

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра надійності і ремонту машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РЕМОНТУ ОБЛАДНАННЯ
ПЕРЕРОБНОЇ ГАЛУЗІ АГРОПРОМИСЛОВОГО
КОМПЛЕКСУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ІНЖЕНЕРНИМИ
ЗАХОДАМИ**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГМз-1-20
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Хоменко Тетяна Андріївна

Керівник: _____ Мельянцов Петро Тимофійович

Рецензент: _____

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень (2 арк. А4). 2. Теоретичні дослідження (1 арк.А4).
 2.Методика експерименту (2 арк. А4). 3. Експериментальні дослідження
 (5 арк. А4) 4. Економічні показники (1 арк. А4). 5. Висновки (3 арк. А4)6.

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Мельянцов П. Т., доцент		
2	Мельянцов П. Т., доцент		
3	Мельянцов П. Т., доцент		
4	Мельянцов П. Т., доцент		
5	Кравець В. В., доцент		
6	Вініченко І. І., професор		
нормоконтроль	Мельянцов П. Т., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 27.09.2021 р.	
2	Теоретичний	до 27.10.2021 р.	
3	Експериментальний	до 14.01.2021 р.	
4	Охорона праці	до 21.01.2022 р.	
5	Економічний	до 03.02.2022 р.	
6	Демонстраційна частина	до 07.02.2022 р.	

Студент

_____ (підпис)

Хоменко Т. А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Мельянцов П. Т.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Хоменко Т. А. «Підвищення якості ремонту обладнання переробної галузі агропромислового комплексу організаційно-інженерними заходами» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Технічний сервіс»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2022.

Робота включає в себе шість розділів. В першому розділі проведено аналіз умов експлуатації та причин втрати працездатності переробного обладнання АПК, розглянуто методи газотермічного нанесення покриттів та матеріали, що використовуються для їх нанесення, та обґрунтовано задачі досліджень.

В другому розділі розглядаються теоретичні дослідження процесів плазмового нанесення покриттів. Проводиться моделювання енергетичних та теплових характеристик плазмотрону. Розроблюється модель критеріальної оцінки технічних та технологічних можливостей плазмових методів нанесення покриттів.

В третьому розділі наводяться методики для визначення характеристик покриттів, які застосовуються при відновленні деталей в спеціалізованих підрозділах з ремонту обладнання.

В четвертому розділі представлені результати дослідження впливу режимів плазмового напилення на властивості покриттів та компонування виробничих ділянок та робочих постів підрозділу з ремонту обладнання переробної продукції.

В п'ятому розділі розглянуто питання з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

В шостому розділі представлені техніко-економічні розрахунки з ефективності реалізації запропонованих заходів.

Ключові слова: обладнання переробної галузі, надійність, відновлення, ремонт, зносостійкість, твердість, виробничий підрозділ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	10
1.1 Аналіз умов експлуатації та причин втрати працездатності переробного обладнання АПК.....	10
1.2 Матеріали, що використовуються для нанесення покриттів.....	19
1.3 Аналіз газотермічних методів нанесення покриттів.....	21
1.4 Висновки, мета та задачі досліджень.....	22
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЛАЗМОВОГО НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ.....	24
2.1 Моделювання енергетичних та теплових характеристик плазмотрону.....	24
2.2 Модель критеріальної оцінки технічних та технологічних можливостей плазмових методів нанесення покриттів.....	29
3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛАЗМЕННИХ ПОКРИТТІВ.....	33
3.1 Методика дослідження міцності зчеплення покриттів.....	33
3.2 Методика випробування покриттів на твердість.....	35
3.3 Методика випробування поверхневих шарів на абразивне зношування.....	37
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ.....	40
4.1 Дослідження впливу режимів плазмового напилення на властивості покриттів.....	40
4.2 Загальне компонування виробничих дільниць та робочих постів підрозділу з ремонту обладнання переробної продукції.....	48
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	54
5.1 Організація охорони праці в відкритому акціонерному товаристві Новомосковський Агротехсервіс.....	54
5.2 Аналіз умов праці та пожежної безпеки в спеціалізованій майстерні з ремонту обладнання переробної галузі.....	55
5.3 Заходи поліпшення умов праці в спеціалізованій майстерні.....	57
5.4 Вимоги з охорони праці для токарів слюсарно-механічного відділення.....	60

5.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях при проведенні токарних робіт	61
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	63
6.1 Характеристика об'єкта дослідження	63
6.2 Розрахунок потреби в інвестиціях та собівартості відновлювальних робіт	63
ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75

ВСТУП

В даний час в агропромисловому комплексі (АПК) України існує потреба у відновленні та зміцненні деталей переробного обладнання. Обладнання, що знаходиться в експлуатації, дуже зношене і потребує ремонту. Починаючи з середини 1990-х років, неухильно зростає частка переробного устаткування АПК зарубіжного виробництва, яке використовується українськими компаніями. При цьому використання імпортованих технологічних машин та обладнання пов'язане з цілим рядом техніко-економічних ризиків та складнощів в експлуатації.

Проведений аналіз показав, що 85-90 % деталей машин виходить із ладу внаслідок механічного, абразивного, гідроабразивного, корозійно-механічного та окисного зношування, при цьому 75 % деталей, що вибраковуюються, є ремонтпридатними. Терміни поставок імпортованих вузлів та великогабаритних деталей складної конструкції досягає 30 і більше тижнів, що створює залежність української промисловості від закордонних виробників обладнання. Відновлені деталі в 1,5-2,5 рази дешевші за нові деталі українського виробництва та в 3-10 разів дешевші за нові деталі зарубіжного виробництва, а за ресурсом, як правило, не поступаються їм [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Значне підвищення ресурсу актуальне при раціональному використанні твердосплавних покриттів, застосування яких постійно зростає, як в нашій країні, так і за кордоном.

При цьому слід зазначити, що в даний час питання відновлення та зміцнення деталей сільськогосподарської техніки вивчені та освітлені досить широко, проте проблеми відновлення та зміцнення зношених деталей переробного обладнання АПК вивчені недостатньо і вимагають додаткового розгляду, наукового дослідження та вироблення нових сучасних технологічних методів та практичних рекомендацій щодо їх реалізації.

Таким чином, розробка та впровадження ресурсозберігаючих технологій відновлення та зміцнення зношених деталей переробного обладнання АПК нанесенням зносостійких та антифрикційних покриттів при найменших

витратах є одним з актуальних завдань, яке досі не знайшло остаточного рішення.

Разом з тим, ряд питань потребують подальшого вивчення та їх вирішення. Зокрема, зменшення кількості операцій при ремонті цих вузлів, зменшення енерговитрат та матеріалів. Цього можна досягти за рахунок застосування нових способів із використанням суміщених технологій, при яких використовуються явища деформаційних змін розмірів деталей при їх відновленні наплавленням, а також використання методу ремонтних розмірів при ремонті згаданих вузлів, що дасть змогу відновити робоздатність вузла з найменшими витратами та продовжити термін служби обладнання в цілому.

Таким чином, **мета дослідження** полягає у обґрунтуванні технологічних та організаційних рішень, спрямованих на підвищення якості ремонту обладнання переробних галузей агропромислового комплексу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести аналіз умов експлуатації та причин втрати працездатності переробного обладнання АПК.

2 Провести моделювання енергетичних та теплових характеристик плазмотрону для плазмового процесу нанесення покриття.

3. Розробити узагальнену модель критеріальної оцінки технічних та технологічних можливостей плазмових способів нанесення покриттів.

4. Провести угруповання методик, які застосовуються для визначення характеристик покриттів, при відновленні деталей в спеціалізованих підрозділах.

5. Експериментально дослідити вплив режимів плазмового напилення на властивості покриттів.

6. Провести техніко-економічну оцінку запропонованих організаційно-технічних рішень

Об'єкт дослідження – експлуатаційна надійність обладнання для переробки продукції агропромислового комплексу та організаційно-технічні заходи з її підтримання.

Предметом дослідження є зношені та незміщені деталі переробного обладнання агропромислового комплексу, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зносу, та способи їх відновлення.

Апробація роботи. Прийнято участь у всеукраїнській студентській науково-практичній конференції: «Інжиніринг агропромислового виробництва» – (Дніпро: ДДАЕУ, 2021). Тема доповіді: «Методика обґрунтування програми підприємства з відновлення деталей обладнання переробної галузі агропромислового комплексу».

Публікації. Хоменко Т. А. Методика обґрунтування програми підприємства з відновлення деталей обладнання переробної галузі агропромислового комплексу / Т. А. Хоменко // Інжиніринг агропромислового виробництва: матеріали Всеукр. студ. наук.-практ. конф. – Дніпро: ДДАЕУ, 2021. – С. 33-35.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз умов експлуатації та причин втрати працездатності переробного обладнання АПК

Інтенсивний розвиток сільського господарства та підприємств агропромислового комплексу, що відбувається в Україні протягом останніх 5 років, потребує дедалі ширшого застосування різного переробного устаткування.

Починаючи з 1990-х років і до теперішнього часу, більшість із основного переробного устаткування агропромислового комплексу (АПК) є імпортним або збирається в Україні із імпортних комплектуючих. При цьому використання імпортних технологічних машин та обладнання пов'язане з наступними ризиками та складностями в експлуатації:

- необхідність придбання запасних частин і комплектуючих імпортного виробництва, що характеризуються високими цінами (які часто в десятки разів перевищують вартість аналогічних деталей вітчизняного виробництва) та тривалими термінами постачання;

- залежність вітчизняної промисловості від імпортних запасних частин, комплектуючих та сервісного обслуговування;

- практична неможливість відтворити основні деталі імпортного обладнання через відсутність необхідної технічної документації, а також відсутність технологічних можливостей виготовлення даних деталей;

- відсутність аварійного комплекту запасних частин та дублювання ключового імпортного технологічного обладнання через їх високу вартість приводить, у разі аварійного виходу з ладу обладнання, до фактичної зупинки виробництва на строк, що дорівнює або перевищує термін постачання імпортних запасних частин та нового обладнання.

Зважаючи на те, що імпортне обладнання, закуплене у 1990-х роках та інтенсивно експлуатоване протягом минулих 15-20 років, нині вже підлягає

капітальному ремонту, практична важливість запровадження сучасних засобів відновлення стає очевидною.

Сучасні тенденції інтенсифікації виробничих процесів призводять до прискореного зношування деталей, і в цих умовах завдання відновлення та підвищення довговічності основних деталей, вузлів та агрегатів машин і обладнання стає ще більш важливим та актуальним.

У таких умовах реальна стратегія забезпечення працездатності переробного обладнання в АПК полягає у відновленні та зміцненні деталей. Так, відновлені деталі в 1,5-2,5 рази дешевші за нові деталі вітчизняного виробництва та у 3-10 разів дешевші за нові деталі зарубіжного виробництва [5, 8, 9, 10].

Проведений аналіз показав, що 85-90 % деталей сільськогосподарських машин та переробного обладнання АПК виходить з ладу внаслідок таких видів зносу: абразивне зношування, ударно-абразивне зношування, гідроабразивне зношування, корозійно-механічне зношування, окисне зношування. При цьому 75 % зношених деталей є ремонтпридатними [1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12].

У економічно розвинених країнах відновлення зношених деталей дуже розвинене. Зміцненню та модернізації технологічного обладнання приділяють найсерйознішу увагу провідні промислові підприємства світу. Просуванням та розвитком технологій відновлення деталей займаються як компанії, що виробляють машини, так і спеціалізовані фірми з відновлення зношених деталей.

В даний час, в Україні існує велика потреба в зміцненні та відновленні деталей практично у всіх галузях промисловості та народного господарства, при цьому, одним з найважливіших завдань є зміцнення і відновлення деталей сільськогосподарської техніки та переробного обладнання агропромислового комплексу [7, 8, 13, 14, 15, 16].

Відновлення деталей є великим резервом забезпечення техніки запасними частинами, витрати на які в наш час становлять 40-60 % їх собівартості [4, 6, 7, 8, 10, 12].

Для переробних виробництв АПК актуальним є відновлення та зміцнення: деталей змішувачів різної конструкції та призначення, ножів та скребків різних машин, підшипників ковзання, механічних ущільнень, ємнісного обладнання різного виду та призначення, деталей теплообмінного обладнання, деталей сепараторів різної конструкції та фільтрів різної конструкції та призначення.

Аналіз умов експлуатації та причин втрати працездатності скребкових (шнекових) теплообмінників. Скребкові теплообмінники застосовуються у широкому спектрі умов обробки харчових продуктів, таких як термообробка, заморожування відстою, стерилізація, охолодження, пастеризація, кристалізація у наступних технологічних процесах переробних виробництв АПК: обробка в'язких продуктів харчування, субпродуктів та компонентів; обробка чутливих до нагрівання субпродуктів та компонентів.

Основними та найбільш відповідальними деталями скребкового теплообмінника, схильними до зносу, є взаємодіючі між собою теплообмінний циліндр і скребкові лопатки.

Зовнішній вигляд теплообмінного циліндра представлено на рис. 1.1.

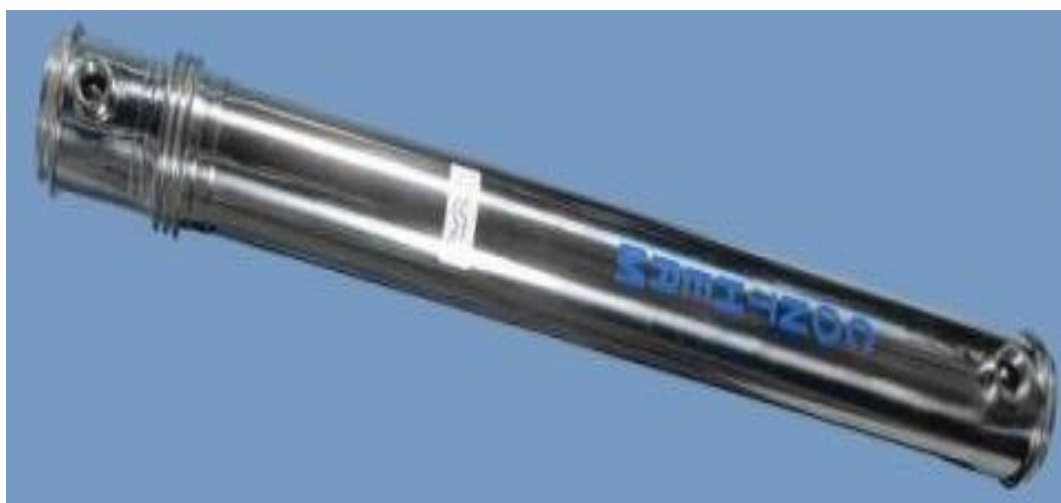


Рис.1.1 – Зовнішній вигляд теплообмінного циліндра

Циліндри з нержавіючої сталі та нікелю зміцнюються за допомогою одношарового хромування (товщина покриття 1,27 мм) за допомогою процесу гальванізації. Для установок, що працюють в особливо важких умовах, наноситься потрійний шар хромованого покриття (товщина покриття 3,81 мм) з метою збільшення твердості та зносостійкості. Найбільш зносостійкі характеристики має циліндр, виконаний з вуглецевої сталі з нанесенням біметалічного твердосплавного покриття.

Основні види пошкоджень теплообмінного циліндра представлені на рис. 1.2, з яких ремонтпридатними є пошкодження виду а), б), г) та д).

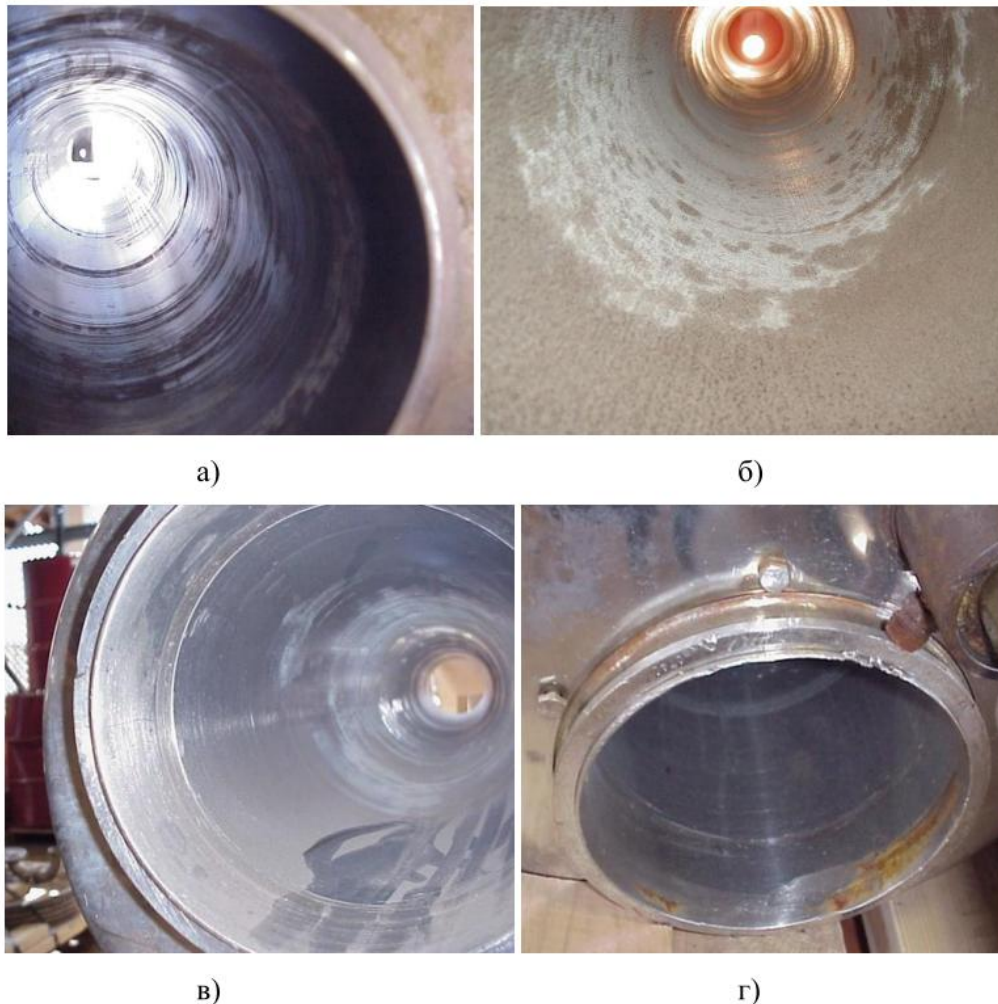


Рис.1.2 – Основні види пошкоджень теплообмінного циліндра:

а) абразивне зношування основного металу; б) поверхнева корозія;

в) витончення стінки; г) ушкодження торцевих частин;

д) знос та відшарування захисного покриття

Пошкодження, надмірне зношування та неякісний ремонт циліндра призводять до втрати продуктивності теплообмінника, прискореного зносу лопаток і пошкодження ротора.

Основні види ушкоджень скребкових лопаток представлені на рис. 1.3, з яких ремонтпридатними є пошкодження виду а) та, частково, виду г).

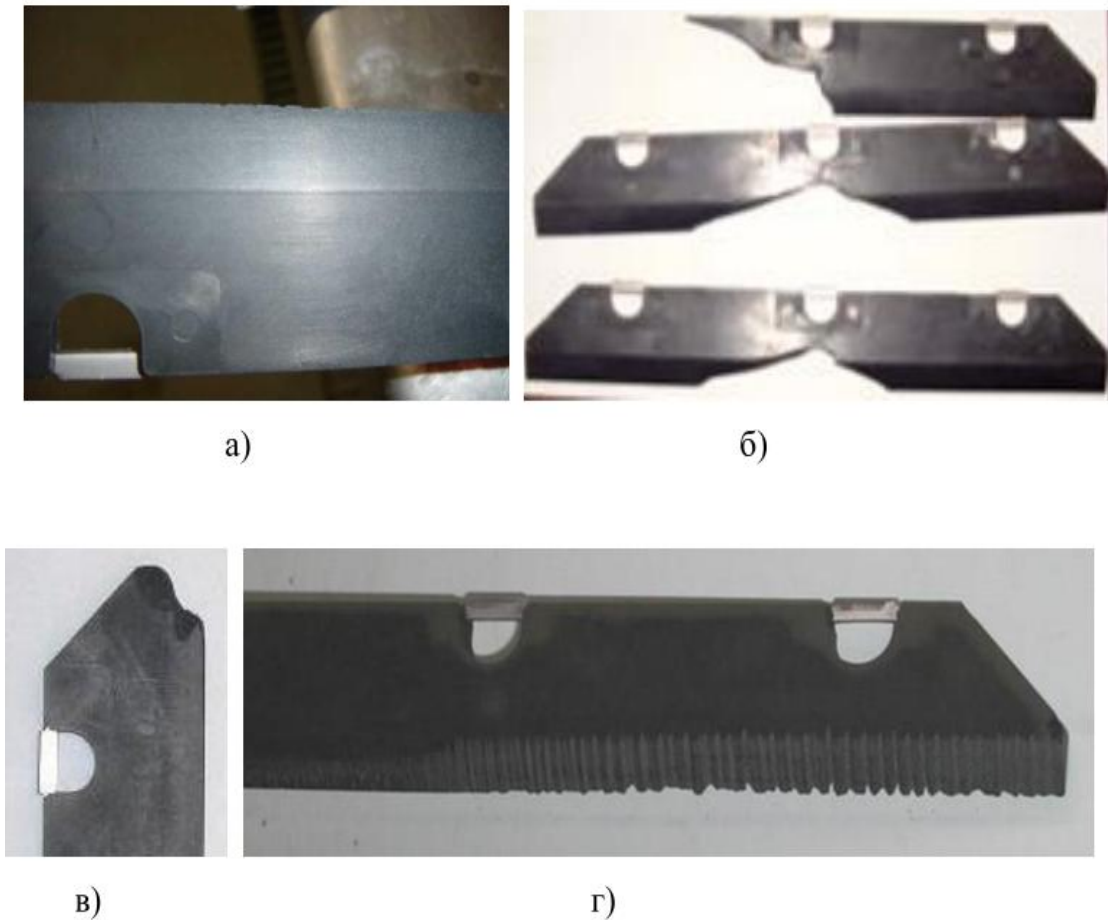


Рис.1.3 – Основні види пошкоджень скребкових лопаток:

- а) природне зношування робочої кромки; б) скол та розлам лопаток;
в) скол куточків лопаток; г) зазубрення леза

Інтенсивне зношування і неякісний ремонт скребкових лопаток призводять до втрати теплопередачі і продуктивності обладнання, передчасного зносу дорогого циліндра, поломки лопаток, що призводить до відмови обладнання в технологічній лінії, і викликає незаплановані трудовитрати, пов'язані з простоем системи та втратою продукту.

Також, відповідальним елементом, схильним до зносу, є втулка підшипника ковзання, яка виконує також функцію нижнього торцевого ущільнення по лінії продукту, забезпечуючи герметичність і відсутність протікання продукту. Підшипник ковзання, виконаний з нержавіючої сталі та встановлений на торці ротора, обертається на нерухомому елементі із графіту або пластику всередині корпусу підшипника.

Значне зношування та неякісний ремонт втулки підшипника ковзання призводять до втрати і забруднення продукту та незапланованого простою системи.

Аналіз умов експлуатації та причин втрати працездатності барабанних сушарок (згущувачів). Зовнішній вигляд та конструкція барабанної сушарки представлені на рис. 1.4.

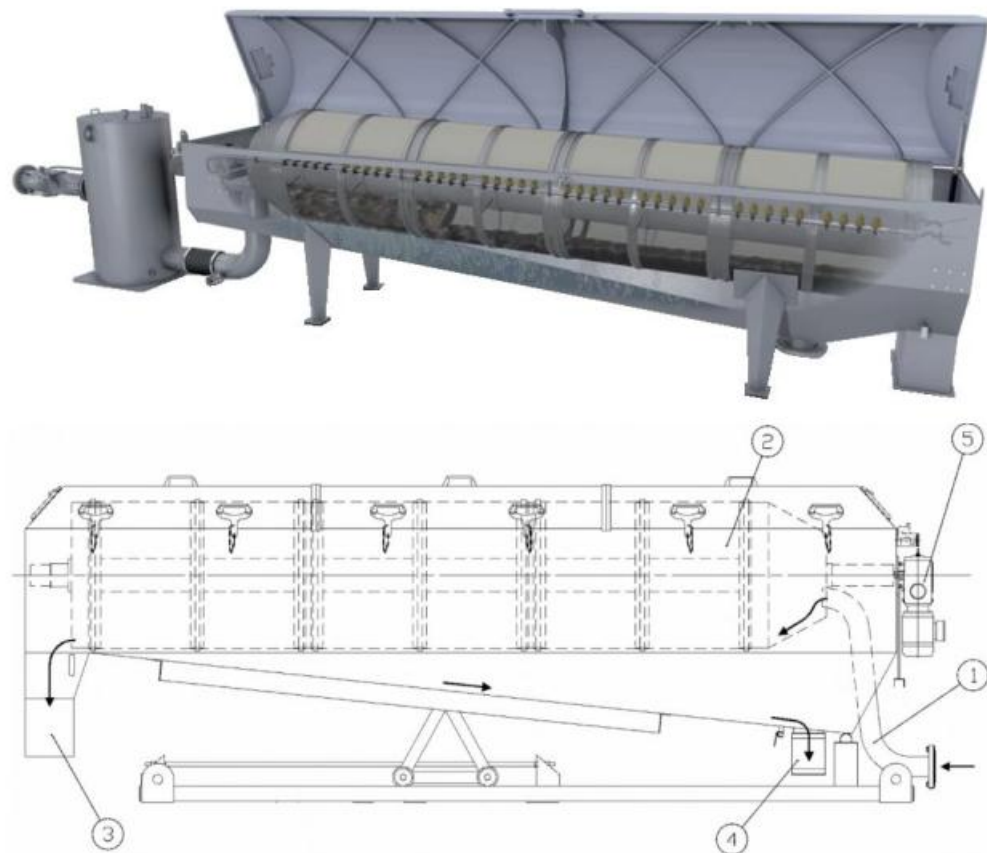


Рис. 1.4 – Зовнішній вигляд та конструкція барабанної сушарки:
 1 – живильна труба; 2 – барабан, що обертається; 3 – патрубок виходу шламу;
 4 – патрубок виходу фільтрату; 5 – мотор-редуктор

Середовище, що згущується, подається в барабанний згущувач через живильну трубу (1) в конічну секцію барабана, що обертається (2), обтягнутого полімерною тканиною, яка фільтрує. Згущений осад залишається всередині барабана, а фільтрат стікає через тканину барабана та видаляється через вихідний патрубок виходу фільтрату (4). Згущений осад видаляється через патрубок виходу шламу (3).

Барабанні згущувачі застосовуються в різних переробних виробництвах АПК, для механічного згущення відходів виробництва та підвищення концентрації твердих зважених частинок у шламах з 1 % до 6 %. Отримані згущені осади займають менший обсяг і можуть бути використані як добрива або вивезені автомобільним транспортом для подальшої утилізації.

Однією з найбільш зношуваних частин барабанного згущувача є підшипники ковзання барабана, що обертається (рис. 1.5), який може бути виготовлений як з металевих матеріалів, так і з полімерних, таких як надвисокомолекулярний поліетилен.

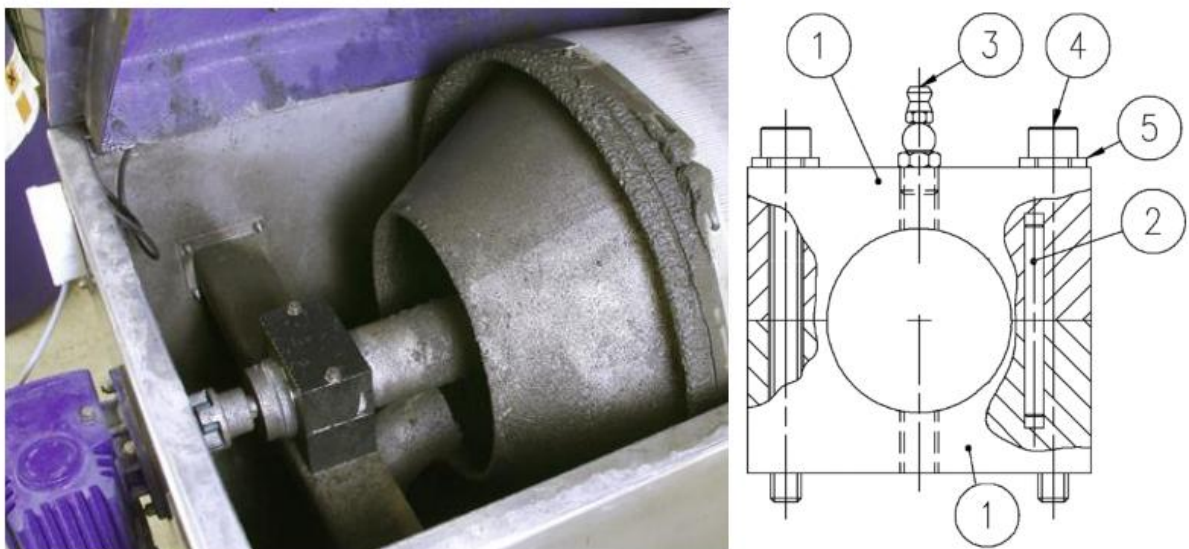


Рис. 1.5 – Зовнішній вигляд та конструкція підшипників ковзання:

1 – корпус підшипника; 2 – штифт; 3 – мастильний ніпель;

4 – стяжна шпилька; 5 – шайба

Основною причиною виходу з ладу підшипників ковзання барабанних згущувачів є абразивне зношування робочих циліндричних поверхонь.

Аналіз умов експлуатації та причин втрати працездатності декантерних центрифуг (декантерів). Одними з найбільш затребуваних, важко завантажених і схильних до зносу видів переробного обладнання АПК є сепараційне обладнання. Технології сепарації використовуються для поділу рідин, а також відокремлення твердих частинок від рідини. Характерним прикладом сепараційного обладнання є декантерні центрифуги (декантери).

За принципом роботи декантер є безперервно-горизонтальною центрифугою з шнековим вивантаженням осаду. Зовнішній вигляд декантера представлений на рис. 1.6.



Рис. 1.6 – Зовнішній вид декантерної центрифуги

Робоче середовище надходить у декантер у місці перетину конічної та циліндричної секцій барабана через трубу, яка розташована по центру. Відцентрові сили призводять до осідання твердих частинок на стінках барабана. Шнековий конвеєр постійно подає тверді частинки у бік конічного торця барабана та через конічну секцію барабана. Поділ суміші відбувається протягом усієї довжини циліндричної секції барабана, а очищена рідина випускається на широкому торці, де пропускається через обід із змінних регульованих пластинчастих перегородок. Тверді частки вивантажуються через випускні отвори на вузькому торці бака під впливом відцентрових сил.

Декантери дуже широко застосовуються в різних технологічних процесах переробних виробництв АПК, таких як: одержання рослинних білків із соняшникового шроту; виробництво рибного борошна, жиру та виділення жиру з печінки риб; глибока переробка пшениці, де декантери використовуються для поділу пшеничного борошна на фракції; переробка картоплі та кукурудзи з отриманням крохмалю, клейковини та комбікормових добавок для худоби та птиці; виробництво фруктових пюре та соків прямого віджиму та ін.

Основними і найбільш відповідальними деталями декантера, схильними до зносу, є барабан і шнек декантерної центрифуги.

Основними причинами виходу з ладу шнека та барабана є: корозія, ерозія, механічні пошкодження та наслідки неправильного ремонту (рис. 1.7).



Рис. 1.7 – Корозійне зношення шнека

Абразивне ерозійне зношування є найчастішою причиною руйнування конструкції барабана і шнека. Прилиплі тверді частки призводять до зношування внутрішньої частини барабана в процесі роботи. Тверді частинки, що викидаються, зношують порт вивантаження сухої фази в барабані та корпусі. Абразивне зношування барабана призводить до істотних

втрат металу, що призводить до дисбалансу барабана, підвищеної вібрації і, в результаті, до виходу з ладу декантера.

Основними причинами ерозійного зносу шнека є висока концентрація абразивних частинок у продукті переробки, відсутність або недостатній рівень захисту лопастей шнека від зносу, а також відсутність контролю ступеня зносу під час експлуатації.

Зношування, викликане абразивним впливом твердих частинок, впливає як на продуктивність, так і на термін служби декантерів.

1.2 Матеріали, що використовуються для нанесення покриттів

На основі проведеного аналізу умов експлуатації, характеру навантажень та причин виходу з ладу вузлів та деталей сільськогосподарської техніки та переробного обладнання харчової промисловості можна виділити типи покриттів, які найбільш доцільно використовувати для відновлення та зміцнення даних деталей.

На рис. 1.8 представлені основні види покриттів, що застосовуються на сьогоднішній час в промисловості [6, 17, 18, 19].

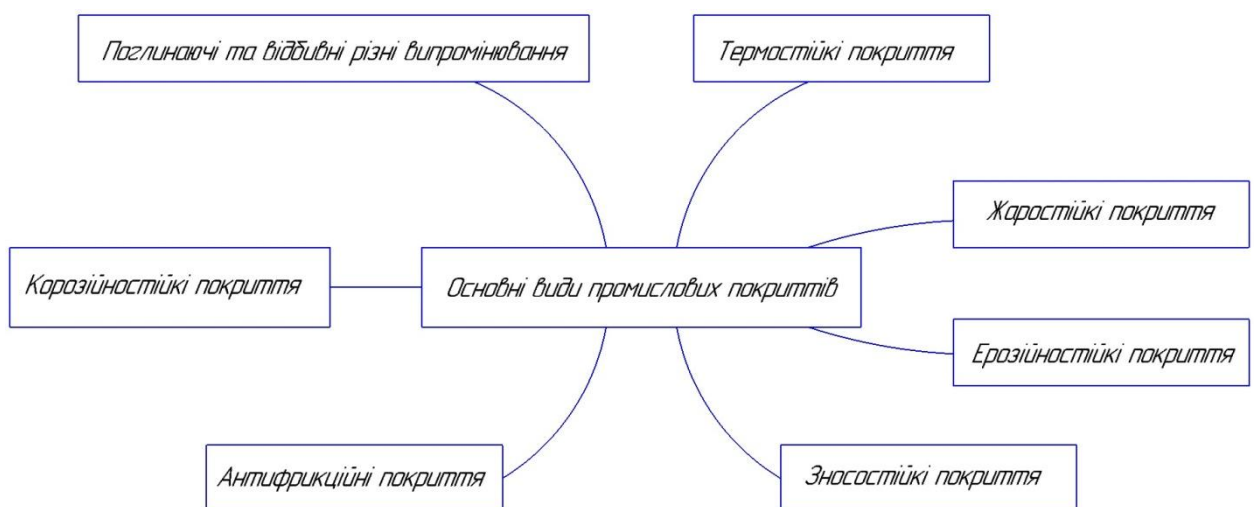


Рис. 1.8 – Основні види промислових покриттів

Для вирішення завдань відновлення та зміцнення деталей переробного обладнання АПК найбільш актуальним є застосування зносостійких, антифрикційних та ерозійно стійких покриттів.

Зносостійкі покриття. Метою нанесення зносостійких покриттів є відновлення втраченої поверхні та надання їй властивостей, які, як правило, перевищують властивості нової деталі. На рис. 1.9 представлені основні вимоги, що висуваються до зносостійких покриттів при виборі матеріалу покриття та технологічного процесу їх нанесення [6, 7,20].

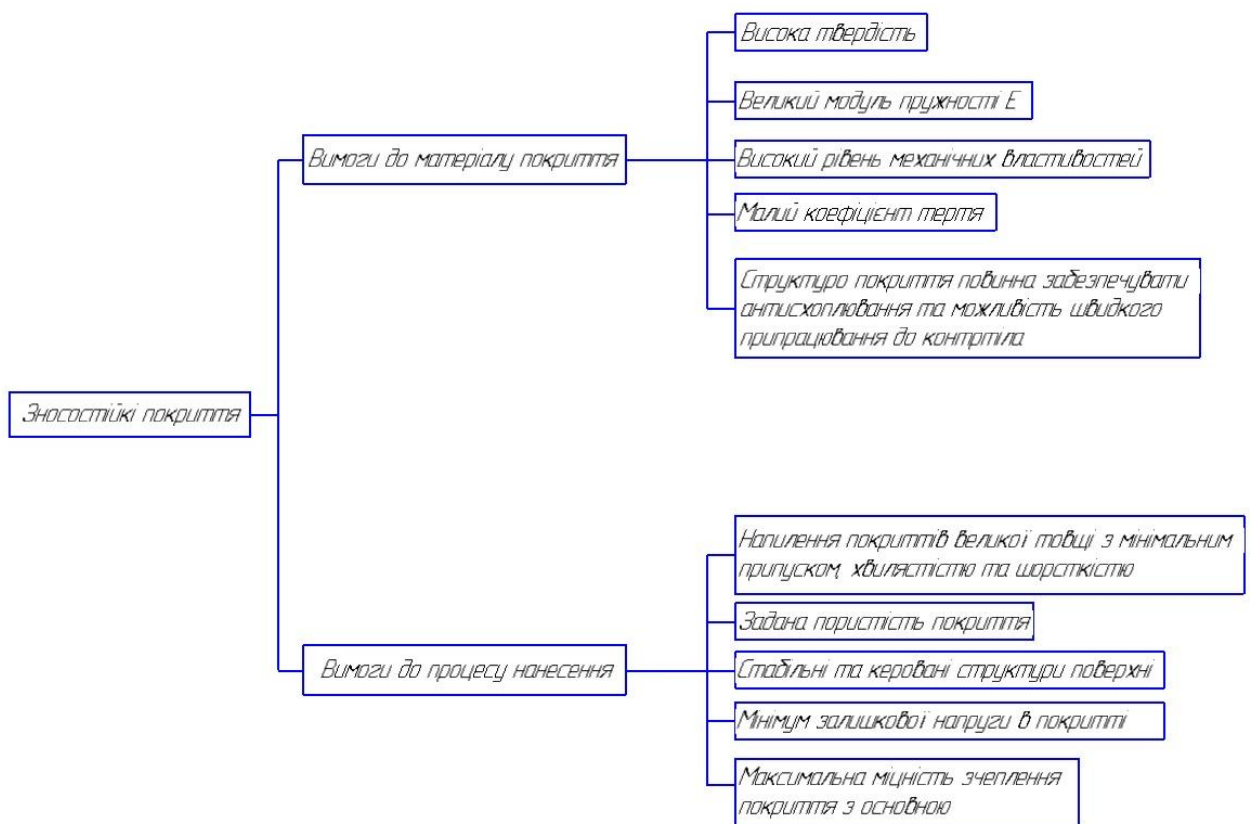


Рис. 1.9 – Вимоги, що висуваються до зносостійких покриттів

Враховуючи дуже широке і постійне поповнення різноманітності сучасних матеріалів, які використовуються для нанесення покриттів, вибір конкретного матеріалу має здійснюватися шляхом евристичного вибору з бази даних за матеріалами згідно з конструкцією та умовами роботи конкретної деталі.

1.3 Аналіз газотермічних методів нанесення покриттів

На сьогоднішній день найбільший інтерес представляють газотермічні методи отримання покриттів, а саме: газополум'яне, детонаційне, високошвидкісне та плазмове напилення [4, 6, 7, 27].

Газополум'яне напилення поряд з низькою вартістю одержуваних покриттів має ряд недоліків: невисока міцність зчеплення покриттів із матеріалом основи (наприклад, для NiAl вона становить 22 МПа); тепловий ККД газового струменя досить високий (0,8-0,9), проте, ефективний ККД нагрівання порошкових частинок не перевищує 0,15; низькі механічні властивості покриттів; неможливість напилювати матеріали з температурою плавлення вище 2800 К.

Перевагами *детонаційного напилення* є: можливість нанесення покриття будь-якого типу з низькою пористістю (менше 1,5-2 %); покриття мають високу міцність зчеплення із основою (до 250 МПа).

Даний метод має наступні недоліки: висока вартість покриттів; робота детонаційних установок супроводжується сильним шумом (140 дБ та більше); необхідність застосування герметичних боксів та дистанційного керування процесом [4, 6, 7, 27].

Високошвидкісне напилення має наступні переваги: висока щільність покриття; висока адгезійна міцність покриття; мінімальні структурні та фазові зміни у покритті та підложці; відносно мала температурна дія на підложку та покриття; висока продуктивність процесу [7, 27].

Плазмове напилення має такі переваги: можливість наносити покриття практично з усіх матеріалів на будь-які підложки. Основним недоліком методу є відносно невисока міцність зчеплення з основою в порівнянні з детонаційними покриттями.

Необхідно відмітити, що в останні роки інтенсивно розвиваються технології газотермічного напилення, при цьому, частка плазмових технологій у загальному обсязі методів нанесення покриттів починає зростати.

Результати аналізу методів напилення дозволяють зробити висновок, що для вирішення задач відновлення та зміцнення деталей переробного обладнання АПК найбільший інтерес представляє плазмове напилення, що обумовлюється відносно високими показниками зчеплення нанесеного матеріалу з підложкою деталі, а також можливістю отримання корозійно стійких покриттів.

1.4 Висновки, мета та задачі досліджень

1. Промислове обладнання переробної галузі АПК має значне фізичне зношення і потребує ремонту. Технічне переозброєння переробних підприємств здійснюється за рахунок застосування імпортного обладнання, запасні частини для якого коштують значно дорожче вітчизняних, крім того, термін їх поставки може досягати 20-25 тижнів.

2. В даний час перед технологами, які займаються розробкою технологічних процесів зміцнення та відновлення деталей, стоять такі проблеми: існує дуже велика різноманітність різних деталей, що підлягають зміцненню та відновленню; умови роботи даних деталей суттєво відрізняються одна від одної, а самі деталі піддаються різним видам зношування; існує безліч матеріалів для нанесення покриттів; існують різні методи нанесення покриттів.

3. Проектування технологічних процесів плазмового напилення характеризується складністю конструкції плазмотрона та важкістю дотримання стабільного процесу напилення.

Таким чином, **мета дослідження** полягає у обґрунтуванні технологічних та організаційних рішень, спрямованих на підвищення якості ремонту обладнання переробних галузей аграрно-промислового комплексу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести аналіз умов експлуатації та причин втрати працездатності переробного обладнання АПК.

2 Провести моделювання енергетичних та теплових характеристик плазмотрону для плазмового процесу нанесення покриття.

3. Розробити узагальнену модель критеріальної оцінки технічних та технологічних можливостей плазмових способів нанесення покриттів.

4. Провести угруповання методик, які застосовуються для визначення характеристик покриттів при відновленні деталей в спеціалізованих підрозділах.

5. Експериментально дослідити вплив режимів плазмового напилення на властивості покриттів.

6. Провести техніко-економічну оцінку запропонованих організаційно-технічних рішень.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ПЛАЗМОВОГО НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ

2.1 Моделювання енергетичних та теплових характеристик плазмотрону

Для визначення питомої ентальпії, швидкості та температури плазмового струменю на зрізі сопла скористаємося емпіричним методом розрахунку плазмотрона, представленого в роботі [6]. Для розрахунку питомої ентальпії плазмового струменя використовуємо залежність (2.1):

$$H_{num} = \frac{I \cdot U - Q}{G_1 - G_2} = \frac{G^{a_1} \cdot (a_2 \cdot I + a_3 \cdot I^2 + a_4 \cdot I^3) \cdot (1 + k_1 \cdot c) - (a_5 + a_6 \cdot I)(1 + k_2 \cdot c)}{G}, \quad (2.1)$$

де U – напруга дуги;

I – величина струму дуги;

G_1 і G_2 – витрати газу 1 та газу 2, що входять до складу плазмоутворюючого газу (наприклад, аргон та азот);

$G = G_1 + G_2$ – витрата плазмоутворюючого газу;

Q – теплові втрати плазмотрону;

$a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6$ – експериментальні коефіцієнти, що залежать від конструкції плазмотрона. Дані коефіцієнти отримують під час експериментів з використанням конкретного плазмотрона, для якого потрібне подальше проведення розрахунків технологічних режимів напилення;

c – коефіцієнт, отриманий експериментальним шляхом;

k_1 та k_2 – константи, що залежать від конструкції плазмотрона.

Далі по термодинамічних залежностях знаходимо універсальну газову постійну $R_0 = f(H_{num}, C)$ та температуру $T_0 = f(H_{num}, C)$ на зрізі сопла. Швидкість струменю на зрізі сопла визначається за виразом:

$$v_o = \frac{4G \cdot R_0 \cdot T_0}{P \cdot \pi \cdot d_c^2 - G_2}, \quad (2.2)$$

P – тиск;

d – діаметр сопла.

Для розрахунку теплових та динамічних параметрів плазмового струменя скористаємося моделлю, запропонованою в роботі [6]. Довжину початкової ділянки визначаємо за формулою:

$$x_n = \frac{1,81R_c \cdot B_2}{C_n \cdot B_1 \sqrt{2B_3}}, \quad (2.3)$$

де C_n – експериментальна константа початкової ділянки;

B_1, B_2, B_3 – функції початкового підігріву струменя та складу газу.

Для аргоноазотної плазми попередньо вираз (2.3) після апроксимації набуде наступного вигляду:

$$x_n = \frac{R_c \left(\frac{7,61}{H_{num}^{0,142} \left(\frac{8,22}{H_{num}^{0,194}} - \frac{7,61}{H_{num}^{0,142}} \right)} \right) C}{0,3} \quad (2.4)$$

В роботі [6] при розрахунках термодинамічних властивостей плазмоутворюючих газів в'язкість аргоноазотної суміші визначається за формулою:

$$\mu_{\text{сум}} = \mu_{Ar} + (\mu_{N_2} - \mu_{Ar}) \cdot C \quad (2.5)$$

Для визначення теплопровідності суміші газів можна використати наближену формулу:

$$\lambda_{\text{сум}} = \lambda_{Ar} + (\lambda_{N_2} - \lambda_{Ar}) \cdot C, \quad (2.6)$$

В'язкість та теплопровідність чистого аргону та азоту, які необхідні для розрахунку $\mu_{\text{сум}}$ та $\lambda_{\text{сум}}$, визначаються за виразом:

$$Z = \sum_{i=1}^n C_i \cdot x^{i-1}, \quad (2.7)$$

де для в'язкості $x = (T_s - 8000)/7000$, а для теплопровідності $x = (T_s - 6500)/5500$.

Аналіз даних експериментів з вимірювання температури частинок в роботі [6], показав, що температура частинок з високою теплопровідністю (зокрема, частинок вольфраму), у межах основної ділянки струменя залишається практично незмінною.

Для розрахунку нагрівання частинок на початковій ділянці скористаємося наступною залежністю:

$$N_u = 2 \frac{\lambda_w}{\lambda_q} + 0,6 R_e^{\frac{1}{2}} \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \left(\frac{P_q \cdot \mu_q}{\rho_w \cdot \mu_w} \right)^{0,2}, \quad (2.8)$$

у якій без особливої похибки можна прийняти

$$0,6 R_e^{\frac{1}{2}} \cdot Pr^{\frac{1}{3}} \left(\frac{P_q \cdot \mu_q}{\rho_w \cdot \mu_w} \right)^{0,2} = K = Const.$$

Індекс W відноситься до властивостей газу при температурі поверхні частки T_w . Для температур $T_w = 1000 \dots 3000 K$ можна прийняти $\lambda_w = a_1 + b_1 \cdot T_w$.

Рівняння нагріву термічно тонкої частки без урахування теплообміну випромінюванням має вигляд:

$$\frac{d\theta}{d\tau} = \left(A_1 + A \cdot \theta + B \cdot Y^{\frac{1}{2}} \right) (\theta_q - \theta), \quad (2.9)$$

де $\theta = T/T_m$;

$\theta_q = T_q/T_m$;

T_m – температура плавлення матеріалу частки;

$A_1 = 12a_1/\lambda_p$;

$A = 12b_1 \cdot T_m/\lambda_p$;

$B = 6K \cdot \lambda_q/\lambda_p$.

При переході від координати τ до просторової координати $\zeta = x/D$ вираз (2.9) буде мати наступний вигляд:

$$\frac{d\theta}{\theta_q - \theta} = \left[A_1 + A \cdot \theta + B(R - B_0 \cdot \tau)^{\frac{1}{2}} \right] \cdot d\tau, \quad (2.10)$$

При вирішенні цього рівняння використовуємо метод, викладений у роботі [21]. З урахуванням перетворення отримаємо вираз:

$$(R - B_0 \cdot \tau)^{\frac{3}{2}} = R^{\frac{3}{2}} \left(1 - \frac{3}{2} \frac{B_0}{R} \cdot \tau \right), \quad (2.11)$$

Беручи до уваги, що $B_0 \cdot \tau/R = 1$, а також враховуючи початкову умову $\theta = \theta_0$ при $\tau = 0$, рішення рівняння (2.10) отримаємо в наступному вигляді:

$$\theta = \theta_q - (\theta_q - \theta) \left[\left(1 - \frac{\delta}{\gamma} \right) \cdot e^{\gamma\tau} + \frac{\delta}{\gamma} \right]^{-1}, \quad (2.12)$$

$$\text{де } \gamma = \beta + B\sqrt{R};$$

$$\delta = A(\theta_q - \theta_0);$$

$$\beta = A_1 + A \cdot \theta_q.$$

На рис 2.1 представлені графіки нагрівання частинок вольфраму на початковій ділянці струменя аргонної плазми, побудовані по залежності (2.12). Там же нанесені криві нагріву, розраховані за методикою, викладеною в роботі [22] та визначені залежністю (2.13):

$$\theta = \theta_q - (\theta_q - \theta_0) \cdot e^{-6B_i\tau}, \quad (2.13)$$

$$\text{де } B = \alpha \cdot D / \lambda_p = 2\lambda_q / \lambda_p;$$

$$N_u = \alpha \cdot D / \lambda_q = 2$$

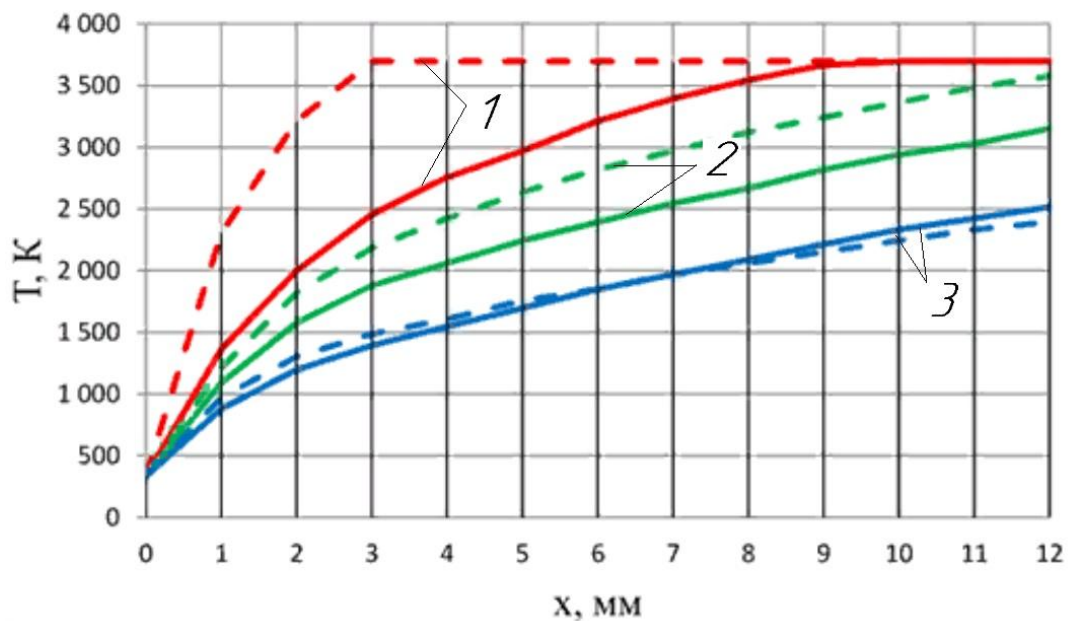


Рис.2.1 – Графіки нагрівання частинок вольфраму на початковій ділянці

струменя плазми аргону ($T_q = 10^4 K$, $W = 10^3 \text{ м/с}$):

1 – $D = 30 \text{ мкм}$, 2 – $D = 60 \text{ мкм}$, 3 – $D = 100 \text{ мкм}$. Суцільні лінії – розрахунок за (2.12), штрихові – розрахунок за (2.13)

Так, при розрахунку (2.13) плавлення частинок розміром $D = 30$ мкм починається на відстані близько 3,5 мм від місця введення в струмінь, у той час як за запропонованою методикою моменту досягнення температури плавлення відповідає відстань близько 10 мм.

2.2 Модель критеріальної оцінки технічних та технологічних можливостей плазових методів нанесення покриттів

Для побудови критеріальної моделі на першому етапі з безлічі параметрів для аналізу вибираються найбільш значущі параметри, що характеризують технологічну собівартість покриття, продуктивність та надійність процесу, на підставі яких далі формулюється критерій економічної ефективності технологічного процесу напилення [23].

Наведені витрати на нанесення плазового покриття становлять:

$$C_{np_i} = E_n \cdot K_i + C_i = \frac{1}{T_n} \cdot K_i + C_i, \quad (2.14)$$

де i – індекс варіанта;

K_i – вартість обладнання, для реалізації технологічного процесу, грн ;

E_n – нормативний коефіцієнт окупності капітальних вкладень;

T_n – нормативний термін окупності капітальних вкладень, роки;

C_i – вартість матеріалу покриття, грн .

Питомі витрати при нанесенні покриття на одну деталь можна визначити за виразом:

$$S_{numi} = \frac{\frac{K_i}{T_n} + C_i}{N_i}, \quad (2.15)$$

де $N_i = \frac{\Phi_{oi} \cdot \gamma_{oi} \cdot \gamma_{zi} \cdot \eta_{oi} \cdot 60}{T_{\text{ци}}}$ – число деталей, що напилюються на протязі

року, од.;

Φ_{oi} – номінальний річний фонд роботи обладнання, год.;

$T_{\text{ци}}$ – тривалість технологічного циклу або час нанесення покриття, год.;

$\gamma_{oi} = 1 - (\delta_1 - \delta_2)$ – коефіцієнт, що враховує втрати номінального фонду

часу з організаційних причин;

δ_1 – коефіцієнт втрат часу на огляди та ремонти;

δ_2 – коефіцієнт втрат часу на простой через несвоєчасне подання матеріалів та енергії (знаходиться зі статистичних даних або задається);

γ_{zi} – коефіцієнт втрат часу через недовантаження обладнання;

$\eta_{oi} = \frac{1}{1 + \delta_3 + \delta_4}$ – коефіцієнт використання наявного фонду часу

обладнання (коефіцієнт надійності);

δ_3 – питомі простой через переналагодження та регулювання обладнання (задається виходячи з досвіду роботи на обладнанні певного типу);

δ_4 – питомі простой через відмови обладнання, які визначаються інтенсивністю відмов та часом усунення відмови.

Коефіцієнт η_{oi} характеризує надійність обладнання, а в кінцевому рахунку і технологічного процесу, тому його можна назвати коефіцієнтом надійності.

Таким чином, отримаємо вираз:

$$S_{\text{numi}} = \frac{T_{\text{ци}}}{60\eta_{oi}} \left(\frac{K_i}{T_n \cdot \Phi_{oi} \cdot \gamma_{oi} \cdot \gamma_{zi}} + \frac{C_i}{T_n \cdot \Phi_{oi} \cdot \gamma_{oi} \cdot \gamma_{zi}} \right), \quad (216)$$

Перший доданок виразу (2.16) є капітальні вкладення, віднесені до 1 часу дійсного фонду роботи устаткування, тобто питомі капітальні

вкладення. Другий доданок – це технологічна собівартість 1 часу роботи устаткування, тобто питомі витрати виробництва на операцію нанесення покриття – позначимо його через C_{oi} .

Оскільки має місце залежність:

$$T_{\text{ци}} = F_{oi} \cdot t_i / f_{oi}, \quad (2.17)$$

де F_{oi} – сумарна площа поверхні, що напилюється, см^2 ;

t_i – товщина покриття, см ;

f_{oi} – продуктивність напилення, $\text{см}^3/\text{хв}$.

Тоді питомі витрати складуть:

$$S_{\text{numi}} = \frac{F_{oi} \cdot t_i}{f_{oi} \cdot 60 \cdot \eta_{oi}} \left(\frac{K_i}{T_n \cdot \Phi_{oi} \cdot \gamma_{oi} \cdot \gamma_{zi}} + C_{oi} \right), \quad (2.18)$$

Вираз (2.18) визначає питомі витрати на створення покриття необхідної товщини або технологічну собівартість покриття.

Отримаємо вираз для узагальненого критерію економічної ефективності напилення покриттів з урахуванням технологічних та експлуатаційних показників, не беручи до уваги геометричні характеристики покриття (площа F_{oi} і товщину t_i) і пронормувавши питомі витрати за об'ємом покриття: $V_i = F_{oi} \cdot t_i$.

Підставимо це співвідношення до (2.18) і отримаємо вираз:

$$S_{\text{numi}} = \frac{V_i}{f_{oi} \cdot 60 \cdot \eta_{oi}} \left(\frac{K_i}{T_n \cdot \Phi_{oi} \cdot \gamma_{oi} \cdot \gamma_{zi}} + C_{oi} \right), \quad (2.19)$$

Вираз (2.19) є багатопараметричною техніко-економічною моделлю, яка дозволяє оцінити витрати на отримання одиниці об'єму плазмового покриття.

Мінімум S_{numi} свідчить про високу економічну ефективність технологічного процесу. Однак, найкращий за витратами варіант може не задовольняти за продуктивністю або надійністю. Тому для вибору оптимального технологічного процесу необхідний комплексний критерій, який базується на техніко-економічній моделі та акцентує увагу на показниках надійності та продуктивності. Такий критерій можна представити у вигляді виразу:

$$Q = \frac{f_{oi} \cdot \eta_{oi}}{S_{numi}}, \quad (2.20)$$

Математичний опис критерію (2.20) дозволяє визначати та аналізувати основні техніко-економічні показники та технологічні характеристики технологічного процесу нанесення покриттів, що забезпечують Q_{max} .

Висновки по розділу.

1. Розроблено математичну модель розрахунку технологічних режимів плазмового наплення матеріалів з високою теплопровідністю, засновану на моделюванні теплоенергетичних характеристик плазмотрона, динамічних параметрів плазмового струменя, а також термодинамічних властивостей плазмоутворюючих газів. Отримані залежності, що встановлюють зв'язок технологічних режимів наплення з температурою та швидкістю частинок із високою теплопровідністю, дозволяють керувати властивостями покриттів.

2. Розроблено узагальнену модель критеріальної оцінки способу нанесення плазмових покриттів, що дозволяє робити вибір раціональних матеріалів та технологій, а також моделювати варіанти конструктивно-технологічних рішень, які відповідають умові оптимізації.

3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПЛАЗМЕННИХ ПОКРИТТІВ

В рамках даної роботи були використані методики для визначення характеристик, найбільш важливих для покриттів, що застосовуються для зміцнення та відновлення деталей в спеціалізованих підрозділах з ремонту обладнання: міцності зчеплення покриттів із матеріалом підложки; пористості покриттів; твердість покриттів; зносостійкості покриттів.

3.1 Методика дослідження міцності зчеплення покриттів

Одним з найважливіших параметрів, які характеризують якість покриттів, є міцність зчеплення. Існуючі методи експериментального визначення міцності зчеплення покриттів розглядаються в роботах [6, 7]. Їх можна розділити на дві групи – кількісні та якісні. У дослідженнях, що проводяться в рамках роботи, використовуються два з описаних вище методів: клейовий і штифтовий.

Клейовий метод визначення міцності зчеплення представлений на рис. 3.1.

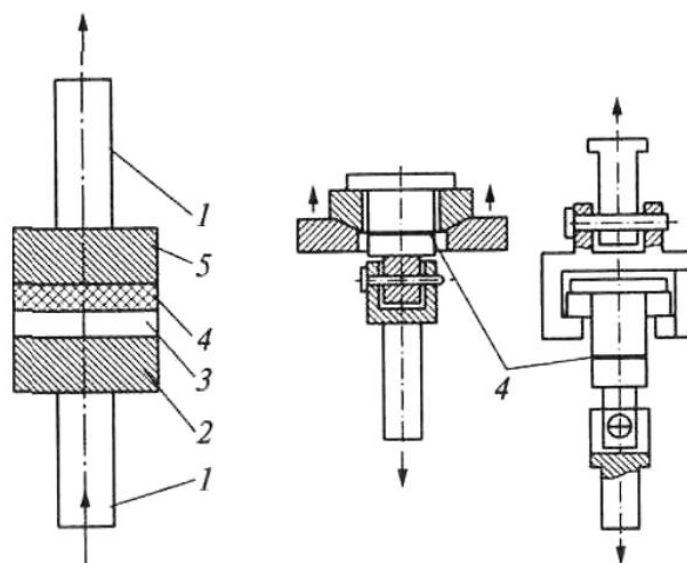


Рис. 3.1 – Схеми випробування на міцність зчеплення покриття по клейовому методу: 1 – затискні цапфи; 2 – державка; 3 – клей; 4 – покриття; 5 – зразок

Розрахунок міцності зчеплення визначають за формулою:

$$\sigma_{зч} = \frac{4P}{\pi \cdot d^2} K_e, \quad (3.1)$$

де: P – зусилля руйнування;

d – діаметр зразка.

Товщина покриття повинна бути в межах 0,2-0,4 мм (оптимальною являється товщина 0,3 мм). За більшої товщини міцність зчеплення зменшується.

Зниження міцності зчеплення враховується експериментальним коефіцієнтом K_e (табл. 3.1), який забезпечує міцність зчеплення до товщини 0,3 мм.

Таблиця 3.1 – Значення K_e для різних товщин покриття

K_e	0,88	1,00	1,21	1,41	1,60	1,75	1,96	2,22
δ , мм	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	1,00

Склеювання зразків проводиться відповідно до технічної документації на клей (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Основні характеристики клеїв

Клей	Вид клею	$\sigma_{зч}$, МПа	Робоча температура, °С	Режим склеювання		
				T , °С	Питоме навантаження при склеюванні, МПа	Час витримки, год.
ВК-9	Рідкий	20-30	До 120	60	0,02	1
				20		
ВК-26М	Плівковий	35-45	130	250	0,2-0,3	3
ВК-36		50	180			
ВК-51		70	120			

Штифтовий метод представлений на рис. 3.2 [7]. Умову визначення міцності зчеплення можна записати у вигляді нерівності:

$$d \leq \frac{4b \cdot t}{G}, \quad (3.2)$$

де d – діаметр штифта;

b – товщина покриття;

t – напруга зрізу в покритті;

G – напруга адгезійної міцності покриття.

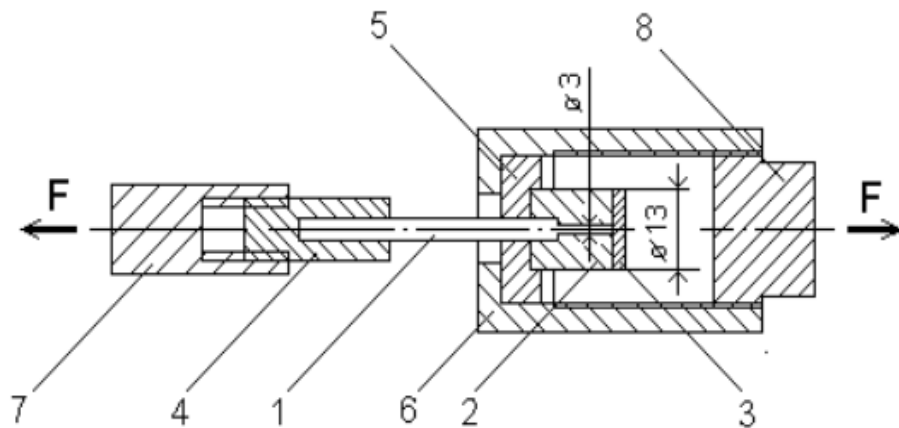


Рис. 3.2 – Схема визначення адгезійної міцності плазмових покриттів штифтовим методом: 1 – стрижень із матеріалу основи; 2 – сталева втулка; 3 – напилений шар; 4 – втулка; 5 – розрізна шайба; 6 – накидна гайка; 7 та 8 – деталі випробувальної машини

3.2 Методика випробування покриттів на твердість

Твердість використовують для оцінки якості газотермічних покриттів, так як це, по суті, непряма оцінка щільності матеріалу покриття. Чим більше у шарі покриття пор, тим глибше втискується індентор. Для оцінки твердості дрібної багатофазної структури газотермічних покриттів слід використовувати спосіб Брінеля (рис. 3.3, а) (для відносно м'яких матеріалів, наприклад, ущільнювальних покриттів). Для твердих щільних покриттів (наприклад, оплавлених самофлюсів з карбідною фазою), краще використовувати спосіб Віккерсу (рис. 3.3, б). Для визначення твердості

керамічних покриттів – спосіб Роквелла, так як кераміка не зберігає відбиток індентора [17]. Як індентор використовують загартовану кульку або алмазний наконечник у вигляді конуса або піраміди (рис. 3.3).

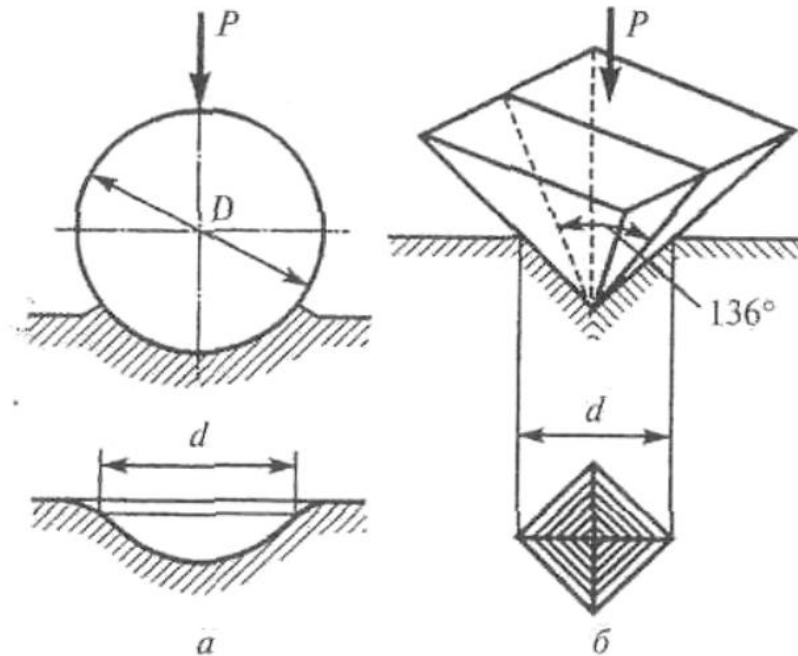


Рис. 3.3 – Схема визначення твердості по Брінелю (а) та Віккерсу (б)

Число твердості по Брінелю (НВ) визначають шляхом розподілу навантаження P на площу сферичного відбитку:

$$HB = \frac{2P}{\pi \cdot D \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)}, \quad (3.3)$$

де D – діаметр кульки, яка вдавлюється, мм [24].

Твердість за Віккерсом визначається згідно [25]. Число твердості обчислюють за формулою:

$$HV = 0,189 \frac{P}{d^2}, \quad (3.4)$$

де P – в Н, а d – в мм. [25].

Твердість за Роквеллом визначається згідно [26]. Число твердості зчитують з приладу за відповідною шкалою:

- шкала А (алмазний конус, навантаження $600H$) застосовується для особливо твердих матеріалів, тонких листових матеріалів, тонких шарів (0,5-10 мм). Межі вимірювання $HRC70-85$;

- шкала В (сталева кулька, навантаження $1000H$) застосовується для порівняно м'яких матеріалів ($< 400HB$). Межі вимірювання $HRC 25-100$;

- шкала С (алмазний конус, навантаження $1500H$) застосовується для твердих матеріалів ($> 450HB$), наприклад, загартованих самофлюсних газотермічних покриттів, загартованих сталей. Межі вимірювання $HRC 20-67$ [26].

3.3 Методика випробування поверхневих шарів на абразивне зношування

На сьогоднішній день існує багато методик визначення зносостійкості поверхневих шарів деталей [7, 17, 27].

В рамках роботи використовується методика, при якій визначається порівняльна стійкість покриттів до абразивного зношування при терті нежорстко закріплених абразивних часток [28].

Схему установки для випробування наведено на рис. 3.4.

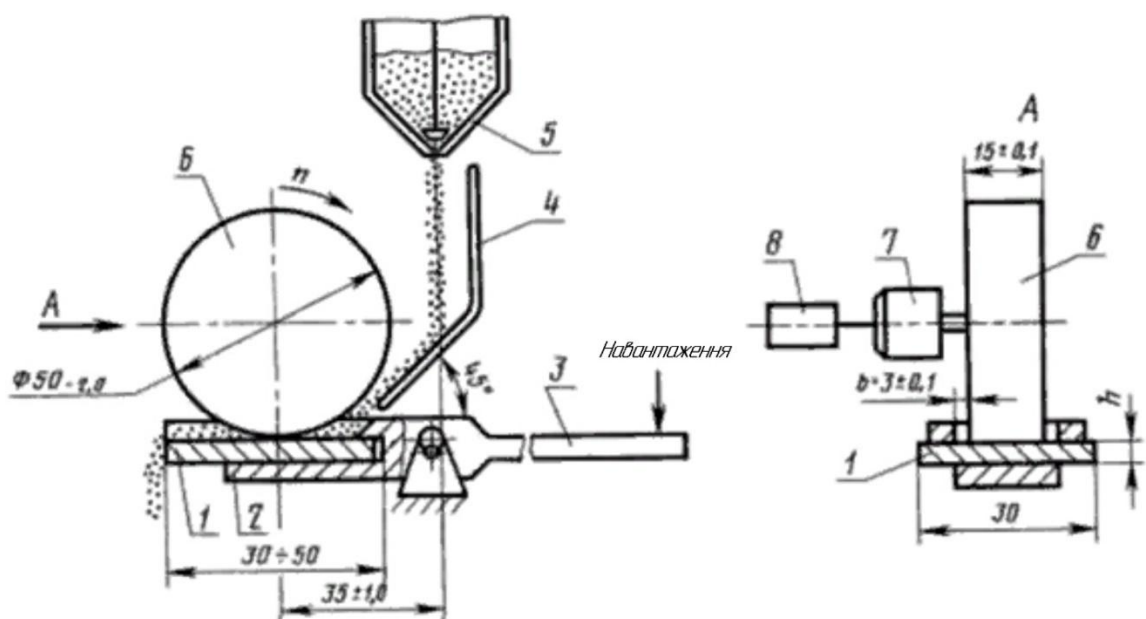


Рис. 3.4 – Схема установки для випробування

Сталеве колесо, обернене гумою, обертається зі швидкістю 200 хв.^{-1} і притискається до зразка із зусиллям у 150 Н , у той же час, сипучий абразив (у нашому випадку застосовувався електрокорунд) подається між колесом та зразком.

Втрати маси реєструються після 2000 та 6000 обертів колеса. Результати, отримані цим методом, зазвичай значно вищі, ніж аналогічні при випробуваннях на шліфувальному колі, і придатні для випробування абразивним зносом надзносостійких покриттів. За цією ж методикою можуть бути оцінені і менш зносостійкі покриття, якщо знизити навантаження та кількість обертів.

Дослідження проводились на установці, представлений на рис. 3.5.



Рис. 3.5 – Загальний вид експериментальної установки

Установка для випробувань на абразивне зношування при терті по незакріпленому абразиву включає в себе електродвигун постійного струму П 21-94 потужністю 1,5 кВт, механічну частину з пружною муфтою та

черв'ячним редуктором 2Ч-63-25-53-2-2-У1 та систему навантаження зразків. Вона складається з навантажуючого штока з гніздом для кріплення оправки та штанги, для створення притискного навантаження за допомогою вагових вантажів.

На торцеву поверхню досліджуваних зразків наноситься поверхневий шар завтовшки не менше 1 мм. Кількість зразків для проведення досліджень одного типу поверхневого шару не менше 3 штук. Перед початком випробувань контактна поверхня зразків припрацьовується для досягнення повного прилягання зразків до поверхні абразивного кола. Для визначення відносної зносостійкості поверхневого шару досліджуваних зразків, використовується абразивний матеріал з електрокорундовим шліфувальним зерном (А) твердістю не нижче R або С та зернистістю 63-50 мкм.

Випробування проводять при терті торцевої поверхні зразка по поверхні абразивного бруска. Шлях тертя для одного циклу випробувань визначається дослідним шляхом, та є постійним в межах усієї серії випробувань. Лінійна швидкість відносного переміщення зразка по поверхні абразиву становить $0,313 \text{ м/с}$. До та після закінчення кожного циклу випробувань досліджуваний зразок зважується, і визначається зносостійкість поверхневого шару.

При вимірюванні вагового зносу використовуються електронні аналітичні ваги з ціною поділу не менше 0,001 г.

Висновки по розділу.

1. Запропоновані методики для визначення фізико-механічних властивостей відновлених поверхонь деталей переробного обладнання способом плазмового напилення дають можливість визначити оптимально ефективні режими для якісного відновлення деталей.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХ АНАЛІЗ

4.1 Дослідження впливу режимів плазмового напилення на властивості покриттів

Метою проведених досліджень було одержання оптимізації контрольованих параметрів технологічного процесу. Завдання вибору контрольованих параметрів полягає у визначенні значущих факторів, що визначають перебіг даного технологічного процесу, з метою подальшого управління властивостями одержаних покриттів [11, 29].

Результати досліджень впливу середньовагової температури напилюваних частиць на пористість (П) покриття наведені в табл. 4.1 та представлені на рис. 4.1.

Таблиця 4.1 – Залежність значень пористості від температури частиць

№ з/п	Температура частиць, К	Пористість, %
1	1580	20,20
2	1670	19,10
3	1780	18,10
4	1920	16,50
5	2085	14,80
6	2260	14,0
7	2400	13,10

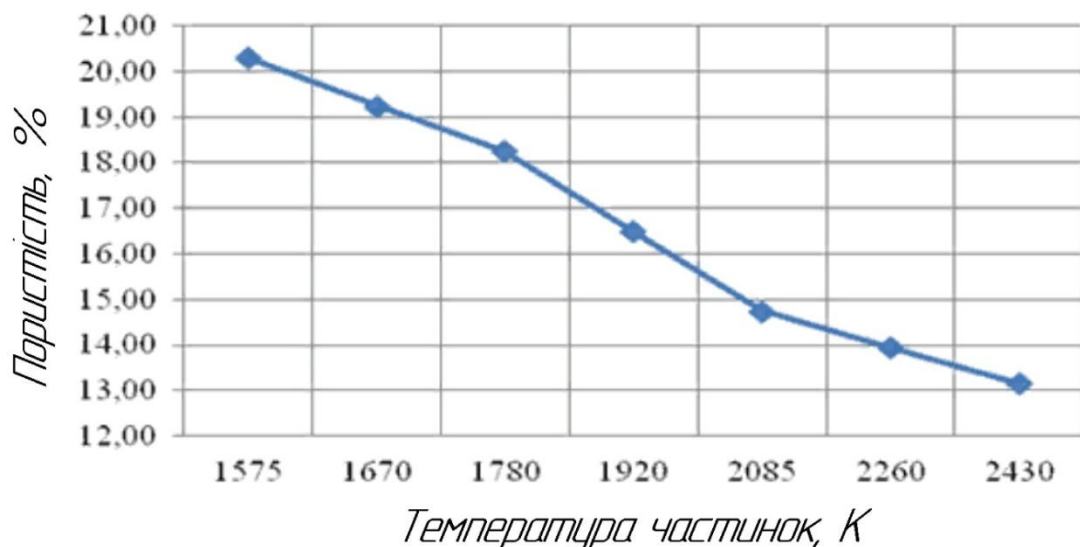


Рис. 4.1 – Залежність значень пористості від температури частиць

Аналіз отриманих результатів показує, що зі збільшенням температури процесу напилення пористість покриття зменшується. При початковій температурі процесу $T = 1580K$, показник пористості становив $P = 20,2\%$. Зі збільшенням температури до $T = 2400K$ показник пористості змінився до значень $P = 13,1\%$, що на 35 % менше в порівнянні з початковою температурою. Такий стан справи обумовлюється тим, що при збільшенні температури процесу більша частина частиць порошка встигає розплавитись під дією плазми. За рахунок цього при взаємодії розплавленого порошка з поверхнею деталі більш інтенсивно протікають дифузійні процеси, що покращує процес зчеплення матеріалів та формує однорідність структури нанесеного матеріалу на поверхні деталі.

Вплив температурного режиму плазмового напилення на коефіцієнт використання матеріалу (KIM) представлено в табл. 4.2 та на рис. 4.2.

Таблиця 4.2 – Залежність коефіцієнта використання матеріалу від температури частиць

№ з/п	Температура частиць, К	Коефіцієнт використання матеріалу, %
1	800	5,00
2	1650	9,8
3	1760	12,40
4	1890	16,00
5	2070	18,20
6	2232	19,90
7	2363	20,20

Аналіз результатів, наведений в табл. 4.2, показує, що зростання температури при плазмовому напиленні прямопропорційно впливає на коефіцієнт використання матеріалу. При температурах до $T = 1000K$ коефіцієнт використання матеріалу складав $KIM = 5,0\%$. Низьке значення показника використання матеріалу обумовлюється тим, що при даній температурі частинки порошка швидко проходять через сопло плазматрона під дією транспортуючого газу, і не всі встигають розплавитись, що приводить до погіршення зчеплення порошка з підложкою деталі та його

осипання або закріплення на поверхні в вигляді дендрідних шарів, які не забезпечують якісне відновлення поверхні.

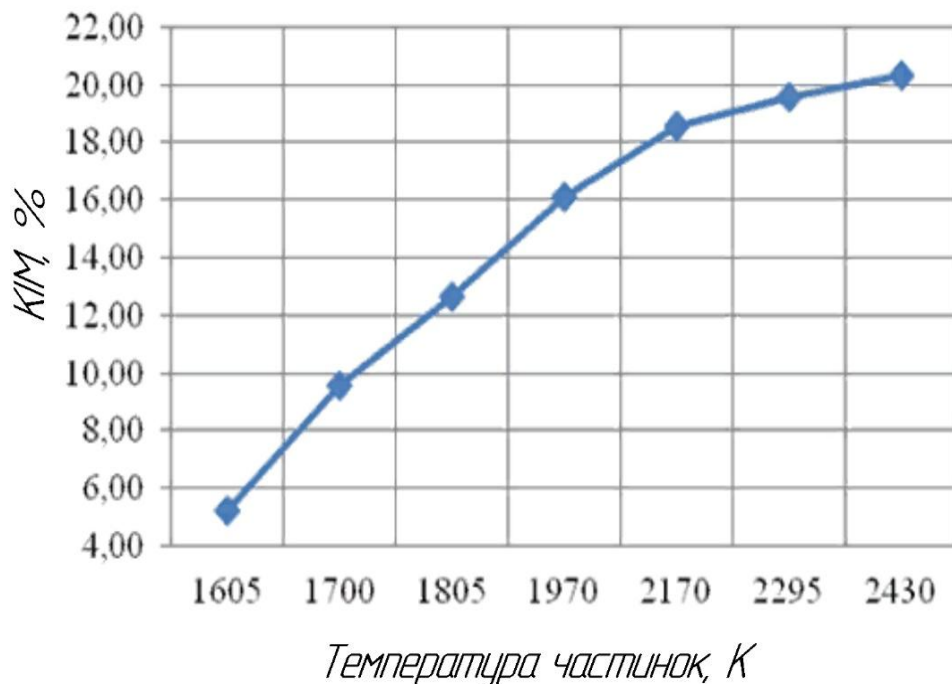


Рис.4.2 – Залежність коефіцієнта використання матеріалу від температури частиць

При температурах $T = 2360K$ коефіцієнт використання матеріалу зростає до $KIM = 22,20\%$, що приблизно на 75% більше в порівнянні з початковими температурами. Це пояснюється якісним розплавленням порошкової маси при даних температурах, що забезпечує якісне нанесення покриття за рахунок термодифузійних процесів.

Даний висновок підтверджується і графічним (рис.4.2) представленням отриманої функціональної залежності між температурою та коефіцієнтом використання порошку.

Результати впливу температури плазменного процесу на міцність з'єднання розплавленого матеріалу з підложкою деталі представлені в табл. 4.3 та на рис. 4.3.

Таблиця 4.3 – Впливу температури плазменного процесу на міцність з'єднання розплавленого матеріалу

№ з/п	Температура частиць, К	Міцність з'єднання, МПа
1	780	37,0
2	1580	40,0
3	1632	42,5
4	1750	49,8
5	1820	51,4
6	1896	52,5
7	1968	53,2

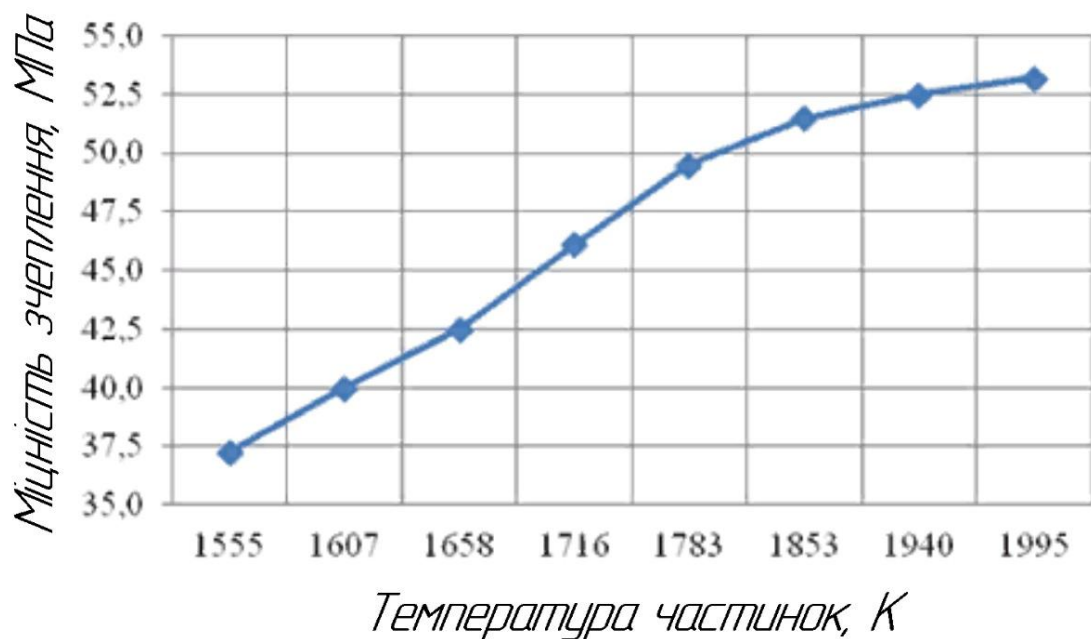


Рис. 4.3 – Залежність впливу температури плазменного процесу на міцність з'єднання розплавленого матеріалу з підложкою деталі

Аналіз отриманих результатів показує, що показник міцності з'єднання розплавленого матеріалу з деталлю інтенсивно зростає до температури процесу – $T = 1750\text{K}$ і становить $\sigma_{зч} = 50,0\text{МПа}$. Для даного відрізка температур характерним буде те, що процес з'єднання розплавленого матеріалу забезпечується за рахунок механічної дії, від удару транспортуючого порошка по поверхні деталі оплавлені частинці на першій фазі зчеплення закріплюються в підложці деталі, а на другій фазі, за рахунок

температури, проходить процес дифузійного зчеплення розплавленого порошка з деталлю.

Зі збільшення температури до $T = 1970K$ показник міцності становить $\sigma_{зч} = 53,2MPa$, що лише на 6 % перевищує показник зчеплення при температурі $T = 1750K$. Це пояснюється тим, що зі збільшенням температури більша кількість фракцій порошку розплавляється, і при цьому зменшується кількість оплавлених частиць. Звідси погіршується ефект зчеплення частиць на першій фазі – від дії механічної сили удару. В даному випадку в більшій мірі процес зчеплення проходить за рахунок дифузії, що і впливає на процес зчеплення.

Висунута робоча гіпотеза чітко підтверджується і графічною частиною, де кут нахилу графіка при температурі від $T = 1970K$ є меншим в порівнянні з меншою температурою.

Міцність зчеплення покриття також істотно залежить від діаметра частини порошку та від дистанції наплення. Результати даних досліджень наведені в табл. 4.4 і представлені на рис.4.4.

Таблиця 4.4 – Вплив діаметра частини порошку та дистанції наплення на міцність з'єднання розплавленого матеріалу

№ з/п	Дистанція наплення, мм	Міцність з'єднання, МПа
Діаметр частиць порошку $\varnothing 90\mu m$		
1	65	4,0
2	75	3,8
3	85	3,5
4	95	3,2
5	105	3,0
6	115	2,9
7	125	2,8
8	135	2,4
Діаметр частиць порошку $\varnothing 60\mu m$		
1	65	6,9
2	75	6,7
3	85	6,2
4	95	6,0
5	105	5,6
6	115	5,2
7	125	5,0
8	135	4,8

Діаметр частиць порошку $\varnothing 40\text{мкм}$		
1	65	11,0
2	75	10,5
3	85	10,0
4	95	9,8
5	105	9,2
6	115	8,9
7	125	8,6
8	135	8,3

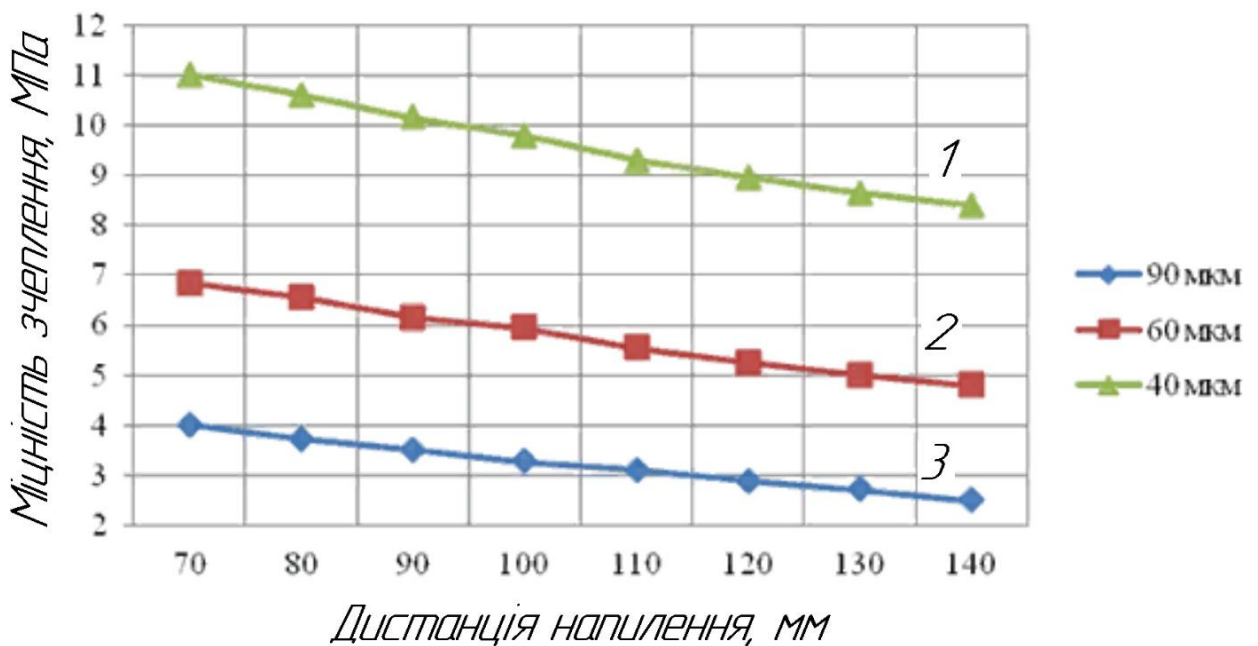


Рис. 4.4 – Залежність значень міцності зчеплення від дистанції наплення при діаметрі частинок: 1 – 40 мкм; 2 – 60 мкм; 3 – 90 мкм

Аналіз отриманих результатів, представлених в табл. 4.4, показує, що зі збільшенням відстані плазматрона від деталі міцність з'єднання покриття з деталлю зменшується. Так, для фракції порошку розміром $\varnothing 40\text{мкм}$ зі зміною відстані з 65 мм до 135 мм міцність з'єднання зменшилась на 24,5 %, для фракцій $\varnothing 60\text{мкм}$ – на 30,4 %, а для фракцій розміром $\varnothing 90\text{мкм}$ – на 40 %.

Така залежність пояснюється тим, що зі збільшенням відстані між плазматроном і деталлю зменшується температура розплавленого матеріалу

при досягненні його деталі, що негативно впливає на дифузійні процеси при з'єднанні з деталлю.

Розмір фракцій порошку також впливає на міцність зчеплення розплавленого матеріалу з підложкою деталі. Зі збільшення розміру фракцій порошка міцність зчеплення зменшується. Фракції більшого розміру, проходячи через полум'я в плазматроні, оплавляються зовні, а їх ядро залишається нерозплавленим. При з'єднанні такої частини з деталлю значно зменшується дія дифузії металів за рахунок зменшення температурної дії.

Це підтверджується і графічним матеріалом (рис. 4.2). Так, для фракції розміром $\varnothing 90 \text{ мкм}$ при однаковій відстані напилення 65 мм показник міцності з'єднання становить $\sigma_{зч} = 4,0 \text{ МПа}$, а для фракцій розміром $\varnothing 40 \text{ мкм}$ відповідно $\sigma_{зч} = 11,0 \text{ МПа}$. Різниця між показниками становить близько 63,6 %.

В рамках даної роботи були проведені випробування 4-х партій напилених зразків зносостійких покриттів на основі ПГ-СР4 методом Роквелла при навантаженні 150 кг протягом 4 с. У кожній партії випробовувалися по три зразки. При дослідженні твердості матеріалів зразків використовувалося обладнання: прилад моделі ТК-14-250; індентор – алмазний конус (допустиме відхилення форми 120 ± 30).

Результати випробувань показали, що середнє значення твердості становить – 65,3 HRC.

Для дослідження поверхневих шарів на абразивне зношування були обрані такі типи покриттів: металеві зносостійкі покриття із порошку на основі Ni типу ПГ-СР4 дисперсністю $(40-50) \cdot 10^{-6}$ м; металофторопластові антифрикційні покриття з таким складом: 60-70 % фторопласт + 30-40 % бронза; 45-55 % фторопласт + 45-55 % бронза; 25-30 % фторопласт + 70-75 % бронза.

Дослідження плазмових покриттів проводилися за методикою, описаною у підр. 3.3. Дослідження проводилося з застосуванням циліндричних зразків діаметром 10 мм та висотою 20 мм з покриттям,

нанесеним на торцеву поверхню. Абразивний матеріал – 12 СТ-1 (електрокорунд білий середньотвердий).

На кожен варіант покриття було проведено 3 повторні випробування. Результати проведених випробувань на зносостійкість представлені в табл. 4.5 та на рис. 4.5.

Таблиця 4.5 – Результати випробувань плазмових покриттів на зносостійкість

Матеріал покриття	Вага зразка до випробування, г	Час випробування, с.	Вага зразка після випробування, г	Втрата ваги зразка, г
Ст 45	93,44	480	92,81	0,63 } 0,65 0,66
	92,61		91,93	
	90,01		89,35	
ПГ-СР4	176,60	480	176,17	0,43 } 0,44 0,44
	176,18		175,73	
	178,24		177,80	
ПГ-СР4 +20% Al ₂ O ₃	165,72	480	165,34	0,38 } 0,38 0,40
	168,07		167,71	
	173,50		173,10	
ПГ-СР4 +15% Al ₂ O ₃	94,011	480	93,531	0,48 } 0,48 0,47
	94,61		94,11	
	95,72		95,25	

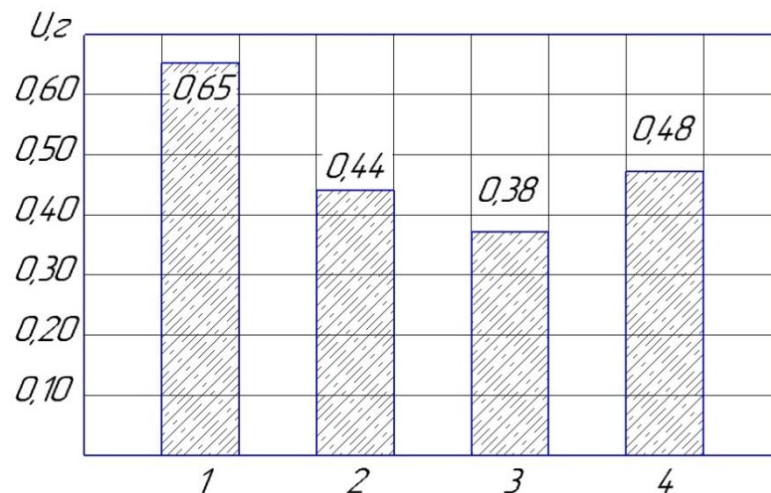


Рис. 4.5 – Зношування зразків: 1 – матеріал покриття – Ст. 45;
2 – матеріал покриття – ПГ-СР4; 3 – матеріал покриття – ПГ-СР4+20 % Al₂O₃;
4 – матеріал покриття – ПГ-СР4 +15% Al₂O₃.

Аналіз отриманих результатів показує, що зносостійкі покриття із порошку на основі Ni типу ПГ-СР4 і добавками до нього Al_2O_3 мають кращі показники по зносостійкості в порівнянні зі Ст45. Застосування добавок Al_2O_3 дозволяє зменшити залишкові напруги в покриттях, які призводять до руйнування при застосуванні стандартних сумішей порошоків, а звідси – покращується зносостійкість покриття.

Крім того, збільшення масової частки Al_2O_3 у складі покриття також обумовлює збільшення зносостійкості. Це пов'язано з тим, що частинки Al_2O_3 мають високу кінетичну енергію, яка переходить у теплову при зіткненні частинки з поверхнею, що забезпечує формування більш щільного покриття за рахунок збільшення сил зчеплення частинок покриття між собою.

4.2 Загальне компонування виробничих дільниць та робочих постів підрозділу з ремонту обладнання переробної продукції

На сьогоднішній день, при організації спеціалізованих підприємств з ремонту обладнання переробної галузі, виникають труднощі з проведенням технологічних планувальних їх виробничих підрозділів. В значній мірі це обумовлюється відсутністю типових проектів з ремонту даного обладнання.

Для правильного розміщення дільниць виробничого підрозділу та їх взаємозв'язку в технологічному плануванні застосуємо графік вантажопотоку.

За умов, якщо дільниці розміщуються таким чином, що вантажопотік агрегату або вузла співпадає з виробничим процесом в ремонтному виробництві, значно зменшується кількість зворотних потоків, раціонально використовується обладнання, технологічні операції проводяться згідно своєї черги.

Приступаючи до планування відділення, в першу чергу вибирається схема основної лінії виробничого процесу, тобто лінії розбирально-складальних робіт.

В таблиці 4.6 наводяться шляхи переміщення вузлів та деталей агрегатів по дільницям відділення в відсотках від загальної маси агрегату.

Таблиця 4.6 – Шляхи переміщення вузлів та деталей при їх ремонті

Транспортування деталей		Маса в % від маси двигуна
Звідки	Куди	
Від замовника	На дільницю приймання	100
З відділення приймання	На дільницю зовнішнього очищення	100
З дільниці зовнішнього очищення	На дільницю розбирання	100
З дільниці розбирання агрегату	На дільницю розбирання вузлів	42
	На дільницю миття вузлів та деталей	48
	На зварювальну дільницю	5
	На склад утилю	5
З дільниці розбирання агрегату	На дільницю миття деталей	42
З дільниці миття деталей	На пост дефектації	48
	На дільницю з ремонту валів та шнеків	14
	На дільницю з ремонту корпусних деталей	12
	На робочий пост ремонту електрообладнання	8
З поста дефектації	На дільницю складання	20
	На відновлювальну дільницю	12
	На склад утилю	4
З дільниці ремонту корпусних деталей	На складальну дільницю	12
З ремонту валів та шнеків	На складальну дільницю	14
З дільниці відновлення деталей	На складальну дільницю	12
З дільниці ремонту електрообладнання	На складальну дільницю	8
З дільниці зварювання деталей	На складальну дільницю	5
З дільниці механічної обробки	На складальну дільницю	12
З дільниці ремонту	На складальну дільницю	8
Зі складу запасних частин	На складальну дільницю	12
Зі складальної дільниці	На контрольно - випробувальну дільницю	100
З випробувальної дільниці	На дільницю фарбування	100

При компоюванні виробничого підрозділу з ремонту обладнання переробної галузі слід врахувати, що в технологічному плануванні підрозділів, як правило, є дільниці з відновлення деталей, зварювання, механічного оброблення, ремонту агрегатів електрообладнання. Запропонована схема вантажопотоку підрозділу з ремонту переробного обладнання представлена на рис. 4.7.

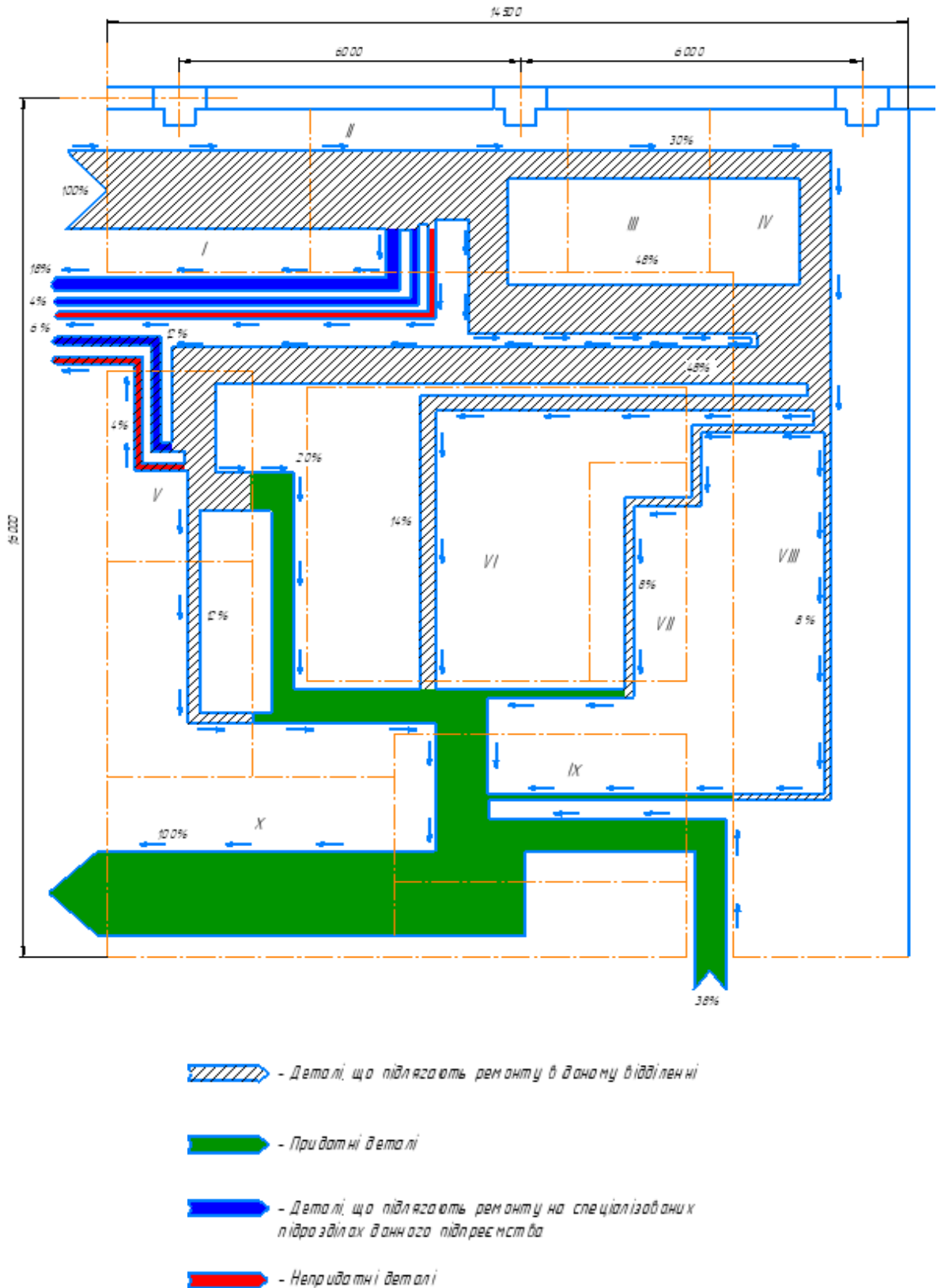


Рис. 4.7 – Графік вантажопотоку виробничого підрозділу з ремонту обладнання переробної галузі:

I – дільниця очищення обладнання; II – розбирання обладнання; III – дільниця розбирання вузлів; IV – дільниця миття деталей; V – пост дефектації корпусних деталей; VI – дільниця з ремонту агрегатів валів та шнеків; VII – дільниця з ремонту агрегатів електрообладнання; VIII – дільниця з механічної обробки деталей; IX – дільниця складальна; X – дільниця вихідного контролю якості продукції.

Із графіка чітко видно, що розміщення дільниць практично усуває пересічення вантажопотоків, а це значить, що робота відділення буде ретельною та узгодженою.

Висновки по розділу.

1. Зі збільшенням температури процесу напилення пористість покриття зменшується на 35 % в порівнянні з початковою температурою, так як при збільшенні температури більша частина частиць порошка встигає розплавитись під дією плазми, що покращує процес зчеплення матеріалів та формує однорідність структури нанесеного матеріалу на поверхні деталі.

2. Зростання температури при плазмовому напиленні прямопроцінно впливає на коефіцієнт використання матеріалу, який в інтервалі температур від $T=1000K$ до $T=2360K$ збільшується на 75 %, що пояснюється значним розплавленням порошкової маси при даних температурах і якісним нанесенням покриття за рахунок термодифузійних процесів.

3. Показник міцності з'єднання розплавленого матеріалу з деталлю інтенсивно зростає до температури процесу – $T=1750K$ і становить $\sigma_{зч} = 50,0MPa$, так як для даного відрізка температур процес з'єднання забезпечується за рахунок механічної дії від удару транспортуючого порошка по поверхні деталі та дифузійного зчеплення розплавленого порошка з деталлю.

4. Зміна відстані між плазматроном і деталлю в інтервалі з 65 мм до 135 мм обумовлює зменшення міцності з'єднання покриття з деталлю, що пояснюється зменшенням температури розплавленого матеріалу при досягненні ним деталі, що негативно впливає на дифузійні процеси при з'єднанні з деталлю.

5. Зі збільшення розміру фракцій порошка міцність зчеплення зменшується, так як фракції більшого розміру, проходячи через полум'я в плазматроні, оплавляються зовні, а їх ядро залишається нерозплавленим. При з'єднанні такої частини з деталлю значно зменшується дія дифузії металів за рахунок зменшення температурної дії.

6. Застосування добавок Al_2O_3 дозволяє зменшити залишкові напруги в покриттях, а звідси покращити зносостійкість покриття. Крім того, збільшення масової частки Al_2O_3 у складі покриття також обумовлює збільшення зносостійкості, так як частинки Al_2O_3 мають високу кінетичну енергію, яка переходить у теплову при зіткненні частинки з поверхнею, що забезпечує формування більш щільного покриття.

7. Застосування графіка вантажопотоку для проведення технологічного планування виробничого підрозділу з ремонту обладнання для переробної галузі дає можливість розмістити дільниці таким чином, що вантажопотік агрегату або вузла співпадає з виробничим процесом в ремонтному виробництві, при цьому значно зменшується кількість зворотних потоків, а технологічні операції проводяться згідно своєї черги.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Організація охорони праці в відкритому акціонерному товаристві Новомосковський Агротехсервіс

В відповідності з метою роботи дослідження з відновлення деталей обладнання переробної галузі агропромислового комплексу проводяться в спеціалізованій майстерні відкритого акціонерного товариства (ВАТ) Новомосковський Агротехсервіс.

Для створення безпечних умов праці трудове законодавство зобов'язує адміністрацію підприємства приймати необхідні заходи по створенню безпечних і здорових умов праці, попередженню нещасних випадків на виробництві, організації робочих місць згідно санітарним нормам [30].

Відповідальність за стан охорони праці на підприємстві повністю покладається на керівництво підприємства – директора та головного інженера.

Керівник підприємства планує заходи з охорони праці і виробничої санітарії, їх фінансування, своєчасне забезпечення робочих спецодягом, індивідуальними засобами захисту, санітарно-побутовими приміщеннями згідно діючих норм, затверджує інструкції з охорони праці і забезпечує розслідування та облік нещасних випадків.

До обов'язків головного інженера також належить: своєчасний розгляд проектів виробництва робіт, технологічних карт та іншої технічної документації; забезпечення обов'язкового виконання діючих правил з охорона праці; створення безпечних та нешкідливих умов праці на виробництві [30].

Для покращення умов праці на підприємстві створена служба охорони праці, яка знаходиться в безпосередньому підпорядкуванні головного інженера. До неї входить інженер з охорони праці та інженерно-технічні робітники.

В своїй діяльності робітники служби охорони праці контролюють дотримання майстрами, керівниками діляниць, майстерень та інших підрозділів діючого законодавства, наказів, інструкцій, нормативних актів вище стоячих організацій і органів державного нагляду в області охорони праці, а також виконання вказівок з охорони праці [30, 31, 32].

Керівники майстерень та відділень і майстри проводять інструктаж на робочих місцях з робочими, що поступають на роботу, а також вчать їх безпечним прийомам роботи; слідкують за справним станом машин, обладнання, вентиляції, інструмента, а також за наявністю та справністю загороджень, запобіжних пристроїв та індивідуальних заходів, які забезпечують безпечні умови праці на даних виробничих підрозділах [32].

Проведений аналіз організації охорони праці на підприємстві показав, що в цілому вона відповідає встановленим вимогам щодо основного закону України «Про охорону праці».

5.2 Аналіз умов праці та пожежної безпеки в спеціалізованій майстерні з ремонту обладнання переробної галузі

Спеціалізована майстерня призначена для проведення робіт з відновлення деталей та безпосередньо ремонту обладнання переробної галузі. Будівля майстерні виконана за типовим проектом ТП-816-1-56.84. Має загальну площу першого поверху – 1800 м² та другого поверху – 504 м².

Для проведення ремонтних робіт в майстерні, в відповідності до технологічного процесу, організовано розбирально-мийне відділення, дефектувально-комплектувальне, зварювально-наплавлювальне, слюсарно-механічне, складальне та контрольньо-випробувальне.

Розміщення відділень в майстерні та розташування основного обладнання на них відповідає технічним вимогам згідно ДБН В.2.2-28:2010 [33].

Значний об'єм робіт в майстерні припадає на слюсарно-механічне відділення. При їх виконанні можуть мати місце фізичні та хімічні небезпечні виробничі фактори за ДСТ 12.0.003-74 [34].

До фізичних факторів належать: ураження електричним струмом, поранення стружкою при проведенні механічних операцій або осколками деталі при проведенні слюсарних операцій, відсутність або неефективний захист рухомих частин верстатного обладнання, поранення від різального інструменту, підвищені рівні шуму та ін.

До хімічних факторів належать: дія на шкіру мастила та мастильно-охолоджуючих рідин, наявність у повітрі шкідливих парів від даних рідин.

Фактичне значення шкідливих речовин показує, що концентрація їх у повітрі не перевищує гранично-допустимі значення згідно [34].

Джерелами шуму та вібрацій в відділенні являється верстатне обладнання, пресове та електричний та пневматичний інструмент для проведення розбирально-складальних робіт. Визначення допустимого рівня шуму на робочих місцях відділення проводиться в відповідності з ДСН 3.3.6.039-99 [35].

Якісне проведення робіт в відділенні забезпечується освітленням робочих місць природним та штучним освітленням в відповідності до [33]. В відділенні використовуються люмінесцентні лампи. Освітленість при загальному освітленні становить 300 лк.

В майстерні застосовується напруга: 380 В, 220 В, 36 В в відповідності до НПАОП 40.1-1.32-01 [36].

Відділення відноситься до класу приміщень з підвищеною небезпекою згідно з ДСТУ 12.1.038:2008 [37], так як має струмопровідну підлогу.

Будівля майстерні побудована з негорючих матеріалів. Зовнішні і внутрішні стіни побудовані з цегли і в відповідності до ДБН В.1.1-7-2002 [38], має II ступінь вогнестійкості.

Пожежі на ділянці можуть виникнути в результаті спалаху мастильних матеріалів при попаданні на них іскр електричного або механічного походження, дія тепла від нагрітих предметів (клас пожежі – В);

спалах електроустаткування при перевантаженнях, перегрівах і коротких замиканнях (клас пожежі – Е) згідно [38].

5.3 Заходи поліпшення умов праці в спеціалізованій майстерні

Впровадження нових технологічних процесів в відділеннях майстерні передбачає проведення її технологічного перепланування, що потребує розроблення додаткових заходів з покращення охорони праці.

В відповідності до технологічних змін в майстерні передбачається провести наступні заходи з покращення стану охорони праці: для зменшення вібраційного навантаження на робочих встановити верстатне обладнання на віброізоляційних підставках; забезпечити верстатне обладнання контейнерами для несправних та відновлених деталей; провести екранування всіх рухомих частин верстатів та механізованих стендів; забезпечити робоче місце пресувальника необхідними насадками в відповідності до технічних вимог на пресові операції; забезпечити зберігання мастильних матеріалів в спеціально призначеній тарі; проводити механічні операції з обробки деталей при повному її закріпленні в верстаті; для організованих робочих місць забезпечити нормативні значення освітлення для приміщень.

З метою забезпечення рівня нормативного освітлення робочих місць слюсарно-механічного відділення здійснимо перевірку площі існуючих віконних отворів на відповідність вимогам ДБН В.2.5-28-2010 [33].

Попередній розрахунок площі світлових прорізів проводиться:

а) при боковому освітленні приміщень за формулою [33]:

$$S_0 = \frac{e_n \cdot K_z \cdot \eta_o}{100 \cdot m \cdot \tau_o \cdot r_1} K_{\text{бод}} \cdot S_n, \quad (5.1)$$

де S_0 – площа світлових прорізів (в світлі) при боковому освітленні,
 m^2 ;

S_n – площа підлоги приміщення ($S_n = 109 \text{ м}^2$);

e_n – нормоване значення (КПО) ($e_n = 1 \%$);

m – коефіцієнт світлового клімату світлового прорізу ($m = 1,06$);

K_3 – коефіцієнт запасу ($K_3 = 1,2$);

η_o – світлова характеристика вікон ($\eta_o = 9,5$);

r_1 – коефіцієнт, який враховує підвищення (КПО) при боковому освітленні завдяки світлу, яке відбивається від поверхонь приміщення та підстилаючого шару, прилеглого до будинку ($r_1 = 1,45$);

$K_{\delta y d}$ – коефіцієнт, який враховує затінювання вікон протилежними будинками ($K_{\delta y d} = 1$);

τ_0 – загальний коефіцієнт світло пропускання, визначається за виразом:

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (5.2)$$

де τ_1 – коефіцієнт світлопропускання матеріалу ($\tau_1 = 0,66$);

τ_2 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі ($\tau_2 = 0,75$);

τ_3 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (при боковому освітленні ($\tau_3 = 1$); при верхньому – $\tau_3 = 0,8 - 0,9$);

τ_4 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях ($\tau_4 = 1$);

τ_5 – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями ($\tau_5 = 1,0$).

$$\tau_0 = 0,66 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,495$$

Тоді

$$S_0 = \frac{1 \cdot 1,2 \cdot 9,5}{100 \cdot 1,06 \cdot 0,495 \cdot 1,45} \cdot 1 \cdot 109 = 16,3 \text{ м}^2$$

Для забезпечення природного освітлення з нормованим значенням (КПО) $e_n = 1\%$ площа вікон повинна бути $S_0 = 16,3 \text{ м}^2$. Фактична площа віконних отворів $14,8 \text{ м}^2$, що відрізняється не більше як на 10% від розрахованої. Таким чином, природне освітлення задовольняє вимогам.

Для зменшення виникнення пожежі в відділенні рекомендуються наступні заходи: дотримання протипожежних правил та норм при монтажі електропроводів та обладнання; розроблення заходів з правильної експлуатації обладнання; постійний контроль дотримання норм і правил зберігання пожежонебезпечних несумісних матеріалів; екранування електродвигунів верстатного обладнання; при проведенні ремонтних робіт всі деталі мають бути ретельно очищеними від нафтопродуктів.

Вибір типу та необхідної кількості вогнегасників для відділення провести згідно з нормами НАПБ Б.03.001-2004 [39], наведеними в табл. 5.1, в залежності від площі будівлі та типу вогнегасника, а саме: порошкового, водяного, водопінного або вуглекислотного.

Таблиця 5.1 – Норми належності порошкових вогнегасників для виробничих і складських будинків та приміщень промислових підприємств

Порошкові вогнегасники											
№ з/п	Гранична захищена площа, кв. м	Клас можливої пожежі	Мінімальна кількість порошкових вогнегасників								
			Переносний вогнегасник (з газом-витискувачем у балоні або закачний) із зарядом вогнегасної речовини, кг					Пересувний вогнегасник (з газом-витискувачем у балоні або закачний) із зарядом вогнегасної речовини, кг			
			5	6	8	9	12	20	50	100	150
1.	більше 50 до 150 включно	A, B, C, (E)	4	4	3	3	2	1	-	-	-

Забезпечити установку протипожежних щитів на території підприємства з розрахунку один щит на 5000 м^2 згідно з [39].

5.4 Вимоги з охорони праці для токарів слюсарно-механічного відділення

Основний об'єм робіт в відділенні припадає на токарні роботи, пов'язані з механічною обробкою деталей. В зв'язку з цим розглянемо основні вимоги з охорони праці при проведенні робіт даного виду, які широко розглянуті в роботі ПП9.2.30-234-2003 [40].

До загальних положень в відповідності до [40] відноситься наступне: «Робочим місцем верстатника є верстат, біля якого він перебуває на протязі всієї робочої зміни. На робочому місці повинен бути набір різців, підкладок під них, планшайба, люнети, обертаючий центр, набір напилків, повідкові патрони та інше. На кожному робочому місці біля верстата на підлозі повинні бути дерев'яні трапи на всю довжину робочої зони і шириною не менше 0,6 м від частин верстата. Токар інструктується перед початком роботи на підприємстві (первинний інструктаж), а потім через кожні 6 місяців (повторний інструктаж)...».

Токар повинен: виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку; виконувати тільки ту роботу, яку доручив керівник та за якою він проінструктований. Він забезпечується спецодягом: костюм вискозно-лавсановий; черевики кожані; окуляри захисні. Його робоче місце повинно мати достатнє освітлення, в тому числі і місцеве [40].

Перед початком роботи необхідно дотримуватись вимог вказаних в [40]: « Необхідно одягти спецодяг, застібнутися, заправити його так, щоб не було звисаючих кінців, одягти головний убір. Підготувати верстат для роботи. Перевірити наявність, справність інструменту і розкласти його в порядку, зручному для роботи. Провести перевірку верстата на холостому ході: При виявленні несправностей інструменту, обладнання верстата, не приступаючи до роботи, необхідно повідомити про це керівника робіт. Перевірка справності обладнання, інструменту, захисних пристроїв, захисного заземлення, огороження проводиться візуально».

До основних вимог з безпеки під час виконання роботи згідно [40] відносяться: «Вимоги безпеки при обробці різанням повинні бути викладені в технологічних документах і виконуватися протягом всього технологічного процесу. Використовувати інструмент та пристосування тільки за призначенням. Надійно та жорстко закріплювати деталі в патроні верстата. Після закріплення деталі ключ вийняти з патрона ».

Під час обробки заготовок в центрах необхідно застосовувати безпечні хомути або повідкові патрони. При обробці металів, котрі дають стружку, не допускати намотування її на заготовку, що обробляється, інструмент, патрон.

Верстат зупиняють та вимикають електродвигун: у разі виявлення несправностей пристроїв та електродвигуна; під час огляду, чистки, змащування верстата; під час встановлення та зняття тяжких заготовок; під час вимірювання деталей, що оброблюються.

Забороняється: чистити та змащувати частини верстата під час його роботи; встановлювати заготовки під час роботи верстата [40].

До вимог безпеки після закінчення роботи згідно з [40] відносяться: Зупинити верстат, вимкнути електродвигун. Упорядкувати робоче місце. Прибрати стружку з верстата. Інструмент та оснастку скласти у спеціально відведене місце. Змастити верстат після його виключення. Зняти спецодяг, вимити обличчя, руки з милом, при можливості прийняти душ. Повідомити керівника робіт про всі недоліки, які мали місце під час роботи.

5.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях при проведенні токарних робіт

При виникненні аварії або ситуації, яка може привести до аварії або нещасного випадку, необхідно негайно зупинити верстат, відключивши його від електромережі, повідомити про те, що сталося, керівника робіт; не допускати сторонніх осіб в небезпечну зону в відповідності до [40].

При наявності потерпілих, надати їм першу медичну допомогу; а в разі потреби викликати швидку медичну допомогу.

При ураженні електричним струмом необхідно негайно звільнити

потерпілого від дії електричного струму, відключивши електроустановку від джерела живлення [40].

Для надання першої допомоги при пораненні необхідно застосувати індивідуальний пакет. При появі кровотечі підняти поранену кінцівку вгору, а рану закрити перев'язочним матеріалом складеним у клубочок.

Якщо мають місце переломи або вивихи кінцівок необхідно пошкоджену кінцівку укріпити шиною, фанерною пластинкою, або іншим подібним предметом [40].

При виникненні пожежі викликати пожежну частину та приступити до гасіння підручними засобами пожежогасіння та виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації небезпеки.

Висновки по розділу.

1. Проведений аналіз стану охорони праці в спеціалізованій майстерні з ремонту обладнання переробної галузі агропромислового комплексу дав можливість розробити заходи, реалізація яких створить сприятливі умови праці на робочих місцях.

2. Розрахунок природного освітлення приміщення показав, що фактична площа його віконних отворів не перевищує розрахункове значення більше, як на 10 %, що задовольняє вимогам на природне та штучне освітлення і забезпечить нормальні умови праці робочих.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

6.1 Характеристика об'єкта дослідження

Об'єктом дослідження являються зношені та незміцнені деталі переробного обладнання агропромислового комплексу, що працюють в умовах інтенсивного абразивного зносу, та організаційно-інженерні заходи для підвищення ефективності ремонту обладнання переробної галузі.

В роботі проводиться економічна оцінка розроблених технологічних і організаційних заходів з ремонту агрегатів обладнання переробної галузі.

Впровадження розроблених технологічних та організаційних заходів планується в спеціалізованому виробничому підрозділі з ремонту та відновлення агрегатів та деталей обладнання для переробки продукції агропромислового комплексу в відкритому акціонерному товаристві Новомосковський Агротехсервіс.

Розроблені організаційні та технологічні заходи з удосконалення ремонтно-відновлювальних процесів передбачають придбання додаткового обладнання.

6.2 Розрахунок потреби в інвестиціях та собівартості відновлювальних робіт

В процесі впровадження передових методів організації та технології ремонтно-відновлювальних робіт в майстерні спеціалізованого виробничого підрозділу виконується її технічне переозброєння, яке передбачає розміщення дільниць, робочих постів та місць в відповідності з графіком вантажопотоку та лінійним графіком узгодження ремонтних робіт.

Реалізація запропонованих заходів не передбачає збільшення площі ремонтної майстерні в зв'язку з тим, що в майстерні є площі, які не використовуються.

Перелік та вартість додаткового основного обладнання, яке необхідно придбати, наводиться в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Марка та вартість додаткового основного обладнання

№ з/п	Найменування обладнання	Тип, марка	К-ть	Вартість, грн
1	Установка для напилення в середовищі інертних газів	УДГ-501	1	70 000
2	Мийна установка пересувна	ОМ-122Д	1	30 000
	Всього	-	2	100000

Витрати, пов'язані з транспортуванням та установкою основного обладнання, складають 30 % від вартості обладнання і визначаються за виразом [41]:

$$Z_{уст} = \frac{30 \cdot C_{об}}{100}, \quad (6.1)$$

де $Z_{уст}$ – затрати на транспортування та установку обладнання, *грн* ;

$C_{об}$ – вартість обладнання, *грн* ($C_{об} = 100000 \text{ грн}$).

$$Z_{уст} = \frac{30 \cdot 100000}{100} = 30000 \text{ грн}$$

Повні затрати на купівлю і установку обладнання складуть:

$$Z_{об}^n = C_{об} + Z_{уст}, \quad (6.2)$$

$$Z_{об}^n = 100000 + 30000 = 130000 \text{ грн}$$

Для реалізації запропонованих організаційно-інженерних заходів, направлених на підвищення якості ремонту обладнання переробної галузі, необхідно провести додаткові капіталовкладення в розмірі 130 000 грн.

Собівартість ремонту розраховується виходячи із матеріальних затрат на матеріали, витрат на заробітну плату з нарахуваннями, електроенергію та ін.

Початкові дані для обґрунтування економічної ефективності роботи наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2. – Дані для розрахунку собівартості робіт

Показники	Значення показників	
	базові	проектні
Річна програма ремонту, од.	30	50
Кількість основних робітників, осіб	2	3
Середньомісячна заробітна плата робітника, грн	8000	8000
Вартість діючого обладнання для проведення ремонтів, грн	270000	
Вартість придбаного обладнання, грн.	-	130000
Річні витрати електроенергії, кВт/год.	30000	37000
Ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн	1,96	1,96
Прейскурантна вартість од. ремонту, грн	15500	15500

Для проведення економічної оцінки роботи необхідно визначити поточні витрати ($P_{вит.}$), застосувавши вираз:

$$P_{вит.} = Z_i + C_a + C_e + C_{p.o.} + C_{p.m} + C_{ін}, \quad (6.3)$$

де Z_i – заробітна плата з нарахуванням, грн ;

C_a – вартість амортизаційних відрахувань, грн ;

C_e – вартість електроенергії, грн ;

$C_{p.o.}$ – витрати на поточний ремонт та технічне обслуговування обладнання, грн;

$C_{p.m}$ – вартість ремонтних матеріалів складає 10 % від заробітної плати робочих;

Річна заробітна плата основних робочих для базового і проектного варіанту з нарахуваннями визначається за виразом:

$$Z_p = Z_{cp} \cdot N_{роб} \cdot 12 + Z_n, \quad (6.4)$$

де Z_{CP} – середньомісячна заробітна плата робітника, грн ;

(для базового і проектного варіантів $Z_{CP}^B = Z_{CP}^P = 8000 \text{ грн}$);

$N_{роб}$ – кількість основних робітників, чол. (для базового варіанту $N_{роб}^B = 1 \text{ чол.}$, для проектного варіанту $N_{роб}^P = 2 \text{ чол.}$);

Z_n – нарахування на зарплату, грн ($Z_n = 0,22 \cdot Z_p$).

$$Z_p^B = 8000 \cdot 2 \cdot 12 = 192000 \text{ грн}$$

$$Z_p^P = 8000 \cdot 3 \cdot 12 = 288000 \text{ грн}$$

Нарахування на зарплату визначаються:

$$Z_n^B = 0,22 \cdot 192000 = 42240,0 \text{ грн}$$

$$Z_n^P = 0,22 \cdot 288000 = 63360,0 \text{ грн}$$

Річна заробітна плата з нарахуваннями буде становити:

$$Z_p^B = 192000 + 42240,0 = 234240,0 \text{ грн}$$

$$Z_p^P = 288000 + 63360,0 = 351360,0 \text{ грн}$$

Витрати на амортизацію обладнання розраховуються за формулою:

$$C_a = \frac{B_{об} \cdot H_A}{100}, \quad (6.5)$$

де $B_{об}$ – балансова вартість обладнання, грн (базовий варіант $B_{об}^{\bar{}} = 270000 \text{ грн}$, проектний – $B_{об}^n = 270000 + 130000 = 400000 \text{ грн}$);

H_A – норма амортизації, % ($H_A = 21,93\%$) [41].

$$C_a^{\bar{}} = \frac{270000 \cdot 21,93}{100} = 59211,0 \text{ грн}$$

$$C_a^n = \frac{400000 \cdot 21,93}{100} = 87720,0 \text{ грн}$$

Вартість електроенергії включає в себе витрати на роботу обладнання та освітлення приміщень і визначається за виразом:

$$C_e = Q_e \cdot B_e, \quad (6.6)$$

де Q_e – річні витрати електроенергії, кВт/год. (для базового варіанту $Q_e^{\bar{}} = 30000 \text{ кВт/год.}$, для проектного варіанту $Q_e^n = 37000 \text{ кВт/год.}$);

B_e – ціна 1 кВт/год. електроенергії, грн ($B_e = 1,96 \text{ грн}$).

$$C_e^{\bar{}} = 30000 \cdot 1,96 = 58800,0 \text{ грн}$$

$$C_e^n = 37000 \cdot 1,96 = 72520,0 \text{ грн}$$

Витрати ($C_{p.o.}$) на поточний ремонт та технічне обслуговування обладнання складають 30 % від суми амортизаційних відрахувань і визначаються за виразом:

$$C_{p.o.} = \frac{C_a \cdot 30}{100}, \quad (6.7)$$

Тоді

$$C_{p.o.}^{\bar{}} = \frac{59211 \cdot 30}{100} = 17763,3 \text{ грн}$$

$$C_{p.o.}^n = \frac{87720 \cdot 30}{100} = 26316,0 \text{ грн}$$

Вартість ремонтних матеріалів ($C_{p.m}$) складає 10 % від заробітної плати ($З_p$) робочих:

$$C_{p.m} = 0,1 \cdot З_p, \quad (6.8)$$

$$C_{p.m}^{\bar{}} = 0,1 \cdot 234340,0 = 23434,0 \text{ грн}$$

$$C_{p.m}^n = 0,1 \cdot 351360,0 = 35136,0 \text{ грн}$$

Інші витрати (C_{in}) включають в себе витрати на спецодяг, інструменти, заходи з охорони праці, протипожежні заходи, і складають 5 % від загальної суми експлуатаційних витрат:

$$C_{in} = \frac{(З_p + C_a + C_e + C_{p.o} + C_{p.m}) \cdot 5}{100}, \quad (6.9)$$

$$C_{in}^{\bar{}} = \frac{(234240,0 + 59211,0 + 58800,0 + 17763,3 + 23434,0) \cdot 5}{100} = 19672,4 \text{ грн}$$

$$C_{in}^n = \frac{(351360,0 + 87720,0 + 72520,0 + 26316,0 + 35136,0) \cdot 5}{100} = 28652,6 \text{ грн}$$

Тоді поточні витрати згідно виразу (6.3) складуть:

$$П_{вит.}^{\bar{}} = 234240,0 + 59211,0 + 58800,0 + 17763,3 + 23434,0 + 19672,4 = 413120,7 \text{ грн}$$

$$\Pi_{\text{вир.}}^n = 351360,0 + 87720,0 + 72520,0 + 26316,0 + 35136,0 + 28652,6 = 601704,6 \text{ грн}$$

Повна собівартість проведених ремонтів ($\Pi_{\text{соб.}}$) визначиться за виразом:

$$\Pi_{\text{соб.}} = \Pi_{\text{вир.}} \cdot 1,02, \quad (6.10)$$

де 1,02 – враховує інші витрати операційної діяльності.

$$\Pi_{\text{соб.}}^{\delta} = 413120,7 \cdot 1,02 = 421383,1 \text{ грн}$$

$$\Pi_{\text{соб.}}^n = 601704,6 \cdot 1,02 = 613738,7 \text{ грн}$$

Визначимо загальний прибуток з врахуванням того, що загальна вартість випускаючої продукції ($W_{\text{вир.}}$) по шнеку становить для базового варіанту $W_{\text{вир.}}^{\delta} = 465000 \text{ грн}$ і для проектного $W_{\text{вир.}}^n = 775000 \text{ грн}$, за виразом:

$$\Pi_{\text{заг.}} = W_{\text{вир.}} - \Pi_{\text{соб.}}, \quad (6.11)$$

$$\Pi_{\text{заг.}}^{\delta} = 465000 - 421383,1 = 43616,9 \text{ грн}$$

$$\Pi_{\text{заг.}}^n = 775000 - 613738,7 = 161261,3 \text{ грн}$$

Рівень рентабельності (P) визначиться за виразом:

$$P = \frac{\Pi_{\text{заг.}}}{\Pi_{\text{соб.}}} \cdot 100\%, \quad (6.12)$$

$$P^{\delta} = \frac{43616,9}{421383,1} \cdot 100\% = 10,4\%$$

$$P^{\Pi} = \frac{161261,3}{613738,7} \cdot 100\% = 26,3\%$$

Річний економічний ефект (E_p) визначиться за виразом:

$$E_p = \Pi_{заг.}^n - \Pi_{заг.}^o, \quad (6.13)$$

$$E_p = 161261,3 - 43616,9 = 117644,4 \text{ грн.}$$

Термін окупності додаткових вкладень ($T_{o.в.}$) визначиться за формулою:

$$T_{o.в.} = \frac{Z_{об.}^n}{E_p}, \quad (6.14)$$

$$T_o = \frac{130000,0}{117644,4} = 1,1 \text{ року}$$

Результати основних розрахунків представлені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Показники економічної ефективності роботи

Показники	Варіанти		Відхилення (\pm)	
	Базовий	Проектний	Дабс.	Двідн., %
Об'єм капіталовкладень, грн	-	130000	-	-
Річна програма з ремонту, од.	30	50	+20	67,0
Кількість основних робітників, осіб.	2	3	+1	50,0
Поточні витрати на один умовний ремонт, грн:				
- Зарплата з нарахуваннями	234240,0	351360,0	+117120,0	50
- Амортизація обладнання	59211,0	87720,0	+28509,0	48,2
- Поточний ремонт обладнання	17763,3	26316,0	+8552,7	48,2
- Ремонтні матеріали	23434,0	35136,0	+11702,0	50,0
- Електроенергія	58800,0	72520,0	+13720,0	23,3
- Інші витрати (спецодяг, інструмент)	19672,4	28652,6	+8980,2	45,6
Всього поточних витрат, грн.	413120,7	601704,6	+188583,9	45,6
Повна собівартість продукції, грн	421383,1	613783,7	+192400,6	45,6
Повна собівартість од. грн	14046,1	12275,7	-1770,4	-12,6
Прейскурантна вартість (ціна) од. грн	15500,0	15500,0	-	-

Закінчення таблиці 6.3

Загальний прибуток, грн	43616,9	161261,3	+117644,4	-
Додатковий прибуток, грн	-	117644,4	-	-
Рівень рентабельності, %	10,4	26,3	+15,9	-
Строк окупності інвестиційних затрат, років	-	1,1	-	-

Впровадження розроблених організаційно-технічних заходів для ремонту обладнання переробної галузі забезпечить загальний прибуток в розмірі 161 261,3 грн, при цьому рівень рентабельності складе 26,3 %, а термін окупності додаткових матеріальних затрат 1,1 року, що вказує на доцільність проведених досліджень.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Розроблено математичну модель розрахунку технологічних режимів плазмового напилення матеріалів з високою теплопровідністю, засновану на моделюванні теплоенергетичних характеристик плазмотрона, динамічних параметрів плазмового струменя, а також термодинамічних властивостей плазмоутворюючих газів. Отримані залежності, що встановлюють зв'язок технологічних режимів напилення з температурою та швидкістю частинок із високою теплопровідністю, дозволяють керувати властивостями покриттів.

2. Розроблено узагальнену модель критеріальної оцінки способу нанесення плазмових покриттів, що дозволяє робити вибір раціональних матеріалів та технологій, а також моделювати варіанти конструктивно-технологічних рішень, які відповідають умові оптимізації.

3. Запропоновані методики для визначення фізико-механічних властивостей відновлених поверхонь деталей переробного обладнання способом плазмового напилення дають можливість визначити оптимально ефективні режими для якісного відновлення деталей.

4. Зі збільшенням температури процесу напилення пористість покриття зменшується на 35 % в порівнянні з початковою температурою, так як при збільшенні температури більша частина частинок порошка встигає розплавитись під дією плазми, що покращує процес зчеплення матеріалів та формує однорідність структури нанесеного матеріалу на поверхні деталі.

5. Зростання температури при плазмовому напиленні прямопроційно впливає на коефіцієнт використання матеріалу, який в інтервалі температур від $T=1000K$ до $T=2360K$ збільшується на 75 %, що пояснюється значним розплавленням порошкової маси при даних температурах і якісним нанесенням покриття за рахунок термодифузійних процесів.

6. Показник міцності з'єднання розплавленого матеріалу з деталлю інтенсивно зростає до температури процесу $T=1750K$ і становить $\sigma_{зч} = 50,0MPa$ так як для даного відрізка температур процес з'єднання забезпечується за рахунок механічної дії від удару транспортуючого порошка

по поверхні деталі та дифузійного зчеплення розплавленого порошка з деталлю.

7. Зміна відстані між плазматроном і деталлю в інтервалі з 65 мм до 135 мм обумовлює зменшення міцності з'єднання покриття з деталлю, що пояснюється зменшенням температури розплавленого матеріалу при досягненні ним деталі, що негативно впливає на дифузійні процеси при з'єднанні з деталлю.

8. При збільшенні розміру фракцій порошка міцність зчеплення зменшується, так як фракції більшого розміру, проходячи через полум'я в плазматроні, оплавляються зовні, а їх ядро залишається нерозплавленим. При з'єднанні такої частини з деталлю значно зменшується дія дифузії металів за рахунок зменшення температурної дії.

9. Застосування добавок Al_2O_3 дозволяє зменшити залишкові напруги в покриттях, а звідси покращити зносостійкість покриття. Крім того, збільшення масової частки Al_2O_3 у складі покриття також обумовлює збільшення зносостійкості, так як частинки Al_2O_3 мають високу кінетичну енергію, яка переходить у теплову при зіткненні частинки з поверхнею, що забезпечує формування більш щільного покриття.

10. Застосування графіка вантажопотоку для проведення технологічного планування виробничого підрозділу з ремонту обладнання для переробної галузі дає можливість розмістити дільниці таким чином, що вантажопотік агрегату або вузла співпадає з виробничим процесом в ремонтному виробництві, і значно зменшується кількість зворотних потоків, а технологічні операції проводяться згідно своєї черги.

11. Проведений аналіз стану охорони праці в спеціалізованій майстерні з ремонту обладнання переробної галузі агропромислового комплексу дав можливість розробити заходи, реалізація яких створить сприятливі умови праці на робочих місцях.

12. Розрахунок природного освітлення приміщення показав, що фактична площа його віконних отворів не перевищує розрахункове значення

більше як на 10 %, що задовольняє вимогам на природне та штучне освітлення і забезпечить нормальні умови праці робочих.

13. Впровадження розроблених організаційно-технічних заходів для ремонту обладнання переробної галузі забезпечить загальний прибуток в розмірі 161 261,3 грн, при цьому рівень рентабельності складе 26,3 %, а термін окупності додаткових матеріальних затрат – 1,1 року, що вказує на доцільність проведених досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Монтаж, эксплуатация и ремонт технологического оборудования перерабатывающих отраслей АПК: Справочник / А. Н. Батищев, Т. В. Чижикова, И. Г. Голубев и др. – М.: Информагротех, 1997. – 288 с.
2. Бондарева, Г. И. Разработка технологических способов повышения долговечности рабочих элементов машин и оборудования природообустройства: дис. ... д-ра тех. наук: 05.20.01 / Б. Г. Ивановна. – М., 2012. – 300 с.
3. Гельберг, Б. Т. Ремонт промышленного оборудования. Учебное пособие для проф.-техн. училищ / Б. Т. Гельберг, Г. Д. Пекелис. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: «Высшая школа», 1965. – 384 с.
4. Глинский, М. А. Инженерные методы обеспечения долговечности и надежности машин и технологического оборудования в промышленности. Монография. / М. А. Глинский, И. Н. Кравченко, А. Ф. Пузряков, М. Н. Ерофеев и др.; ред. И. Н. Кравченко. – М.: Изд-во «Эко-Пресс», 2011. – 424 с. – ISBN 978-5-904301-61-3.
5. Голубев, И. Г. Опыт импортозамещения запасных частей зарубежной сельскохозяйственной техники / И. Г. Голубев, П. И. Носихин, А. Ф. Фадеев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 32 с.
6. Пузряков, А. Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления: Учеб. пособие по курсу «Технология конструкций из металлокомпози́тов» / А. Ф. Пузряков. – 2-е изд. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 360 с.
7. Технологические процессы в сервисе: учебное пособие / А. Ф. Пузряков, М. Е. Ставровский, А. В. Олейник и др. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 240 с.
8. Черноиванов, В. И. Организация и технология восстановления деталей машин : науч. издание / В. И. Черноиванов, В. П. Лялякин, И. Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2016. – 568 с.
9. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной

базы для сельскохозяйственной техники: науч. изд. / С. А. Соловьев, В. П. Лялякин, С. А. Горячев и др. – М. :ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 160 с.

10. Черноиванов, В. И. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы) / В. И. Черноиванов, И. Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.

11. Метод управления остаточными напряжениями в плазменных покрытиях / М. А. Глинский, И. Н. Кравченко, А. Ф. Пузряков и др. // Ремонт. Восстановление. Модернизация : ежемесячный производственный, научно-технический и учебно-методический журнал. – 2011. – № 10. – С. 6–11.

12. Никитин, М. Д. Теплозащитные и износостойкие покрытия деталей дизеля / М. Д. Никитин, А. Я. Кулик, Н. И. Захаров. – Л. : «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1977. – 168 с.

13. Кузнецов, Ю. А. Инновационные способы газотермического напыления покрытий: монография / Ю. А. Кузнецов, В. В. Гончаренко, К. В. Кулаков. – Орел: Орловский ГАУ, 2011. – 124 с.

14. Лялякин, В. П. Перспективы восстановления деталей сельскохозяйственной техники / В. П. Лялякин // Труды Росинформагротех. – 2017. – С. 473-477.

15. Федоренко, Ф. В. Перспективы применения аддитивных технологий при производстве и техническом сервисе сельскохозяйственной техники: науч. аналит. обзор / Ф. В. Федоренко, И. Г. Голубев. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2018. – 140 с.

16. Черноиванов, В. И. Инновационные проекты и разработки в области технического сервиса : науч. издание / В. И. Черноиванов, В. П. Лялякин, И. Г. Голубев. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 96 с.

17. Газотермические покрытия из порошковых материалов: Справочник / Ю. С. Борисов, Ю. А. Харламов, С. Л. Сидоренко и др. – Киев: «Наукова думка», 1987.

18. Лашенко, И. Плазменное упрочнение и напыление / И. Лашенко. – Киев: «Экотехнология», 2003.

19. Diccar, U. V. Plasma Spray Coatings for Polymer Composites : Master Thesis / U. V. Diccar : Wichita State University. – Wichita, 2006.
20. Использование плазменных технологий для повышения эксплуатационного ресурса металлоизделий / П. П. Иванов, М. В. Ильичев, Э. Х. Исакаев и др. // Объединенный Институт высоких температур РАН; ФГУП ЦНИИчермет им. И.П. Бардина. – 2004.
21. Иванов, Е. М. Исследование движения и нагрева частиц при плазменном напылении [Конференция] / Е. М. Иванов, Соловьев Б. М. // Теория и практика газотермического нанесения покрытий: Тезисы докладов IX Всесоюзного совещания: Дмитров, 1983. – 1983. – I. – С. 9-12.
22. Донской, А. В. Электроплазменные процессы и установки в машиностроении / А. В. Донской, В. С. Клубникин. – Л.: Машиностроение, 1979. – 221 с.
23. Методика проектирования технологических процессов нанесения плазменных покрытий на основе применения безразмерных комплексных критериев / М. А. Глинский, И. Н. Кравченко, Е. М. Бобряшов и др. // Ремонт. Восстановление. Модернизация: ежемесячный производственный, научно-технический и учебно-методический журнал. – 2011. – № 5. – С. 32–34.
24. ГОСТ 9012-59 Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю. – М.: Стандартиформ, 2007. – 42 с.
25. ГОСТ Р ИСО 6507-1-2007 Металлы и сплавы. Измерение твердости по Виккерсу. Часть 1. Метод измерения. – М. : Стандартиформ, 2008. – 19 с.
26. ГОСТ 9013-59 Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 10 с.
27. Балдаев, Л. Х. Газотермическое напыление: учебное пособие / Л. Х. Балдаев. – М.: Маркет ДС, 2007. – 344 с.
28. ГОСТ 23.208-79. Обеспечение износостойкости изделий. Метод испытания материалов на износостойкость при трении о нежестко закрепленные абразивные частицы. – М.: Стандартиформ, 2005. – 8 с.
29. Исследования прочности плазменных покрытий повышенной толщины путем регулирования внутренних напряжений / М. А. Глинский,

И. Н. Кравченко, А. А. Коломейченко и др. // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный агроинженерный университет имени В. П. Горячкина»: научный журнал. – 2017. – № 5 (81). – С. 40–48.

30. Закон України «Про охорону праці». – Відомості Верховної Ради України, – 1992, № 49. – 668 с.

31. Порядок проведення медичних оглядів працівників певних категорій, Наказ Міністерства охорони здоров'я України 21.05.2007 N 246. – К.: МОЗ України, 2007. – 49 с.

32. НПАОП 0.00-4.12-05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці, затвердженого наказом Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26 січня 2005 року № 15 – К.: Центр учбової літератури 2005. – 124 с.

33. ДБН В.2.2-28:2010 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. – К.: Мінбуд України, 2010. – 149 с.

34. ДСТ 12.0.003-74. ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори Класифікація. – К.: Держстандарт, 1999.

35. ДСН 3.3.6.039-99 Государственные санитарные нормы производственной общей и локальной вибрации – М.: Изд-во стандартов, 1999.

36. НПАОП 40.1-1.32-01 [12] НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. – К.: Держгірпромнагляд України, 2001 – 94 с.

37. ДСТУ 12.1.038:2008. Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Гранично допустимі значення напруг дотику і струмів – К.: Держстандарт, 2008.

38. ДБН В.1.1.7-2002. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003 – 47 с.

39. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні. – К.: Міністерство України з питань надзвичайних ситуацій, 2004 – 49 с.

40. ПІ9.2.30-234-2003. Примірна інструкція з охорони праці під час виконання токарних робіт – К.: Держстандарт, 2003.

41. Экономическое обоснование внедрения мероприятий научно-технического прогресса в АПК // Ю.А. Конкин и др. – М.: 1991. – 79 с.