока. У поршні та дні вмонтовані

впускні пристрої (клапани 17, 20), розвантажувальні пристрої (запобіжні клапани 7, 3) та дросельні отвори 19, 21. Всі деталі розміщені в корпусі, що складається зі склянки 4 і нижньої головки 1, і закріплені гайкою. Порожнини циліндра заповнені рідиною, ущільненнями якої служать поршневе кільце 18, манжета 14 гумове кільце 16. До штока 8 прикріплені верхня голівка 13 і захисний кожух 12 у вигляді циліндру. У напрямній є зливний виріз 10. Манжета притиснена до штоку пружиною 15 [1].

На локомотиві (вагоні електропоїзда) гаситель кріпиться паралельно пружним комплексам кріпильними голівками та втулками за допомогою валиків. При коливаннях візка та кузова шток 8 гасника здійснює зворотно-поступальний рух щодо циліндра. При ході стиснення (рис. 1.2, а, в) зменшується об'єм підпоршневої порожнини А і збільшується в надпоршневій порожнині. Штоком 8 (рис. 1.1) рідина витісняється з циліндра через дросель 21 нижнього клапана в рекуперативну камеру С. Робота сил в'язкого опору витрачається на нагрівання рідини, а теплота розсіюється через корпус у навколишнє середовище [1].

При ході розтягування (рис. 1.2, б, г) рідина дроселює з надпоршневої порожнини в підпоршневу через отвір в поршні. Одночасно за рахунок розрядження в обсяг що виходить з циліндра штока недостатня частина рідини в порожнині А заповнюється з рекуперативної камери через відкритий перепадом тисків впускний клапан.

При завищених швидкостях переміщення штока під час розтягування відкривається розвантажувальний пристрій 7 (рис. 1.1) в поршні і перепускає рідину з надпоршневої порожнини підпоршневу порожнину А. У результаті сили в'язкого опору обмежуються [1].



а, в — хід стиснення, б, г — хід розтягування в дросельному (а, б) та клапанному (в, г) режимах роботи (горизонтальне штрихування – зона низького тиску; вертикальне штрихування - зона високого тиску)
 Рисунок 1.2 – Схеми переміщення клапанів та циркуляції рідини у гасителі коливань [1]

При надмірних швидкостях ходу стиснення відкривається розвантажувальний пристрій 3 (рис. 1.1) в дні і перепускається рідина з циліндра в рекуперативну камеру С. Таким чином, в клапанному режимі

роботи обмежуються на розрахунковому рівні тиск рідини і сили в'язкого опору.

При перерізі штока, що дорівнює половині площі поршня, об'єм дросельованої рідини на ходах стиснення і розтягування приблизно рівні, і гаситель працює за симетричним циклом в'язкого тертя. Масло, що просочилось через кільцевий зазор між штоком і направляючою стікає по вирізу 10 в рекуперативну камеру С. Витоки рідини через нещільності знижують працездатність гасника коливань [1].

Працездатність гідрогасителів визначається процесом наповнення порожнин циліндра робочою рідиною та її дроселювання через калібровані отвори.

У процесі руху штока він стикається з направляючою і, відповідно, відбувається зношування поверхні штока об неї. Шток гідроамортизатора виготовлений із сталі Сталь 50. Направляюча виготовлена із сірого чавуну.

Хімічний склад сталі Сталь 50 і сірого чавуну АСЧ 16-23 приведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 50 та сірого чавуну АСЧ 16 - 23 [4]

Матеріал	Масова частка елементів, мас. %							
	C	Si	Mn	Cr	P	Cu	Ni	As
Сталь 50	0,47 – 0,55	0,17 – 0,3	0,50 – 0,80	0,25	0,4	0,035	0,25	0,08
АСЧ 16- 23	3,3 – 3,5	1,4 – 1,7	0,6 – 0,9	–	0,3	–	–	–

Механічні властивості сталі 50 та сірого чавуну АСЧ 16 - 23 наведені в табл. 1.2

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 50 і сірого чавуну
АСЧ 16 – 23 [5]

Матеріал	Механічні властивості					
	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	$\sigma_{0,2}$, МПа	КСУ, Дж/см ²	Твердість, НВ
Сталь 50	560	14	30	275	34	207
АСЧ 16-23	210	0,4 – 0,7	20 – 30	–	–	280

1.3 Експлуатаційні характеристики штока гідроамортизатора

До складу підвіски електровоза входить 24 гідроамортизатори і, відповідно, 24 штоки гідроамортизатора. Термін служби кожного штока становить 800 000 км – це стандартно встановлена норма пробігу електровоза, після якої проводять його плановий ремонт. Але якщо гідроамортизатор дасть течію, або вийде з ладу, то необхідний терміновий ремонт, а при неможливості відновлення – повна заміна. У період експлуатації для попередження поломок необхідний періодичний огляд гідроамортизатора [1].

1.4 Встановлення видів зношування та визначення переважаючого

Шток гідроамортизатора електровоза ЧС схильний до механічного виду зношування, який включає як абразивне зношування внаслідок попадання бруду та пилу і, тим самим, прискорення зношування штоку, так і безпосередньо тертя штока по направляючій. Фрикційним тертям називається опір, що виникає між парами, що труться, в результаті

молекулярно-механічного зчеплення шорсткостей. При відносному зрушенні пар зв'язки руйнуються, на контактованих майданчиках генерується тепло, відбуваються хіміко-окисні процеси та руйнування у вигляді пластичної деформації, абразивного та корозійно-окисного зносу. Надмірний тиск, що перевищує поріг схоплювання, призводить до руйнування оксидної плівки, місцевих виривів матеріалу з наступним абразивним руйнуванням поверхні тертя. Попадання пилу, піску та інших сторонніх частинок з навколишнього середовища призводить до абразивного руйнування не тільки шару, що контактує, але і більш глибоких шарів. Тому, шток у місці контакту з напрямною, при постійному переміщенні один одного, зношується [6].

1.5 Попередній вибір матеріалу штока гідроамортизатора електровоза

Для виготовлення штока гідроамортизатора можна використовувати конструкційні сталі типу 30Х, 40Х, 65Г і т.п., але в результаті ці сталі не забезпечать необхідної працездатності, експлуатаційної надійності та придатності для гідроамортизатора штока, такий, як корозійна стійкість і зносостійкість. У результаті такі сталі не зовсім будуть придатні як матеріал для штока гідроамортизатора.

Як матеріал для виготовлення штока можна використовувати якісні середньо- та високовуглецеві сталі 30, 40, 45, 50. Ці сталі добре підходять для виготовлення важко навантажених валів, осей, штоків і т.п. [6].

Хімічний склад та механічні властивості запропонованих сталей наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості запропонованих сталей [4]

Марка сталі	C, мас.%	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Ψ , %
30	0,27 - 0,35	500	300	21	50
40	0,37 - 0,45	580	340	20	45
45	0,42 - 0,50	610	360	16	40
50	0,47 - 0,55	640	380	14	40

З наведених сталей найбільше підходить сталь 50, яка забезпечить штовку значну твердість та високі експлуатаційні якості, поряд з гарною пластичністю. Але при цьому для забезпечення корозійної стійкості необхідне проведення хромування.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВІДНОВЛЕННЯ ШТОКУ ГІДРОАМОРТИЗАТОРУ

2.1 Альтернативні варіанти відновлення штока гідроамортизатора

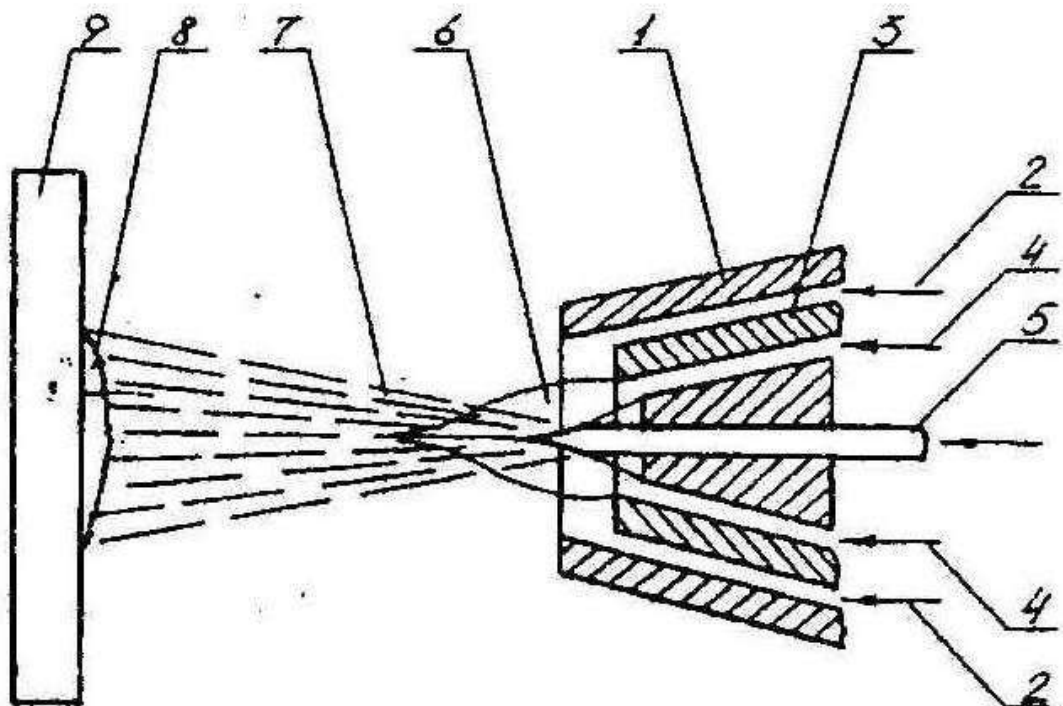
Доцільність використання того чи іншого способу нанесення покриттів повинно визначатися в залежності від експлуатаційних вимог до деталі, вимог до надійності та ресурсу роботи виробу, нанесення покриттів з урахуванням необхідного обладнання, газів і матеріалів, які розпилюються.

Велике значення у вирішенні проблеми відновлення штока гідроамортизатора приділяється методам термічної металізації та напилення, що є одним з найбільш прогресивних технологічних процесів, і забезпечують отримання покриттів з високими експлуатаційними властивостями. Основними перевагами процесів газотермічного напилення та металізації, що використовуються для відновлення деталей, є простота процесу, незначне нагрівання виробу, практично відсутність його деформації. До деяких недоліків газотермічного напилення та металізації можна віднести слабку адгезію покриття з основою, дещо низькі властивості напилених шарів у порівнянні з наплавленими, трохи більші втрати матеріалу при нанесенні покриттів на малогабаритні деталі. Для забезпечення кращої зчеплюваності шарів, що наносяться з поверхнею, її слід піддати обробці для створення шорсткості. Незважаючи на це, завдяки своїм широким технологічним можливостям, легкості виконання та простоті технологічного процесу, методи термічного напилення найкраще підходять для відновлення штока гідро амортизатора [7].

Залежно від виду джерела теплової енергії, що використовується для розплавлення матеріалу, що напилюється, розрізняють газовий, плазмовий, електродуговий та інші способи напилення.

Для відновлення штока гідроамортизатора можна використовувати такі способи:

а) Газополуменеве напилення. При газополуменовому напиленні джерелом теплової енергії є полум'я, що утворюється в результаті горіння палива в кисні. Суть процесу полягає в тому, що у високотемпературну зону полум'я у вигляді дроту, прутка, або порошку подається матеріал, що розпилюється, який розплавляється, розбивається газовим потоком на дрібні частинки і наноситься на поверхню виробу. Схема процесу газополуменового напилення наведено на рис. 2.1 [7].



1 – повітряне сопло розпилювальної головки; 2 – подача повітря; 3 – газове сопло; 4 – подача горючої суміші; 5 – матеріал, що розпилюється; 6 – факел полум'я; 7 – потік розплавлених частинок матеріалу, що розпилюється; 8 – напилене покриття; 9 – виріб.

Рисунок 2.1 - Схема процесу газополуменового напилення [7]

При цьому деталь обертається довкола своєї осі. Нагріваючись і стикаючись з розігрітою поверхнею, матеріал зчіпляється з нею, тим самим утворюючи покриття. Процес відрізняється відносною простотою виконання, не має прив'язки до електроенергії, а також відрізняється відносною

дешевизною устаткування, що використовується, хорошими санітарно-гігієнічними умовами праці [7].

Переваги [8]:

- можливістю отримання покриттів товщиною до 10 мм (доцільн товщина від 0,5 до 5,0 мм);
- високою продуктивністю процесу (до 10 кг / год);
- відносно малою тепловою дією на основу (у межах 150 ... 350 °С), що дозволяє наносити покриття на поверхні великого асортименту матеріалів, включаючи пластмасу;
- можливістю регулювання складу пальної суміші, яка подається у пальник;
- гнучкістю технологічного процесу та високою мобільністю обладнання, що дозволяє наносити покриття на деталі практично без обмежень їх розмірів, а в деяких випадках виконувати напилення на місці без демонтажу деталей;
- відносно низьким рівнем шуму та випромінювання;
- можливістю автоматизації процесу та встановлення в автоматичні лінії.

Недоліки [8]:

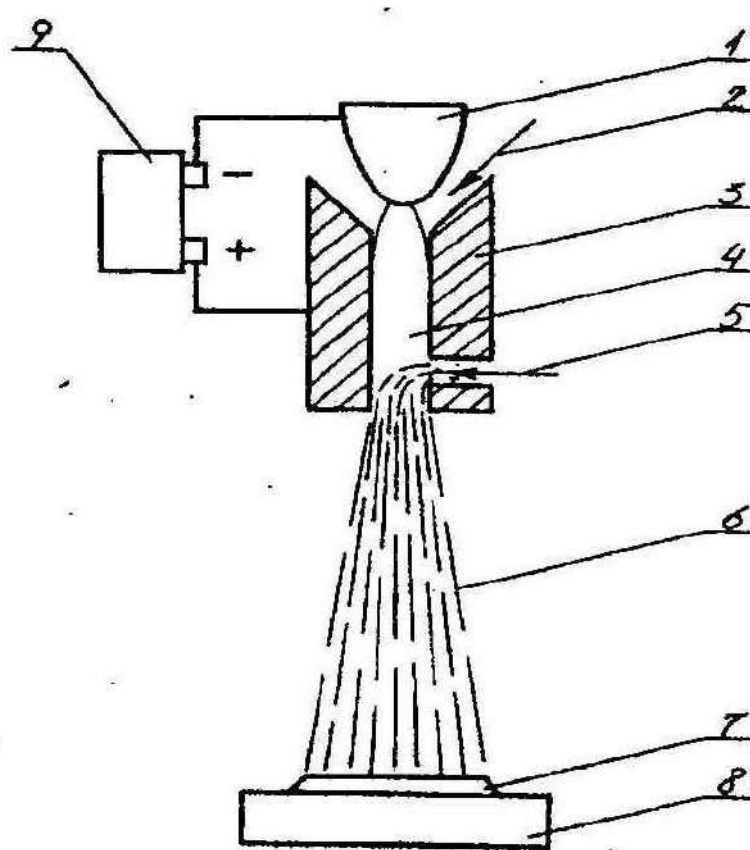
- недостатня міцність зчеплення покриття з основою (5 ... 20 МПа) при випробуванні на нормальний відрив;
- наявність пористості (в межах 5 ... 25 %);
- невисокий коефіцієнт використання енергії газополуменевого струменя на нагрівання порошкового матеріалу (2 ... 12 %).

б) Плазмове напилення. При плазмовому напиленні для плавлення матеріалу, що розпорошується, який подається у вигляді порошку або дроту, використовується енергія стиснутої плазмової дуги, температура якої в багато разів перевищує температуру газового полум'я [9].

Розпилення дротяних матеріалів може йти за схемою "нейтрального" або "струмового" дроту. В останньому випадку на дріт подається позитивний

потенціал від джерела живлення, а дуга горить між електродом, що не плавиться і дротом, що забезпечує більш високу продуктивність її розпилення. Покриття, отримані методом плазмового напилення, мають високу щільність, хороше зчеплення з основою, незначне окисленням напилюваного матеріалу, так як в якості плазмоутворюючого газу використовуються переважно інертні і безокислювальні гази. Міцність зчеплення частинок становить (15 – 60) МПа. Процес плазмової металізації відрізняється більшою продуктивністю, порівняно з газополум'яним напиленням. Однак для його здійснення потрібно більш складне та дороге обладнання, значні експлуатаційні та матеріальні витрати [9].

Схема плазмового напилення зображена на рисунку 2.2 [8].



1 — електрод, що не плавиться; 2 — подача плазмоутворюючого газу; 3 — формуюче сопло плазмотрону; 4 — плазмова дуга; 5 — подача розпилюваного дроту; 6 — потік частинок; 7 — покриття; 8 — виріб; 9 — джерело живлення плазмової дуги.

Рисунок 2.2 – Схема плазмового напилення дротом [8]

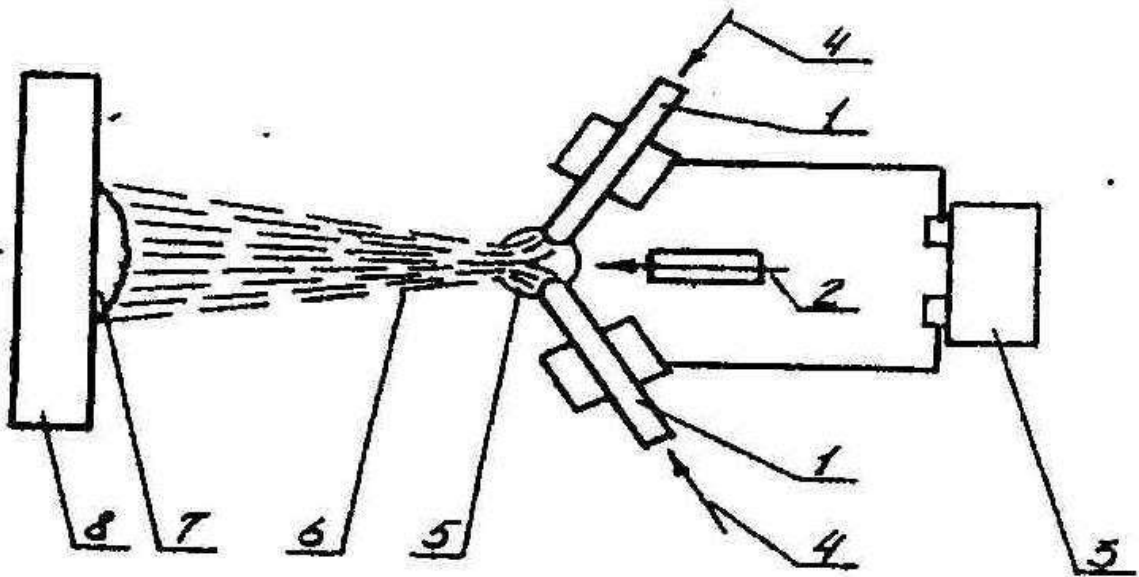
Знизити витрати на процес плазмового напилення можна шляхом використання замість інертних газів як плазмоутворюючий газ повітря з добавками вуглеводнів. Однак при цьому все-таки має місце більше окислення напилюваного матеріалу, ніж в інертних газах, що позначається на якості покриттів, а також неможливість використання неплавких електродів і, як наслідок способу напилення «нейтральним» дротом, через швидкий знос та руйнування електроду [9].

Також в якості розпалюваного матеріалу можливо використовувати порошкові матеріали

Цей спосіб доцільно застосовувати для напилення матеріалів, які неможливо нанести газополум'яним або електродуговим методом, або коли висувуються підвищені вимоги до якості напиленого шару на дуже відповідальних виробках [7].

в) Електродугова металізація. Суть процесу полягає у розпиленні матеріалу у вигляді дротів, одна з яких є позитивним електродом, інша негативним. Дроти-електроди напилюваного матеріалу подаються по напрямних пальника, до яких підведено напругу. При замиканні між кінцями дротів утворюється дуга, що виділяє тепло, яка плавить матеріал, що розпилюється [8].

Схема електродугового напилення зображено на рис. 2.3 [8].



1 — дроти, що розпилюються; 2 — подача повітря; 3 — джерело живлення дуги; 4 — подача дроту; 5 — дуга; 6 — потік металізаційних частинок; 7 — покриття; 8 — виріб.

Рисунок 2.3 – Схема електродугового напилення [8]

Стиснене повітря, що безперервно подається від компресора, дробить розплавлений метал, переносячи його на вже спеціально підготовлену поверхню. Розплавлений метал при цьому зчіплюється з поверхнею і остигає до кімнатної температури. При цьому не відбувається перегріву поверхні, деталь залишається рівною по всій довжині, а матеріал, що наноситься вже в розплавленому вигляді, забезпечує хорошу адгезію [10].

У процесі напилення потік частинок має форму конуса, вершина якого збігається з центром зони плавлення, а основа знаходиться на поверхні напилюваної ділянки. Температура і швидкість польоту частинок по січню металізаційного потоку не однакові — по осі конуса розпилення вони мають максимальне значення, на периферії — мінімальне. Залежність температури частинок металізаційного потоку від дистанції напилення зображено на рис. 2.4 [10].

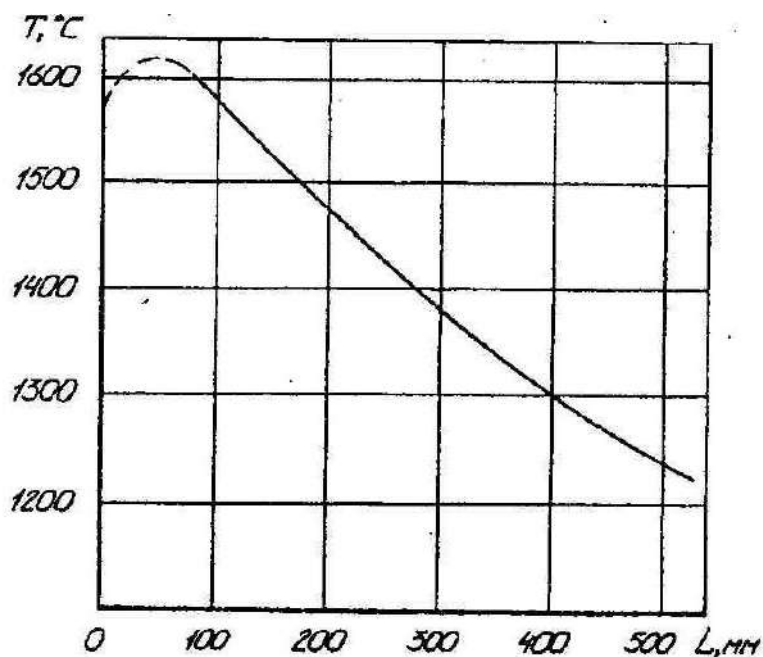


Рисунок 2.4 – Залежність температури частинок металізаційного потоку від дистанції напилення [10]

При зіткненні з поверхнею виробу частинки сплющуються і заклинюються в мікронерівності поверхні. Їх розмір за товщиною при цьому зменшується, а в поперечних напрямках – збільшується вдесятеро. У процесі деформації частинок плівка оксидів з їх поверхні руйнується, і матеріал частинки зближується з матеріалом поверхні виробу на відстані, у яких можливе встановлення міжмолекулярних зв'язків. Чим більша температура і кінетична енергія частинок, тим більший вплив мають хімічні зв'язки та процеси взаємодифузії матеріалів на адгезійну міцність покриттів [10].

В результаті багаторазового нашарування частинок, і зчеплення їх з поверхнею виробу і між собою, утворюється "лускате" покриття з мікропустотами і включеннями зруйнованих оксидних плівок. Чим більша дистанція напилення, тим більше пористим буде покриття з більшим вмістом оксидів і меншою адгезійною міцністю.

2.2 Міцнісні властивості напилених шарів

Міцність зчеплення у розплавленого матеріалу значно вища.

Специфіка будови покриттів і умови їх формування обумовлюють наявність суттєвих відмінностей у властивостях міцності напилених шарів і вихідних матеріалів.

При нанесенні покриттів з вуглецевих і низьколегованих сталей твердість напилених шарів значно перевищує твердість вихідних матеріалів (в 1,8 – 2,5 рази). Пов'язано це з явищами наклепу частинок покриття та наявністю включень із оксидів, що мають високу твердість.

Міцність зчеплення частинок при плазмовому напиленні становить (10 – 50) МПа [10].

При нанесенні покриття на зовнішню поверхню штока, при усадці шарів їх міцність зчеплення з підкладкою збільшується. Це пояснюється тим, що шток має циліндричну поверхню. Так як товщина шару, що наноситься невелика, то при цьому не виникає гостра небезпека виникнення тріщин в покритті під дією усадкових напруг [8].

Після напилення шток піддається механічній обробці.

3 ПЛАЗМОВЕ НАПИЛЕННЯ ШТОКУ ГІДРОАМОРТИЗАТОРА ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

Виходячи з аналізу існуючих методів відновлення, було обрано плазмове напилення, в якості розпалюваного матеріалу обрано зносостійкий порошок. Це дозволить отримати високі експлуатаційні характеристики відновленої деталі, а саме високі абразивну та корозійну стійкість.

3.1 Технологічний процес плазмового напилення штоку

Технологічний процес складається з наступних послідовних операцій [8]:

1. Підготовка поверхні під металізацію:

- промивка, видалення мастил, бруду та інших забруднень;
- проточка на токарному странку;
- піскоструменева обробка поверхні, для створення шорсткості.

2. Нанесення підшару, за потреби, та власне зносостійкого покриття.

3. Механічна обробка отриманного покриття:

- шліфування поверхні;
- полірування штоку (за необхідності).

В якості розпалюваного матеріалу було вирішено використовувати порошок ПКХТН-30, який дозволить отримати напилений шар з високим спротивом від абразивного та корозійного зносу. Хімічний склад та механічні подано в таблиці 3.1 [11].

Таблиця 3.1 – Хімічний склад та механічні властивості шару, напиленого порошком ПКХТН-30:

Хімічний склад, мас. %	Фракція порошку, мкм	Твердість отриманого покриття, МПа	Сфера застосування
Карбід хром- титану – 70 % Нікель – 30 %	40 – 100	400 – 450	Зносостійкість в умовах фретинг корозії, тертя- ковзання

Напилений шар має досить високу твердість (400 ... 450 НВ), що забезпечую високу зносостійкість, проте гірше працює при ударних навантаженнях.

Напилений шар можна не відправляти на хромування, адже корозійна стійкість забезпечується властивостями обраного матеріалу.

3.2 Суть процесу плазмового напилення

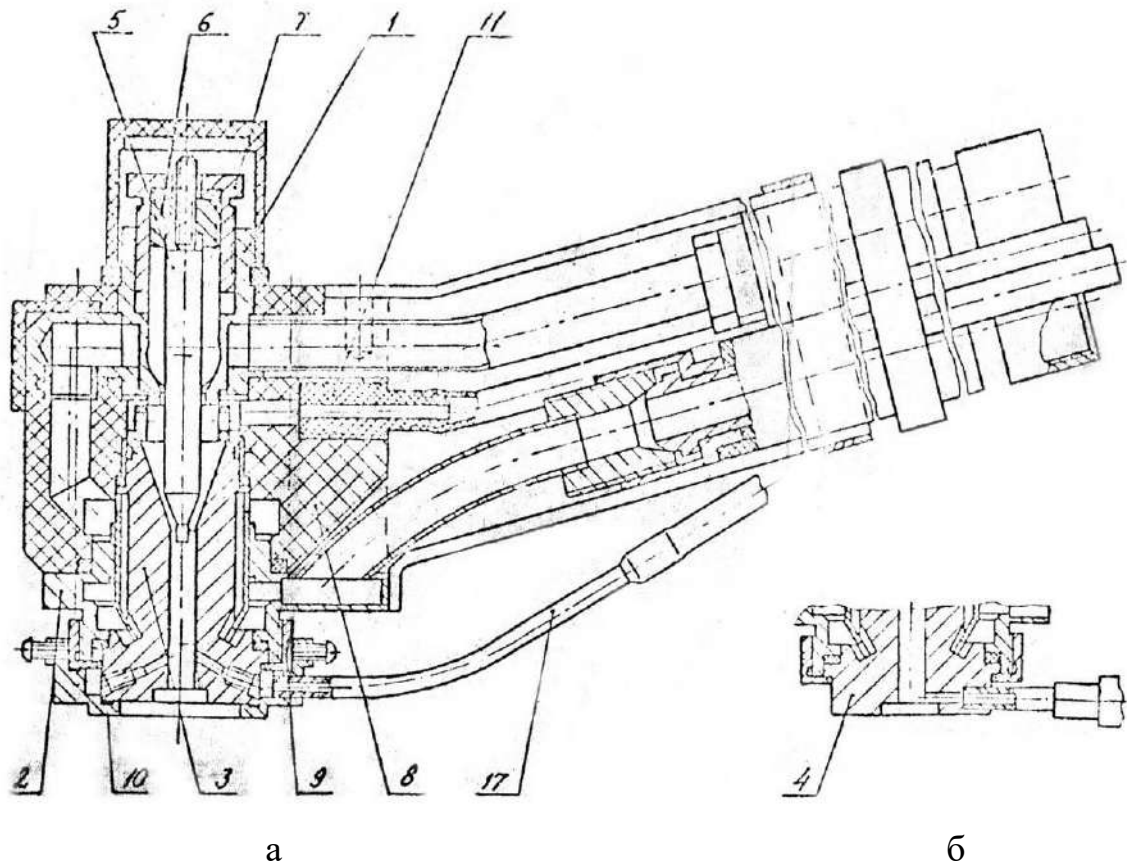
Плазмове напилення — газотермічне напилення, під час якого використовується струмінь електронів, іонів та нейтральних атомів газу, з якого утворюється плазма з використанням плазмотронів [9].

Плазмове напилення, під час якого плазмовий струмінь створюється за допомогою електричної дуги носить назву плазмово-дугове напилювання.

При плазмовому напиленні покриття формується з дрібних розплавлених частинок, які переносяться на поверхню при розпилюванні плазмою дроту, стержнів, стрічок або порошку. У технологіях плазмового напилення велике значення мають час перебування частинок в плазмі і час доставки нагрітих частинок до підкладки, вдосконалення плазмових

установок, знання процесів, що протікають в низькотемпературній плазмі при напиленні покриттів [8].

Схему плазмотрону для розпилення порошків подано на рисунку 2.3 [8].



а – збірка плазмотрону для напилення порошком; б - збірка аноду для напилення дротом

Рисунок 3.1 – Плазмотрон для розпилення порошкових матеріалів [8]

Плазмотрон представляє собою розбірну конструкцію, що складається з катодної та анодної частин, розділених ізолятором.

Плазмотрон може бути зібраний по трьом варіантам шляхом заміни деталей аноду [8]:

1. Звичайний турбулентний для напилення порошком (рис. 2.3, а);
2. Плазмотрон з міжелектродними вставками, де простий анод 3 заміняють на складний, що складається з міжелектродних вставок, ущільнень, сопла та ізолятора, попередньо зібраних в самостійну складальну одиницю;

3. Плазмотрон для напилення дротом, схема аноду подано на рис. 2.3, б.

Катодотримач 1 та анодотримач 2 виконані водоохолоджуючими, вода для охолодження через струмовідводи підходить до припаяних штуцерів, що закінчуються різьбою [8].

Ввід порошку проводиться через штуцер 17.

Плазмоутворюючий газ – через штуцер 11.

Стержневий катод 5 кріпиться за допомогою цанги 6 і гайки 7.

Генерування плазмового струменя відбувається наступним чином: в дугову камеру подається плазма утворюючий газ, а до водоохолоджуючих анодній та катодній частинам подається струм від джерела живлення.

Після пробною дугового проміжку між катодом та анодом іскровим розрядом осцилятора збуджується дуга, яка іонізує газ, перетворюючи його в плазмовий струмінь.

Матеріал покриття у вигляді порошку вводиться в плазмовий струмінь, де проходить його нагрів та прискорення часток напилюваного матеріалу.

Витрату плазмо утворюючого газу встановлюють в межах від 0,03 до 0,05 м³/хв. (30 ... 50 л/хв), це забезпечує турбулентний дозвуковий режим течії плазмового струменя. Термодинамічні властивості такого струменя дозволяє проводити напилення широкої номенклатури матеріалів та забезпечити формування покриттів з достатньо високою щільністю (80 % ... 90% від теоретичної) і міцністю зчеплення (10 ... 50 МПа) [7].

Плазмове напилення дозволяє наносити покриття з мінімальним припуском на обробку (точність по товщині покриття до 0,05 мм) і мінімальним нагріванням основи (до 150 - 300 °С), що виключає термічні зміни деталі, при цьому забезпечується висока адгезійна міцність покриттів з основним матеріалом. Зазвичай товщина напилених покриттів не перевищує 1 мм, так як зі збільшенням товщини зростають внутрішні напруження в покритті. Покриття більшої товщини можна напилювати, застосовуючи проміжний термічний підшар [11].

Суттєвими перевагами плазмового напилення є висока продуктивність процесу (до 4 кг/год), швидкість переміщення плазмотрона щодо напилюваної поверхні до 5 см/с і його висока технологічність (на відміну від наплавлення процес не чутливий до точності дистанції напилювання).

Нижче наведені приклади використання плазмових покриттів [9]:

- отримання теплозахисних покриттів на основі кераміки з діоксиду цирконію для деталей ГТД, двигунів внутрішнього згорання, ливарних форм і інших високотемпературних призначень;
- нанесення антикорозійного покриття (наприклад, з алюмінію) на різні деталі;
- відновлення розмірів деталей в ремонтних роботах (наприклад, деталі підшипникового виробництва (шпинделі бесцентровошліфовальних верстатів; вали; посадочні місця під підшипники,); деталі автомобілів (шийки колінчастих, розподільних і ін. валів; плунжера; втулки-шестерні коробки передач); деталі залізничного транспорту, деталі печі;
- електроізоляційні покриття з кераміки; - лопатки турбогенераторів, вентиляторів димососів.

3.3 Підготовка під напилення

Для формування газотермічного покриття з високим рівнем технологічних властивостей необхідне проведення попередньої обробки поверхні виробу. Попередня очистка поверхні виробу від забруднення, окисних та масляних плівок підвищує ймовірність взаємодії між напилюваним матеріалом та деталлю. Від чистоти поверхні залежить якість та міцність покриття [10].

Для видалення жирових та масляних плівок застосовують знежирюючі розчини, миття в мильних розинах. Для очистки поверхні від оксидних

плівок, іржі використовують абразивноструменеву обробку. Деталь збирають в захисні пристосування, деформації, удари, механічні пошкодження не допускаються, та встановлюють в камеру для обдування. Після очищення деталь обдувається сухим стисненим повітрям.

Робота ведеться в чистих х/б рукавичках. Стиснене повітря має бути сухим, без масла.

Абразивноструменева підготовка поверхні перед нанесенням на неї захисного покриття є однією з найбільш важливих операцій, що забезпечують необхідну міцність зчеплення покриттів з основним металом. Міцність зчеплення більшою мірою визначається механічним закріпленням частинок покриття з шорсткою поверхнею і, частково, фізико-хімічною взаємодією частинок з підкладкою. Збільшення сил механічної зв'язку зазвичай забезпечується створенням шорсткості, для чого використовуються різні види механічної обробки [10].

Перед відновленням штоку гідро амортизатору необхідно провести механічну обробку поверхні, зняти пошкоджені ділянки на токарному станку.

На місця, що не підлягають напиленню, наноситься антиадгезив.

Підготовка порошків під напилення:

Порошок зберігається в негерметичних упаковках, тому на частинках адсорбується волога, що призводить до істотного погіршення текучості і зниження продуктивності процесу напилення через налипання частинок в транспортуючих порошок комунікаціях.

Сушку порошку проводять в сушильній шафі або печі при температурі 120 – 150 °С протягом 2 – 4 годин [8].

3.4 Нанесення напиленого шару та наступна обробка

Дослідження зразків показало, що на деталь із ст. 50 нанесення покриття ПКХТН-30 без нанесення підшару неможливе через недостатню міцність зчеплення (близько 5 – 10 МПа) та зависокі внутрішні напруження навіть при невеликих товщинах покриття. А так як при відновлення розмірів штоку виникає необхідність нанесення досить товстих шарів покриття (до 10 мм), то через внутрішні напруження в покритті будуть утворюватися тріщини, що недопустимо [10].

Тому було прийнято рішення перед нанесення зносостійкого покриття нанести підшар. В результаті розгляду різних матеріалів, було прийнято рішення використовувати в якості підшару порошок ПГ-Ю5Н, його хімічний склад та механічні характеристики подано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Хімічний склад та механічні властивості шару напиленого порошком ПГ-Ю5Н [11]

Хімічний склад, мас.%	Фракція порошку, мкм	Твердість отриманого покриття, МПа	Сфера застосування
Нікель – основа Алюміній – 5	40 – 100	200	Відновлення розмірів в парах тертя, посадкових ділянках. Можливе використання в якості підшару, та корозійностійкого покриття

Використання даного матеріалу в якості підшару дозволяє отримати міцний зв'язок зносостійкого покриття та деталі, відновити розміри штоку до необхідних, при незначних внутрішніх напруженнях.

Параметри режиму напилення шарів подано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Режими напилення штоку гідроциліндру

Параметри режиму	Значення для шарів	
	ПГ-Ю5Н	ПКХТН-30
Сила струму, А	380±5	410±5
Напруга, В	40±5	40±5
Витрата плазмоутворюючих газів, л/хв:		
- аргону	35 – 40	40±2
- азоту	10±2	10±2
Робочий тиск газів, МПа:		
- аргону	0,6 – 0,7	0,6 – 0,7
- азоту	0,6 – 0,7	0,6 – 0,7
Дистанція напилення, мм	100 – 120	100 – 120
Витрата порошку, г/хв	23 – 35	23 – 35
Витрата транспортуючого газу, л/хв	3	3
Кут нахилу плазмотрону, °	75 – 90	75 – 90
Тиск води, МПа	0,8 – 0,9	0,8 – 0,9
Витрата води, л/хв	4 – 4,2	4 – 4,2
Температура води на виході з плазмотрону, °С	Не більше 45	Не більше 45
Швидкість переміщення плазмотрону, мм/хв	12 – 25	12 – 25
Швидкість переміщення деталі, об/хв	60 – 100	60 – 100

Напилення проводиться в наступній послідовності:

1. Встановлення деталей в оснастці на маніпулятор. Налаштування параметрів режиму напилення покриття ПГ-Ю5Н.
2. Нанесення підшару ПГ-Ю5Н для відновлення деталі до необхідних розмірів. Наступна механічна обробка на глибину 0,5 – 1 мм.
3. Встановлення деталі в оснастці на маніпулятор, налаштування параметрів режиму напилення покриття ПКХТН-30.
4. Нанесення зносостійкого покриття товщиною 1 – 1,5 мм.
5. Зняття деталі з маніпулятори, механічна обробка шліфуванням.
6. Промивка деталі, для видалення антиадгезива, сушка деталі.
7. Контроль якості.

3.5 Вибір стандартного обладнання, опис конструкції, принципу роботи та технічних характеристик

Установка для плазмового напилення складається з роботу Yaskawa Motoman GP12 (рис. 3.2), маніпулятора MotoPOS 500 (рис. 3.3), витяжної вентиляції настінної (рис. 3.4), плазмотрону та інтерфейсу керування FST AP-50 (рис. 3.5), порошкового живильника FST PF-50 (рис. 3.6.).

Установка розташована в окремій кабіні (рис. 3.7), для забезпечення дотримання правил техніки безпеки.



Рисунок 3.2 – Промисловий робот Yaskawa Motoman GP12

Параметри промислового роботу подано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики промислового робота Yaskawa Motoman GP12

Кількість контрольованих осей	6
Максимальне навантаження, кг	12
Горизонтальний робочий радіус, мм	1500
Вертикальний робочий радіус, мм	2500
Вага, кг	150
Вимоги до електроживлення	3-фазний струм, 380 В, 50/60 Гц
Потужність, кВт	1,5



Рисунок 3.3 – Маніпулятор MotoPOS 500



Рисунок 3.4 – Витяжна вентиляція



а



б

а – Плазмотрон, б – інтерфейс керування
Рисунок 3.5 – Пальник та система керування



Рисунок 3.6 – Порошковий живильник FST PF-50



Рисунок 3.7 – Кабіна для плазмового напилення

3.6 Контроль якості

Контроль якості продукції є необхідним елементом технології, що забезпечує її надійність в умовах промислового виробництва [12]. Багатофакторність газотермічного процесу, в тому числі плазмового напилювання, зумовлює його чутливість до відхилень режимів і підвищує значущість контролю якості покриттів.

Остаточний контроль напилених виробів складається з таких операцій [12]:

- визначення товщини покриття;
- зовнішній огляд напиленого виробу;
- виявлення прихованих дефектів.

Визначення товщини покриття та візуальний огляд виробу проводяться також під час процесу.

Товщину покриття визначають вимірювальними інструментами (штангенциркулями, мікрометрами, товщиномірами), ваговими способами, спеціальними приладами та іншими прийомами. При вимірюванні товщини покриття вимірювальними інструментами необхідно знання початкових розмірів напилюваного виробу. Товщину покриття на деталях простої форми і невеликих розмірів звичайно вимірюють штангенциркулями. Мікроміри, як правило, використовують при визначенні товщини покриттів після механічної (чистової) обробки [12].

При визначенні товщини покриттів на складних поверхнях невеликих виробів, наприклад газотурбінних лопаток, використовують вагові методи. Для цього повинна бути відома початкова маса виробу і розміри напилюваної поверхні. Ваговий спосіб дозволяє визначити середню товщину покриття. Найбільш простим є визначення товщини покриттів спеціальними приладами – товщиномірами. Як правило, такі прилади настроюють на один або декілька видів матеріалів покриттів.

При нанесенні покриттів на великогабаритні деталі, а також при масовому і крупносерійному виготовленні деталей з покриттям використання вимірювальних інструментів для контролю товщини покриттів недоцільно або неможливо. У цих випадках можуть бути використані різні магнітні, індукційні, індуктивні, вихретонові товщиноміри.

Для вимірювання товщини немагнітних, наприклад з окислу алюмінію, і слабомагнітних покриттів на феромагнітній (наприклад з вуглецевої сталі) основі застосовують магнітні товщиноміри ИТП-1, ИТП-5, МИП-10, МТ-2, В-22, В-166, а також індукційні та індуктивні товщиноміри ТПО, ТПО-1, ИТП-200, ВЧ-10Т, ЭТ-3, КТП-2М. Для вимірювання товщини покриттів у випадках, коли атомні номери матеріалів покриття і основи розрізняються більш ніж на дві — чотири одиниці (наприклад покриття з молібдену на сталі), можна застосовувати бета товщиноміри БТП-3 і БТП-4. Для вимірювання товщини немагнітних і слабомагнітних металевих і неметалічних покриттів, напилюваних на немагнітну металеву основу

(наприклад алюмінієву), і немагнітних металевих покриттів (наприклад мідних), напилюваних на діелектричну основу (наприклад, керамічну), можуть бути використані вихреві товщиноміри ТПО-8, ИДП-3, ТМ-57, МТ-2, ТПН-1. Товщиноміри не застосовують у випадках, коли потрібна висока точність вимірювання. Погрішність вимірювання цих приладів складає в середньому $\pm 10\%$. Для точних вимірювань необхідно використати штангенциркулі і мікроміри [12].

При зовнішньому огляді покриття контролюється загальний стан поверхні напилювання (як під час, так і після напилювання), порівнюється з еталоном, визначається наявність зовнішніх дефектів: тріщин, сколювань, спучувань, наростів і т. д. Для більш ретельного огляду застосовують лупи із збільшенням до 10 і більше разів.

Мікротріщини, локальне відшаровування, макро- і мікронесуцільності з великими труднощами або зовсім не піддаються контролю без руйнування покриття. У ряді випадків деякі дефекти вдається виявити неруйнівними методами, наприклад, застосовуючи ультразвукове опромінення. До числа руйнівних методів виявлення прихованих дефектів можна віднести виготовлення поперечних, подовжніх або косих макротемплетів або мікрошліфів; потім макротемплети досліджують візуально при невеликому збільшенні за допомогою лупи, а мікрошліфи при великому збільшенні ($\times 100$ і більше) за допомогою мікроскопів [12].

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАПИЛЕНОГО ШАРУ

Для дослідження якості і властивостей покриття було виготовлено зразки – пластинки із сталі 45 розміром 60 мм × 10 мм × 1,5 мм, напилені порошком ПКХТН-30 (рис. 4.1).

Зразки напилені на роботизованій установці, режими напилення вказані в таблиці 4.1.

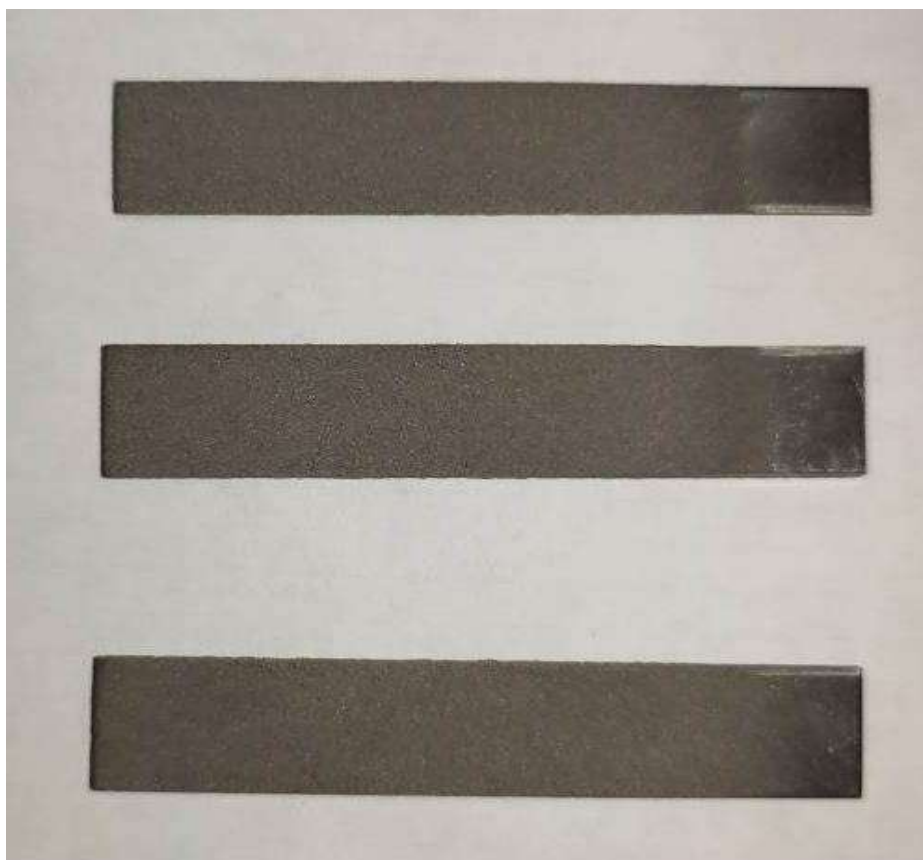


Рисунок 4.1 – Зразки для дослідження

Таблиця 4.1 – Режимы напилення зразків

Параметри режиму	Значення
Сила струму, А	410±5
Напруга, В	40±5

Продовження таблиці 4.1

Витрата плазмоутворюючих газів, л / хв: - аргону - азоту	40±2 10±2
Робочий тиск газів, МПа: - аргону - азоту	0,6 – 0,7 0,6 – 0,7
Дистанція напилення, мм	100 – 120
Витрата порошку, г / хв	23 – 35
Витрата транспортуючого газу, л / хв	3
Кут нахилу плазмотрону, °	75 – 90
Тиск води, МПа	0,8 – 0,9
Витрата води, л / хв	4 – 4,2
Температура води на виході з плазмотрону, °С	Не більше 45
Швидкість переміщення плазмотрону, мм / хв	12 – 25
Швидкість переміщення деталі, об / хв	60 – 100

4.1 Макроструктурний аналіз зразків

Макроструктурний аналіз проводився на шліфах, без травлення. На шліфі чітко видно напилений шар та основу. Покриття щільне, видимих дефектів не спостерігаємо (рис. 4.2).

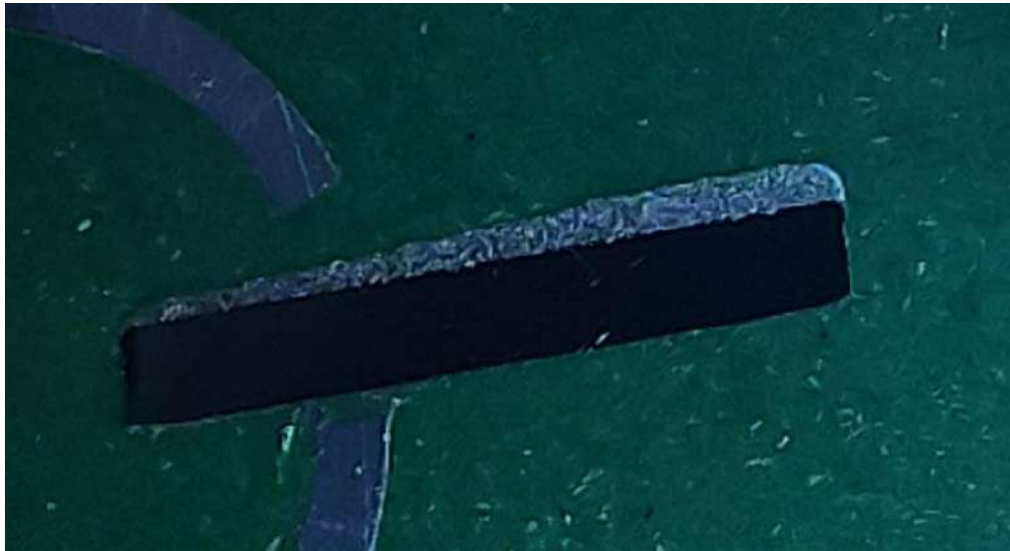


Рисунок 4.2 – Макроструктура напилених зразків

4.2 Мікроструктурний аналіз зразків

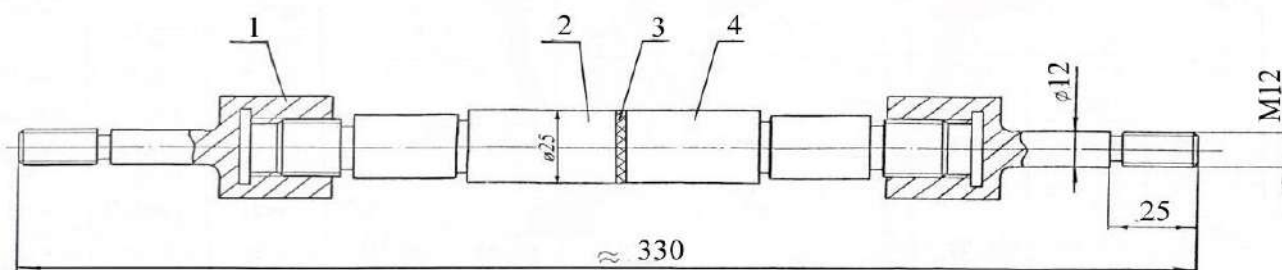
Мікроструктурний аналіз проводився на шліфах, без травлення (рис. 4.3).

Зразки розглядалися при збільшенні $\times 50$ (рис. 4.4 а, б) та $\times 100$ (рис. 4.4 в, г). Напилений шар складається з нікелевої основи та скупчень карбідів різного розміру. Чітко виділяється зона зчеплення покриття з поверхнею підкладки, зв'язок міцний, без пор, раковин і несучильностей.

Будова напиленого шару однорідна з низькою пористістю, розподілення карбідних включень рівномірне.

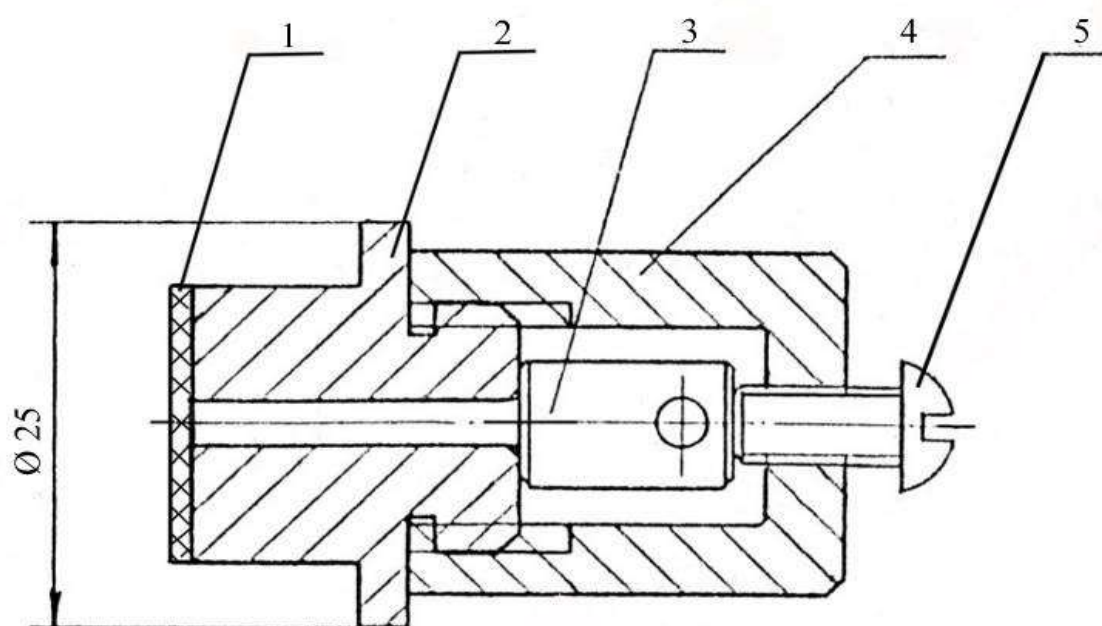


Рисунок 4.3 – Зовнішній вигляд шліфів (без травлення)



1 – зажим, 2 – зразок з покриттям, 3 – покриття, 4 – зразок без покриття

Рисунок 4.5 – Клейовий зразок з зажимами



1 – покриття, 2 – підкладка, 3 – штифт, 4 – корпус, 5 - упор

Рисунок 4.6 – Зразок для штифтового випробування

На виготовлених зразках визначалися механічні властивості покриття на відрив клейовим та штифтовим способом.

Машини для випробування з закріпленими зразками подано на рисунках 4.7 та 4.8.



Рисунок 4.7 – Клейовий зразок в розривній машині

Зразки для клейового дослідження представляють собою два циліндри – з покриттям та без, склеюються спеціальними складами клею. Після висихання зразок закріплюється в розривній машині, випробування ведеться за стандартною методикою випробувань на відрив.



Рисунок 4.8 – Штифтовий зразок в машині для випробувань

Результати випробувань представлені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати випробувань напилених зразків

Номер зразка	Межа зчеплення $\sigma_{зч}$, МПа	Номер зразка	Межа зчеплення $\sigma_{зч}$, МПа	Твердість, МПа
	Клейовий метод		Штифтовий метод	
1	58	1	55	430
2	61	2	57	
3	49	3	56	
4	56	4	55	
5	58	5	61	
6	60	6	36	
7	61	7	60	
8	53	8	61	
Норма згідно інструкції	≥ 30	Норма згідно інструкції	≥ 30	400 – 450

Зразки до та після випробувань представлені на рисунку 4.9.



а



б



в



г

а – клейовий зразок до випробування; б – клейовий зразок після випробування; в – штифтовий зразок до випробування; г – штифтовий зразок після випробування

Рисунок 4.9 – Зразки до та після випробувань

4.4 Висновки, прийняті внаслідок дослідження

В результаті дослідження прийняті наступні висновки:

1. Матеріал покриття повністю відповідає заявленому ПКХТН-30.

2. Макроструктура зразків відповідає нормальному стану напиленого ПКХТН-30. Покриття щільне, видимих дефектів не спостерігається.

3. Мікроструктура зразків після напилення являє собою композитний матеріал, матриця складається більшою мірою з нікелю, з вкрапленнями карбідів хром-титану.

4. Міцнісні властивості ($\sigma_{зч}$, твердість) зразків напилених методом плазмового напилення, відповідають нормам виробничих інструкцій.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

Ідея полягає в зменшенні вартості планового ремонту гідроамортизаторів електровозів за рахунок збільшення ресурсу роботи штоків після ремонту. В якості способу ремонту було обрано плазмове напилення порошком ПКХТН-30, з підшаром ПГЮН-5. Опис ідеї приведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Опис ідеї

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів
Зменшення собівартості виробу шляхом збільшення ресурсу роботи після ремонту	1. Вирішення проблеми малого ресурсу роботи гідроамортизаторів	Зменшення витрат на ремонт електровозу
	2. Виключення впливу людського фактору на процес виробництва	Зменшення долі браку

Характеристику потенційного ринку надано в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Головні конкуренти	Ремонтні заводи, що обслуговують електровози
2	Динаміка ринку	Зростає
3	Наявність обмежень для входу	Необхідність капіталовкладень для створення матеріально-технічної бази

Продовження таблиці 5.2

4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Закупівля обладнання для наплення, навчання персоналу
---	---	---

Характеристика потенційних клієнтів сформована в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Попередня характеристика потенційних клієнтів

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці різних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів
1	Зменшення вартості ремонтного обслуговування	Ремонтні заводи; заводи, виготовляють деталі електровозів	Відсутні	Зменшення вартості ремонту без втрати необхідної якості виробів
2	Збільшення попиту на продукцію			Відповідна якість продукції

Таблиця 5.4 – SWOT-аналіз

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - Висока якість отриманих виробів; - низька частка браку; - незалежність від зовнішніх; надавачів послуг; - висока якість. 	<ul style="list-style-type: none"> - Досить висока вартість обладнання; - необхідність в навчанні персоналу.
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Можливість налагодити обладнання на випуск іншої продукції підприємства; - можливість зменшення собівартості ремонту. 	<ul style="list-style-type: none"> - Сповільнення росту ринку; - підвищення цін на сировину.

Розробка ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів представлено в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота вхо- ду у сегмент
1	Підприємства, які спеціалізуютьс я на ремонті та виготовленні деталей електровозів	Висока	Великий попит	Низька конкуренція	Легкий

Далі необхідно ідентифікувати стейкхолдерів, здійснити їх пріоритезацію та побудувати карту стейкхолдерів, яка дозволить візуалізувати картину взаємозв'язків стейкхолдерів.

Створення карти має відбуватись у 4 етапи:

1. ідентифікація – окреслення актуальних груп стейкхолдерів;
2. аналіз – дослідження впливу та інтересів стейкхолдерів;
3. візуалізація – візуальна ілюстрація взаємодії зі стейкхолдерами;
4. пріоритезація – вибір ключових стейкхолдерів, які найкраще відповідали б істотним питанням, визначеним на попередньому етапі.

З метою відображення взаємозв'язків стейкхолдерів на карті має бути виокремлено три концентричних області, в яких розміщено всіх зацікавлених осіб інноваційного проекту за можливостями впливу на них ініціатора проекту. Область внутрішніх стейкхолдерів – область повноважень/відповідальності ініціатора. Внутрішні зацікавлені сторони

знаходяться в прямій підлеглості ініціатора, що дозволяє використовувати досить прості методи адміністрування проекту.

Залежні зацікавлені сторони формально ініціатору проекту не підлеглі, проте тісні ділові стосунки потребують на пошук взаємовигідних рішень та компромісів. На периферії ж знаходяться зовнішні зацікавлені сторони. Це область стейкхолдерів опосередкованого впливу на успішність реалізації інноваційного проекту [15].



Рисунок 5.1 – Карта стейкхолдерів [15]

Економічний ефект за розрахунковий рік досягається за рахунок збільшення ресурсу роботи, збільшення міжремонтного періоду, та виключення необхідності заміни комплектуючих.

5.1 Висновки по розділу техніко-економічні розрахунки

Використання технології плазмового напилення для ремонту штоків гідроциліндрів дозволяє зменшити собівартість комплектуючих, порівняно з повною заміною гідроциліндру при виході його з ладу. Зменшення собівартості досягається завдяки зниженню витрат на ремонт, шляхом зменшення його частоти, та на фонд оплати праці.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надано основні заходи з охорони праці при розробці технологічного процесу ремонту штоку гідроциліндру електровозу методом плазмового напилення.

6.1 Аналіз потенційних небезпек

а) небезпеки, які пов'язані з порушенням роботодавцем вимог нормативних актів з охорони праці, стосовно забезпечення безпечних умов праці робітників, а саме:

- вимог щодо організації проведення навчання та перевірки знань з питань ОП; відсутності інструкцій, плакатів, схем тощо.

б) можливість ураження електричним струмом при виконанні службових обов'язків внаслідок порушення правил з електробезпеки, несправності енергоспоживаючого обладнання, відсутності захисного заземлення, відсутності групових або індивідуальних засобів, що може призвести до електричних травм або летального наслідку.

в) небезпеки, які пов'язані з використанням судин для зберігання робочих газів під тиском, зокрема: порушення правил зберігання, транспортування судин під тиском, що може призвести до вибухів, великомасштабних руйнувань та серйозних травм або летальних наслідків.

г) небезпеки, які пов'язані з безпосереднім напиленням дослідницьких зразків та виробів, а саме:

- негативний вплив інтенсивного УФ випромінювання в плазмоутворюючій зоні, що може призвести до ураження органів зору.

- можливість отруєння зварювальними газами, які містять шкідливі речовини, що пов'язано з виділенням у навколишнє середовище аерозолів тугоплавких металів, які утворюються при наплавленні внаслідок відсутності засобів індивідуального захисту та несправністю або відсутністю місцевої витяжної вентиляції.

- можливість опіку від непередбачуваного торкання нагрітих поверхонь.

д) небезпеки, які пов'язані з роботою на роботизованому обладнанні, а саме:

- можливість отримання механічних травм, які пов'язані з недотриманням правил безпеки при експлуатації обладнання або відсутністю захисних екранів та індивідуальних засобів захисту.

е) небезпеки, які пов'язані з випробуванням механічних властивостей отриманих зразків з використанням дослідницького обладнання.

є) небезпеки, які пов'язані з проведенням металографічних досліджень методом оптичної металографії вирошених зразків або готових виробів. Зокрема:

- можливість ушкодження органів зору при хибному виборі комбінацій світлофільтрів, окулярів та об'єктивів.

ж) небезпеки, які пов'язані з обробкою результатів досліджень з використанням ПК, що може призвести до ушкодження опорно-рухового апарату.

з) недостатній рівень освітленості в приміщенні дослідницької лабораторії та виробничої дільниці, що може бути пов'язано з виходом з ладу освітлювальних приладів або їх недостатньою кількістю.

и) невідповідність параметрів метеоумов вимогам санітарно-гігієнічних правил.

і) можливість загоряння внаслідок недотримання правил з пожежної безпеки, що може призвести до пожежі.

6.2 Заходи забезпечення безпеки:

а) у відповідності до НПАОП 0.00-7.11 – 12 «Загальні вимоги щодо забезпечення роботодавцем охорони праці працівників» має бути обов'язковим наступне [15]:

- усі працівники повинні пройти навчання та перевірку знань з питань ОП згідно типового положення затвердженого наказом державної праці 26.01.2005 №15;

- роботодавець повинен забезпечити повну і вичерпну інформацію про можливі небезпеки, як відносно усього підприємства, так і відносно конкретних видів робіт;

- на підприємствах обов'язковим є проведення усіх необхідних видів інструктажів (вступний, первинний, періодичний, позаплановий, цільовий) [15].

б) Для виключення випадків ураження електричним струмом у відповідності до ПУЕ-15 «Правила улаштування електроустановок-споживачів» обов'язковим є:

- всі співробітники повинні пройти навчання та перевірку знань з електробезпеки (спеціальне навчання за правилами) та перевірку знань з отриманням посвідчення за відповідною групою з електробезпеки [17];

- у відповідності до ДСТУ 7237:2011. «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту» обов'язковим є періодична (1 раз на рік) перевірка опору заземлення контурів (до 1000 В – 4 Ом; після 1000 В – 10 Ом) та перевірка справності контуру електроз'єднань [17].

Для захисту від ураження електричним струмом передбачено використання подвійної ізоляції провідників. Розташування струмоведучих частин виконується на недоступній висоті (до 1000 В – не менш 3,5 м; більше 1000 В – 6 м). У разі неізольованих струмопровідних ліній, вони повинні

бути надійно огорожені суцільними огорожами; відкриття або зйом яких виконують тільки спеціальний персонал за допомогою спеціальних ключів.

Електрообладнання зварювальної дільниці або дільниць наплавлення повинно відповідати вимогам НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила техніки безпеки при використанні електроспоживачів», а саме [19]:

- зварювальні проводи повинні бути гнучкими з легкою і міцною ізоляцією, довжина дроту від електродотримача до з'єднання не повинна перевищувати 3 м;

- саме з'єднання представляє з себе спеціальний пристрій.

По відношенню до джерел струму основним заходом безпеки є недопустимість потрапляння струму в ланцюг при перериванні процесу зварювання, для чого необхідно використовувати автоматичні вимикачі на обладнанні.

в) для виключення можливості отримання травм, пов'язаних з використанням судин для зберігання робочих газів під тиском необхідно діяти згідно з НПАОП 0.00-1.81- 18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском», а саме [20]:

- перевірити і переконатися в справності вимірювальних приладів на балонах для газів, обладнання і інструментів, огорожень, вентиляції;
- перевірити стійкість балонів і правильність їх закріплення;
- переконатися у відсутності на робочому місці пожежонебезпечних матеріалів.

Працівник не повинен розпочинати роботу при порушеннях цілісності газового балона (наявності тріщин або вм'ятин), при відсутності на балоні клейма з датою його випробування, при несправності газового редуктора або манометра на редукторі [21].

Балони з газами слід зберігати в одноповерхових складах з покриттями легкого типу, обладнаних вентиляцією, без горищних приміщень [21].

Підлоги в складському приміщенні необхідно виконувати з матеріалів, які виключають іскроутворення при ударі по них металевими предметами. Підлоги повинні настилатися не нижче 0,1 м від рівня землі.

Балони з газом, що встановлюються в приміщенні, слід розташовувати на відстані не менше 1 м від радіатора опалення і не менше 5 м від джерела тепла з відкритим вогнем [21].

При влаштуванні екрана, що оберігає балони від нагрівання, відстань між балоном і опалювальним приладом може бути зменшено до 0,5 м. Відстань між балонами і запобіжним екраном повинна бути не менше 10 см.

Балони біля стін будівель необхідно встановлювати на відстані не менше 0,5 м від дверей і вікон першого поверху і 3 м - від вікон і дверей цокольних і підвальних поверхів, а також каналізаційних колодязів та вигрібних ям.

Не допускається розміщення газових балонів біля запасних (пожежних) виходів з приміщень, з боку головних фасадів будівель, в проїздах з інтенсивним рухом транспорту.

Підігрівати балони для підвищення тиску забороняється.

При експлуатації балонів забороняється повністю вибирати газ, що знаходиться в них. Залишковий тиск газу в балоні повинен бути не менше 0,05 МПа (0,5 кгс / см²).

Якщо тиск в балонах виявиться вище допустимого, необхідно короткочасним відкриванням вентиля випустити частину газу в атмосферу або охолодити балон холодною водою з метою зниження тиску. При випуску газу з балона або продуванні вентиля чи пальника працівнику необхідно перебувати в стороні, протилежної напрямку випуску газу.

При виконанні робіт в зимовий час в разі замерзання вентиля на балоні відігрівати його слід тільки гарячою водою.

Роботи необхідно зупинити:

- якщо тиск в посудині піднявся вище допустимого;
- при виявленні несправностей запобіжних клапанів;

- при несправності манометра;
- при виникненні пожежі, котра безпосередньо загрожує посудині, що знаходиться під тиском.

г) При вирощуванні зразків на роботизованому обладнанні, для уникнення потенційних небезпек, необхідно дотримуватись наступних правил безпеки:

- Інтенсивність світлового випромінювання повинна відповідати вимогам ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення».

Для захисту органів зору від потужного УФ випромінювання необхідно використання індивідуальних (маски, щитки) та групові (захисні завіси та екрани) засоби захисту [24].

Допустима інтенсивність ультрафіолетової радіації працюючих, при наявності незахищених ділянок поверхні шкіри не більш $0,2 \text{ м}^2$ не повинна перевищувати значень, регламентованих ПІ 1.1.23-007-2005 «Примірна інструкція з охорони праці електрогазозварника», для загальної тривалості випромінювання 50 % робочої зміни та тривалості однократного опромінення до 5 хв і більше: для УФ-В – $0,01 \text{ Вт} / \text{м}^2$. Випромінювання в зоні спектра УФ-С – не допускається [24].

Сигнальні кольори та знаки безпеки - згідно з ДСТУ EN ISO 7010:2019 «Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки».

Для захисту органів зору від інтенсивного УФ випромінювання необхідно використовувати засоби індивідуального та колективного захисту:

- Захисні маски. Мають відповідати вимогам ДСТУ EN 166:2017 «Засоби індивідуального захисту очей. Технічні умови» [26].
- Захисні екрани.

- Для попередження отруєнь зварювальними газами і аерозолями при роботі в закритих приміщеннях необхідно передбачити місцеву витяжну примусову вентиляцію.

Вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони – гранично-допустимих концентрацій(ГДК), регламентованих ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» і переліком ГДК. Основними шкідливими речовинами є: оксиди марганцю, хрому, заліза, азоту, озон, пил, що вміщає діоксид кремнію, сполуки нікелю, солі фтористоводної кислоти, оксид вуглецю, фтористий кремній [27].

- Для попередження опіків від випадкових дотиків температура нагрітої поверхні устаткування не повинна перевищувати 45 °С. Також необхідне використання засобів індивідуального захисту (перчатки, краги).

д) Для виключення та попередження травм працівники зварювальних та напилувальних ділянок повинні бути забезпечені спеціальним захисним одягом та ЗІЗ відповідно до ДСТУ EN ISO 11611:2016 «Одяг захисний для використання під час зварювання та суміжних процесів» [28].

При експлуатації промислових роботів, роботизованих технологічних комплексів і ділянок основними причинами впливу небезпечних виробничих факторів на працюючих є наступні [29]:

- непередбачені рухи виконавчих пристроїв промислових роботів при наладці, ремонті, під час навчання і виконання керуючої програми;
- раптова відмова в роботі промислового робота або технологічного обладнання, що входить до складу роботизованого комплексу;
- помилкові (ненавмисні) дії оператора або наладчика при наладці, ремонті або під час роботи робота в автоматичному режимі;
- доступ людини в робочий простір робота при роботі в режимі виконання програми;
- порушення умов експлуатації промислового робота або роботизованого технологічного комплексу;

- порушення вимог ергономіки і безпеки праці при плануванні роботизованого технологічного комплексу і ділянки.

Електроустаткування промислових роботів виконується в строгій відповідності з «Правилами улаштування електроустановок» (ПУЕ) [17].

Шумові характеристики повинні відповідати ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Ділянки, на яких потенційно може опинитись людина під час виконання переміщень робота повинні бути обладнані спеціальними рамками-датчиками руху, які можуть миттєво припинити рух робота в разі потрапляння людини в робочу зону [29].

Дроти живлення механізму подачі зварювального дроту, підведення захисного газу, дроти живлення, трубки системи охолодження повинні бути змонтовані та закріплені таким чином, щоб уникати захаращення простору та не допускати перекручення кабелів та дротів під час руху робота.

Органи управління і засоби відображення інформації повинні бути розташовані на панелі пульта управління і відповідати ергономічним вимогам.

Сигнальні кольори і знаки безпеки, що наносяться на промислові роботи, повинні відповідати встановленим вимогам.

е) Подальше дослідження передбачає визначення механічних властивостей досліджуваних зразків, а саме: статичні при кімнатній температурі.

Дослідження механічних властивостей при кімнатній температурі передбачає собою використання розривної. Основну увагу при роботі на даному обладнанні слід приділяти небезпеці механічного травмування, для запобігання якого необхідно дотримуватись правил і норм експлуатації обладнання [30].

Дослідження механічних властивостей при підвищеній температурі передбачає собою використання розривної з додатково встановленою

високотемпературною камерою і піччю. Основну увагу при роботі слід приділяти небезпеці отримання механічних травм та випадкових дотиків до нагрітих поверхонь, що веде за собою опіки.

є) При проведенні металографічних досліджень з використанням оптичних мікроскопів МБС-10 та ZEISS Axio Observer, основними заходами безпеки є:

1. Для захисту від хімічних опіків при травленні необхідно:
 - дотримуватися правил ПП 1.3.10-450-2006. «Примірна інструкція з охорони праці при виконанні робіт з кислотами і лугами» [31];
 - використовувати ЗІЗ (рукавички, халати, окуляри);
 - дотримуватися рецепту приготування реактивів.
2. Для захисту органів зору необхідна оптимальна комбінація об'єктивів та окулярів мікроскопу, що повинно забезпечувати комфортний огляд об'єкту дослідження і має бути індивідуальним. Обов'язковим є застосування світлофільтрів.

ж) Персонал, який працює з використанням комп'ютерної техніки зобов'язаний дотримуватись інструкцій з ОП, які розроблені на підставі: ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [32].

Види трудової діяльності користувача поділяють на 3 групи:

- Робота зі зчитуванням інформації за попереднім запитом – максимальна кількість знаків 60 тис;
- робота із введенням інформації – максимальна кількість знаків 40 тис;
- творча робота в режимі діалогу – максимальний час роботи з технікою не більше 6 год;
- для забезпечення оптимальної працездатності передбачено:
 1. перерви в роботі не рідше 10 хв / 1 год з рекомендованими фізичними вправами;

2. використання сучасних моделей відеодисплеїв, наприклад ТФТ, ЖК;
3. використання спец одягу з натуральних матеріалів (ХБ);
4. обов'язкове вологе прибирання, провітрювання.

Синдром зап'ястного каналу, або тунельний синдром зап'ястя, який може бути наслідком хронічної травми, трапляється у людей внаслідок тривалої роботи з мишею: постійні напруга і здавлювання приводить до мікротравм, здавлювання нерва прилеглими оточуючими тканинами, через що виникає набряк.

Для попередження тунельного синдрому потрібно дотримуватися кількох правил організації робочого місця:

- оптимальна висота клавіатури від підлоги – 65 - 75 см;
- наявність ергономічних і зручних особисто для вас миші і клавіатури;
- можливість регулювання висоти і нахилу клавіатури (відстань від поверхні стола до середини клавіатури – не більше 30 мм, кут підйому клавіатури – від 2° до 15°);
- наявність у клавіатури підставки для рук;
- наявність килимка для миші з захистом від тунельного синдрому (спеціальний виступ забезпечує правильне положення кисті);
- наявність стільця або крісла з підлокітниками.

6.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

и) Для забезпечення вимог ДБН В.2.5-28-2018 «Природне та штучне освітлення» [33] обов'язковим є використання цих видів освітлення.

Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які орієнтовані на південь і забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5 %. Для захисту від прямих сонячних променів, які створюють прямі та відбиті відблиски на поверхні екранів і клавіатури, передбачено сонцезахисні пристрої, на вікнах встановлені жалюзі. Природне освітлення повинно відповідати вимогам ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення».

Штучне освітлення повинне відповідати вимогам ГОСТ12.2.007.13–2000 «Лампи електричні. Вимоги безпеки», ДБН В.2.5-28-2006 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення».

Штучне освітлення поділяється на робоче, аварійне, евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації), охоронне. При необхідності частина світильників того чи іншого виду освітлення може використовуватись для чергового освітлення.

Лампи розжарювання та газорозрядні лампи, що застосовуються для загального або місцевого освітлення, повинні бути укладені в захисну та світлорозсіювальну арматуру. Використання відкритих ламп не допускається.

Для обмеження сліпучої дії світильники загального освітлення у виробничих приміщеннях повинні бути встановлені таким чином, щоб вихідні отвори не розташовувалися у вертикальній або похилій площинах, якщо вони можуть потрапити до поля зору працюючих.

і) Метеорологічні умови в робочій зоні приміщення, офісу (лабораторії і т.п.) – температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідає вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [34].

Роботи в офісі (лабораторії і т.п.), належать до категорії Іб – легкі фізичні роботи, що виконуються сидячи, стоячи або пов'язані з ходінням та супроводжуються деяким фізичним напруженням, тому передбачені наступні оптимальні та допустимі метеорологічні умови:

- у холодний період року на постійних робочих місцях температура: оптимальна 21 – 23 °С, припустима 20 – 24 °С; відносна вологість: оптимальна 40 – 60 %, припустима 75 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,1 м / с, припустима не більше 0,2 м / с;

- у холодний період року на непостійних робочих місцях температура: оптимальна 21 - 23 °С, припустима 17 - 25 °С; відносна вологість: оптимальна 40 - 60 %, припустима 75 %; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,1 м / с, припустима не більше 0,2 м / с;

- у теплий період року на постійних робочих місцях температура: оптимальна 22 - 24 °С, припустима 21 - 28 °С; відносна вологість: оптимальна 40 - 60 %, припустима 60 % при температурі 27 °С; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,2 м / с, припустима не більше 0,1 - 0,3 м / с;

- у теплий період року на непостійних робочих місцях температура: оптимальна 22 - 24 °С, припустима 19 - 30 °С; відносна вологість: оптимальна 40-60 %, припустима 60 % при температурі 27 °С; швидкість переміщення повітря: оптимальна не більше 0,2 м / с, припустима 0,1 - 0,3 м / с.

Ці параметри забезпечуються системами опалення, кондиціонування і вентиляції відповідно до вимог ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення (лабораторії, офісу) обладнаного ПК з ВДТ відповідає вимогам ДСанПіН 3.3.2.007- 98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

- використання блоків живлення ПК з вентиляторами на гумових підвісках;
- використання ПК, в яких термодавачі вмонтовані в блоці живлення та в критичних точках материнської плати (процесор, мікросхеми чипсету), які дозволяють програмним шляхом регулювати як моменти ввімкнення вентиляторів, так і їх швидкість обертання; - переведення жорсткого диска в режим сну (Standby), якщо комп'ютер не працює протягом визначеного часу;
- використання ПК, в яких вентилятор на процесорі встановлено виробником (BOX-процесор);
- використання сучасних, безшумних SSD накопичувачів;
- розташування принтерів колективного користування на значній відстані від більшості робочих місць користувачів ПК.

Забезпечення захисту персоналу від вібрації, здійснюється згідно вимог ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації».

6.4 Заходи безпеки в надзвичайних ситуаціях, пожежна безпека

і) Заходи з пожежної безпеки розроблені на підставі НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Розробка заходів починається з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються в роботі, це дає змогу

визначитись з класом можливої пожежі (А, В, С, D, Е, F) [35]. В залежності від класу пожежі обирається категорія приміщення (А, Б, В, Г, Д). На підставі класу і категорії обираються первинні засоби пожежогасіння: пожежні щити, до складу яких входять: 3 багра, 3 лопати, 3 сокири, 3 відра, 1 азбестове полотно (1 м × 1,5 м; 1,5 м × 2 м; 2 м × 2 м), ящик з піском об'ємом не менш 0,1 м³, вогнегасники можуть розташовуватись як на пожежному щиті так і окремо (1 щит × 200 м² - 5000 м²).

Обов'язковим є навчання та перевірка знань персоналу з пожежної безпеки.

Комплекс протипожежних заходів для дослідницької лабораторії, обладнаної ПК та зварювальним роботом, розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».

На дослідній зварювальній ділянці небезпечними чинниками пожежі є:

- зварювальна дуга;
- іскри і частки розплавленого металу, які виникають при електрозварюванні;
- підвищена температура виробів, які піддаються зварюванню і різанню.

При виконанні дослідницької роботи вибухонебезпечні гази та сухі речовини не використовувалися. Виходячи з аналізу речовин та матеріалів, які використовуються при роботі у лабораторії згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні лабораторії можлива пожежа класу Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В); відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою», воно належить до категорії «Г» з пожежної безпеки – простір з негорючими речовинами і / або матеріалами у гарячому, розпеченому і / або розплавленому стані, процес обробки яких

супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і / або полум'я.

Оскільки приміщення дослідницької лабораторії належить до категорії «Г» з пожежної небезпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості.

Пожежна безпека на складально-зварювальній ділянці може бути забезпечена сукупністю заходів, спрямованих на попередження пожеж, запобігання поширення вогню в разі виникнення пожеж і створення умов, що сприяють швидкій ліквідації пожежі, що почалася.

Для виключення можливості загорянь, внаслідок порушення правил пожежної безпеки, необхідно проводити інструктаж і перевірку знань правил пожежної безпеки, відповідно до НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки України» та НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Засоби пожежогасіння в цехах повинні відповідати Правилам пожежної безпеки в Україні, виходячи з категорії виробництв щодо пожежовибухонебезпеки.

ВИСНОВКИ

В ході експлуатації електровозів була виявлена проблема ремонту гідроамортизаторів, а саме їх штоків, вона заключається в високій вартості заміни комплектуючих та коротким міжремонтним періодом.

Для вирішення цих проблем виникла необхідність розробки технології ремонту, яка б дозволила вирішити ці проблеми. В якості оптимального рішення було обрано напилення найбільш проблемної деталі гідроциліндру – штоку.

В ході літературного огляду було проаналізовано умови роботи обраної деталі, різні способи відновлення деталей та матеріалів, які при цьому використовуються. В результаті аналізу було обрано плазмове напилення порошком.

Основні переваги цього способу:

- висока продуктивність процесу (до 4 кг / год),
- швидкість переміщення плазмотрона щодо напилюваної поверхні до 5 см / с,
- висока технологічність (на відміну від наплавлення процес не чутливий до точності дистанції напилювання).

В якості розпалюваного матеріалу обрано порошок ПКХТН-30, з підшаром (порошок ПГЮН-5).

Для впровадження технології в виробництво було проведено ряд досліджень та випробувань зразків. В ході дослідження було визначено:

1. Матеріал покриття повністю відповідає заявленому ПКХТН-30.
2. Макроструктура зразків відповідає нормальному стану напиленого ПКХТН-30. Покриття щільне, видимих дефектів не спостерігається.
3. Мікроструктура зразків після напилення являє собою композитний матеріал, матриця складається більшою мірою з нікелю, з вкрапленнями карбідів хром-титану.

4. Міцнісні властивості ($\sigma_{зч}$, твердість) зразків напилених методом плазмового напилення, відповідають нормам виробничих інструкцій.

Економіко-технічні розрахунки та аналіз показали, що економічний ефект від використання запропонованої технології в ремонті складає – за розрахунковий рік.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Л. А. Манашкін Гасителі коливань і амортизатори ударів рейкових екіпажів (математичні моделі) [Текст] / Л. А. Манашкін, С. В. Мямлін, В. І. Приходько. – Д.: 2007. – 196 с.
2. Ronald W., Novak R. Advances and applications thermal spray technology. Technology and materials // Powder met. Int., 1991, № 3. P. 155.
3. Ф. И. Пантелеенко Восстановление деталей машин [Текст]: справочник / Ф. И. Пантелеенко, В. Л. Лялякин, В. П. Иванов, В. М. Константинов // под ред. В. П. Иванов. — М. : Машиностроение, 2003. — 672 с.
4. В. Попович Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство [Текст]: Практикум: Навч. посібник. / В. Попович, А. Кондир, Е. Плешаков — Львів: Світ, 2009. — 552 с.
5. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів. [Текст] / В. В. Хільчевський, С. Є. Кондратюк, В. О. Степаненко, К. Г. Лопатько. — К.: «Либідь», 2002. – 104 с.
6. В. С. Попов Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин [Текст] / под ред. В. С. Попова. — Запорожье : Изд-во ОАО «Мотор Сич», 2000. – 394 с.
7. В. М. Корж Нанесення покриття [Текст]: Навчальний посібник. / В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов, К. А. Ющенко. К.: Видавництво Арістей, 2005. – 204с.
8. Корас В. М. Технологія та обладнання для напилення [Текст]: Навч. посібник. / Корас В. М. – К.: НМЦ ВО, 2000. – 152 с.
9. Лашенко Г. И. Плазменное упрочнение и напыление. [Текст] / Лашенко Г. И. – К: «Екотехнологія», 2003. – 64 с.

10. Інженерія поверхні [Текст]: підручник / К. А. Ющенко, Ю. С. Борисов, В. Д. Кузнецов, В. М. Корж – К. Наукова думка, 2007 – 558с.
11. Композитні та порошкові матеріали [Текст]: навчальний посібник / П. П. Савчук, В. П. Кашицький, М. Д. Мельничук, О. Л. Садова; за заг. ред. П. П. Савчука. – Луцьк: Видавець: ФОП Теліцин О. В., 2017. – 368 с.
12. Сусліков Л. М. Неруйнівні методи контролю [Текст]: Навчальний посібник. / Сусліков Л. М., Студеняк І. П. – Ужгород: Видавництво УжНУ, 2016. – 192 с.
13. ДСТУ ISO 1463:2015 Покриття металеві та оксидні. Вимірювання товщини покриття. Метод із використанням мікроскопа (ISO 1463:2003, IDT) Дата прийняття: 25.12.2015.
14. ISO 7384:2001 Методи корозійних випробувань. Загальні вимоги. Дата прийняття: 19.09.2007.
15. Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-7.11- 12. – На заміну наказу МНС України від 26.12.2011 № 1350 ; чинний від 2012-03-16. – К. : МНС України, 2012. – 116 с. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0226-12>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці)
16. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці [Електронний ресурс] : НПАОП 0.00-4.12-05. – На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00- 8.01-93 ; чинний від 2005-02-26. – К. : Держнагляд охорони праці України, 2005. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці)
17. Правила улаштування електроустановок [Текст] : ПУЕ-2017. – На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21. – К. : Міненерговугілля України, 2017. – 617 с. – (Правила)

18. ДСТУ 7237:2011. Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту. Чинний від 01.08.2011.

19. НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила техніки безпеки при використанні електроспоживачів» Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10. 02. 98 за № 93/2533. Дата введення 20.02.1998.

20. НПАОП 0.00-1.81- 18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском» Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 10 квітня 2018 р. за № 433/31885.

21. ДСТУ ISO 10462:2019 Газові балони. Ацетиленові балони. Періодичні перевірки та обслуговування. Затверджено: Наказ від 19.12.2019 № 452 Про прийняття національних стандартів, прийняття змін та поправок до національних стандартів. Дата введення: 01.01.2020.

22. НПАОП 0.00.-1.30-01. Про затвердження правил безпечної роботи з інструментом та пристроями. Наказ 05.06.2001 № 252 Про затвердження Правил безпечної роботи з інструментом та пристроями. МІНІСТЕРСТВО ПРАЦІ ТА СОЦІАЛЬНОЇ ПОЛІТИКИ УКРАЇНИ. [Електронний ресурс]. URL: https://dnaop.com/html/31688/doc-НПАОП_0.00.-1.30-01

23. НПАОП 21.0-1.01-87. Правила з охорони праці у целюлозно-паперовій промисловості. Затверджено Мінлісбумпромом СРСР 14.08.87 р. [Електронний ресурс]. URL: https://dnaop.com/html/41231/doc-НПАОП_21.0-1.01-87

24. ДСТУ 2456-94 «Зварювання. Вимоги безпеки». Затверджено: Наказ від 15.04.1994 р. №86. Дата введення 15.04.1994

25. ПІ 1.1.23-007-2005. Примірна інструкція з охорони праці для електрогазозварника. Затверджено: Наказ ДК "Укртрансгаз" № .2005" року. [Електронний ресурс]. URL: https://dnaop.com/html/58147/doc-ПІ_1.1.23-007-2005

26. ДСТУ EN 166:2017 «Засоби індивідуального захисту очей. Технічні умови». Затверджено наказ від 22.12.2017 №488 Про прийняття національних

нормативних документів, гармонізованих з європейськими нормативними документами. Дата введення 01.02.2018.

27. ГОСТ 12.1.005-88 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». Відновлено наказом «Українського науково-дослідницького центру проблем стандартизації, сертифікації та якості» від 24 квітня 2019 року №111 «Про відновлення дії міждержавних стандартів».

28. ДСТУ EN ISO 11611:2016 «Одяг захисний для використання під час зварювання та суміжних процесів» Затверджено: Наказ від 13.12.2016 № 426. Дата введення 13.12.2016.

29. ДСТУ EN ISO 10218-1:2014 «Роботи та роботизовані пристрої. Вимоги безпеки для промислових роботів.». Затверджено наказом від 29.12.2014 № 1479. На заміну ДСТУ 3738-98 (ГОСТ 12.2.072-98).

30. Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями [Електронний ресурс]: НПАОП 0.00-1.71-13. – Чинний від 2014-03-28. – К.: Міненерговугілля України, 2013. – 59 с. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0327-14>. – (Нормативно-правовий акт охорони праці)

31. П 1.3.10-450-2006. «Примірна інструкція з охорони праці при виконанні робіт з кислотами і лугами». Чинний від 12.09.2006 – Київ: ДержНДІТБХВ. 2006.

32. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин [Електронний ресурс]: ДСанПіН 3.3.2.007-98. – Чинний від 1998-12-10. – К. : МОЗ України, 1998. – URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. – (Державні санітарні правила та норми)

33. Природне і штучне освітлення. [Текст] : ДБН В.2.5-28-2018. – На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01. – К. : Мінрегіон України, 2018. – 133 с. – (Державні будівельні норми України)

34. ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Постанова № 42 від 01.12.99 м.Київ.

35. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».
Затверджено: Наказ від 30.12.2014 № 1417 Про затвердження Правил пожежної безпеки.