

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Фізико-технічний, інженерно-фізичний  
(повне найменування інституту, назва факультету)

Обладнання та технології зварювального виробництва  
(повна назва кафедри)

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему Проектування ділянки з відновлення  
деталей працюючих в умовах абразивного  
зношування.

Виконав: студент V курсу, групи 1Ф-312 М  
спеціальності (напряму підготовки)  
131 Прикладна механіка,

"Технології та устаткування  
зварювання"  
(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Лодус М.М.  
(прізвище та ініціали)

Керівник Метредко В.В.  
(прізвище та ініціали)

Рецензент Кашов О.В.  
(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя  
2017 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Запорізький національний технічний університет  
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет Фізико-технічний, інтелектуально-різноманітний  
 Кафедра Обладнання та технології зварювального виробництва  
 Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) магістр  
 Спеціальність "Технології" та устаткування зварювального  
 (код і назва)  
 Напрямок підготовки 131 Прикладна механіка  
 (код і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ОТЗБ Овчаренко О.В.  
 "19" чудня 2017 року

**ЗАВДАННЯ**  
 НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Кодус Микола Михайлович  
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування діювничі з відновленням деталей тракторних в умовах абразивного зношування.

керівник проекту (роботи) Петренко Валерій Володимирович к.т.н., доцент,  
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "11" чудня 2017 року № 472

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 08.11.17р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) креслення лопаті бетонозмішувача, річна програма на відновлення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Резюме, зміст, Abstract, Вступ, 1. Аналіз вихідних даних і технічне завдання на розробку. 2. Розробка методик дослідження і проведення експериментів. 3. Результати досліджень і їх застосування. 4. Проектно-конструкторські розробки. 5. Техніко-економічний розрахунок діювничі. 6. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

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

1. Лопаті бетонозмішувача. Умови експлуатації. 2. Вимоги до матеріалу та механізми зношування. 3. Методика перевірки досліджень. 4. Результати дослідження зварювання маркі 100Х18Г12Н. 5. Результати дослідження зварювання маркі 300Х18Г12Н. 6. Результати дослідження зварювання маркі 300Х18Г12Н. 7. Результати дослідження зварювання маркі 350Х18Г15. 8. Результати дослідження зварювання маркі 350Х20Г15Н12. 9. Результати дослідження зварювання маркі 350Х20Г15Н12. 10. Збірна графіка індивідуального лопаті бетонозмішувача. 11. Планування діювничі в умовах зношування. 12. Показники ефективності та результативності діювничі з відновленням лопаті бетонозмішувача.



## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	приймав виконане завдання
інтелектуально-дослідницький розділ	Петренко В.В., доцент	<i>В.Петренко</i> 01.09.17	<i>В.Петренко</i> 15.12.17
Економічний розділ	Крушніва В.В., доцент	<i>В.Крушніва</i> 01.09.17	<i>В.Крушніва</i> 15.12.17
Розділ охорони праці та безпеки	Нестеров О.В., зав. каф.	<i>О.Нестеров</i> 01.09.17	<i>О.Нестеров</i> 15.12.17
у НС перевірка на плагіат - 71% - доц. Осінь М.Ю.			
7. Дата видачі завдання		01.09.2017 р	

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Вступ	12.10.17-20.10.17	
2.	Аналіз вихідних даних і технічне завдання на розробку	12.10.17-20.10.17	
3.	Розробка методик дослідження і проведення досліджень	12.10.17-20.10.17	
4.	Результати досліджень та їх застосування	20.10.17-3.11.17	
5.	Техніко-економічний розрахунок гілок	20.10.17-3.11.17	
6.	Охорона праці та безпека у нафтовій галузі	3.11.17-17.11.17	
7.	Висновки	24.11.17-08.12.17	
8.	Комп'ютерне доопрацювання на тематичній конференції	14.11.17-08.12.17	

Студент

*М.М. Кош*  
(підпис) *Кош М.М.*  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

*В.Петренко*  
(підпис) *Петренко В.В.*  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 118 сторінок, 27 рисунків, 25 таблиць, 26 посилань, 1 додаток.

Об'єкт дослідження – зносостійкі хромисті чавуни.

Мета проекту - провести порівняльний аналіз зносостійкості зразків з високохромистих зносостійких чавунів, з різними хімічними складами, та різного ступеню термічної обробки в умовах абразивного, та гідроабразивного зношування. Визначити, що саме впливає в більшій мірі на стійкість до зношування чавунів в умовах гідроабразивного зношування.

Розробити план ділянки та технологію відновлення деталі з отриманням поверхневого шару зі зносостійкого матеріалу.

Передбачені заходи з охорони праці та цивільної оборони.

ГІДРОАБРАЗИВНЕ ЗНОШЕННЯ, ЗНОСОСТІЙКІ  
ВИСОКОХРОМИСТІ ЧАВУНИ, ІНДУКЦІЙНЕ НАПЛАВЛЕННЯ,  
КАРБИДИ, ЕФЕКТ РЕБІНДЕРА



## ABSTRACT

PN: 118 with., 27 figure, 25 tables, 26 sources, 1 appendix.

Object of research - wear-resistant chrome cast iron.

The purpose of the project is to conduct a comparative analysis of the wear resistance of samples from high-chromium wear-resistant castings, with different chemical compositions, and different degrees of thermal treatment under abrasive and hydroabrasive wear conditions. Determine what is most likely to affect the resistance to wear of cast iron in conditions of hydroabrasive wear.

Develop a site plan and technology to restore the parts to obtain a surface layer of wear-resistant material.

Provides measures for occupational safety and civil defense.

CARBIDE, INDUCTION FILLING, HYDROBRAZIVES,  
REHABILITATION EFFECT, WEIGHTED HIGH CHROME CHAINS

## ЗМІСТ

Реферат .....	4
Abstract .....	5
Зміст .....	6
Вступ.....	8
1 Аналіз вихідних даних і технічне завдання на розробку .....	17
1.1 Призначення, конструкція і матеріал виробу .....	17
1.2 Умови експлуатації виробу і характер руйнування в результаті впливу експлуатаційних факторів .....	21
1.3 Труднощі, пов'язані із зварюваністю матеріалу або умовами зварювання і шляхи їх подолання .....	26
1.4 Обґрунтування вибору матеріалів, засобів виготовлення виробу.....	27
1.5 Формулювання завдання на проведення розрахунково-експериментальних досліджень .....	29
2 Розробка методики дослідження і проведення експериментів .....	32
2.1 Підготовка зразків до випробувань.....	32
2.2 Вимірювання показників твердості зразків .....	33
2.3 Визначення кількості карбідів у відсотках, та вимірювання мікротвердості карбідів.....	35
2.4 Сутність експерименту.....	36
3 Результати досліджень і їх застосування.....	39
3.1 Опис і аналіз результатів лабораторних і виробничих досліджень	39
3.2 Визначення властивостей досліджуваних матеріалів за результатами досліджень .....	44
4 Проектно-конструкторські розробки .....	53
4.1 Технологія відновлення лопаті бетонозмішувача СБ 138Б 63.000.....	54
4.2 Відновлення втраченої геометрії деталі шляхом ручної електродугової наплавки на стандартному обладнанні.....	57
4.3 Опис пристрою та принципу роботи обладнання для відновлення деталі за технологією індукційного наплавлення.....	60
5 Техніко – економічний розрахунок дільниці .....	64
5.1 Організація ділянки відновлення лопаті бетонозмішувача.....	65
5.1.1 Технічне нормування операцій .....	65

5.1.2	Виробнича програма і її матеріальне забезпечення .....	69
5.1.3	Розрахунок кількості обладнання .....	70
5.1.4	Розрахунок чисельності персоналу дільниці .....	72
5.2	Планування витрат на виробництво .....	75
5.2.1	Матеріальні витрати .....	75
5.2.2	Вартість основних засобів .....	76
5.2.3	Фонд оплати праці .....	78
5.2.4	Собівартість виробу.....	81
5.3	Економічне обґрунтування запропонованої розробки .....	87
5.3.1	Розрахунок економічного ефекту .....	88
5.3.2	Ефективність і результативність .....	88
6	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	92
6.1	Аналіз потенційних небезпек .....	92
6.2	Заходи по забезпеченню техніки безпеки .....	94
6.3	Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці .....	100
6.4	Заходи з пожежної безпеки.....	102
6.5	Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	103
	Висновки .....	111
	Перелік джерел посилання .....	113
	Додаток А Комплект документів на технологічний процес відновлення лопаті бетонозмішувача .....	117



## ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Хромисті чавуни широко застосовуються в багатьох галузях промисловості, при видобутку та збагаченні різних руд, вугілля, цементної сировини, каменю, піску та ін. Тому в край важливим є дослідження властивостей тих чи інших зносостійких чавунів в певних умовах зношування.

Легування хромом надає чавунам високу абразивну стійкість завдяки присутності в структурі карбідної складової, а також корозійну стійкість за рахунок легування металевої основи, жаростійкість внаслідок підвищення електрохімічного потенціалу металевої основи та створення на поверхні виливків міцної нейтральною оксидної плівки, жароміцність і т. п.

Традиційно такі чавуни відносили до крихким матеріалами, що істотно обмежувало його використання. Однак досягнуті в останні роки успіхи в області легування, модифікування і термічної обробки значно змінюють наші уявлення про їх властивості та можливі сфери застосування.

Все більш широко хромистий чавун застосовують як матеріал для деталей машин і механізмів, що піддаються інтенсивному зношуванню, окислення і корозії.

Застосування зносостійких чавунів замість вуглецевої сталі 110Г13Л та інших матеріалів дозволило в 3-10 разів збільшити термін служби швидко зношуваних деталей.

Параметри затвердіння легованих чавунів впливають на експлуатаційні властивості значно більшою мірою, ніж в інших ливарних сплавах. Тому визначення раціональних технологічних прийомів виготовлення виливків із зносостійких чавунів по суті має настільки ж важливе значення, що і вибір складу сплаву.

Висока зносостійкість в умовах абразивного зношування в нейтральному середовищі забезпечується, якщо карбідна фаза білого чавуну

характеризується: максимальною кількістю карбідів високої твердості перевершує твердість абразиву; рівномірним розподілом розгалуженої карбідної фази в металевій матриці (бажано максимальна кількість евтектики); орієнтуванням карбідів, їх максимальним розмірами (як правило, не припустимі заевтектичні карбіди).

Металева основа повинна задовольняти наступним вимогам: максимально міцно утримувати карбіди в умовах навантаження абразивними зернами; забезпечувати мінімальні деформації, щоб не допустити розтріскування і викришування карбідів; розміри ділянок основи, між карбідами, повинні бути достатньо малі, щоб звести до мінімуму виборчий знос основи абразивом, оголення карбідів, їх вимивання або обламування.

Специфічні властивості сучасних чавунів в литому стані в більшості випадків визначаються наявністю карбідної фази. Найбільш високі властивості забезпечуються наявністю спеціальних карбідів  $Me_7C_3$  і  $Me_{23}C_6$ , які утворюються при високих вміст хрому або при суттєвих добавках додаткових легуючих елементів (марганцю, ванадію, молібдену та ін). Проте випуск деталей з цих матеріалів обмежений через високу вартість і дефіцитність легуючих елементів (Cr, Ni, V, Mo та ін), що входять до складу кращих вітчизняних і зарубіжних марок хромистих чавунів. У зв'язку з цим пошук більш дешевих методів отримання сплавів, які можуть забезпечити необхідне поєднання високої зносостійкості і твердості, жаростійкості поряд з задовільною міцністю, пластичністю і ударною в'язкістю, є вельми актуальним.

Хром - це елемент, що сприяє сильному відбілюванню чавуну. Він зменшує розчинність вуглецю в  $\alpha$  - і  $\beta$  - залізі, збільшує ступінь стійкості твердого розчину і кількість евтектичної складової. У чавунах навіть при невеликому вмісті хрому утворюється карбідна фаза цементитного типу, збагачена хромом.

Структура білих чавунів з високим вмістом хрому складається з роз'єднаних тригональних карбідів  $(Cr, Fe)_7C_3$ , тому чавуни такого типу

володіють значно більшою в'язкістю, ніж низьколеговані з карбідами ( $\text{Fe, Cr})_3\text{C}$ , утворюють безперервну карбідну фазу.

В СРСР не було спеціального стандарту (ГОСТ) на білі зносостійкі чавуни. Відомості про таких сплавах були включені в ГОСТ 7769-82 [1], що регламентує хімічний склад і механічні властивості легованого чавуну зі спеціальними властивостями.

Високолеговані білі чавуни можна розділити на кілька класів: хромонікелеві (2,0-11,0% Cr і 4,0-7,0% Ni), хромомолібденові (11,0-23,0% Cr і до 3% Mo), високохромисті (23-30% Cr) і спеціальні білі чавуни. Ці чавуни мають твердість HB 750 і мартенситну матрицю, яка виходить при термообробці.

При розробці нових марок чавунів ставилося завдання створення спеціалізованих сплавів для роботи в умовах переважно нейтральних або абразивно-корозійних середовищ.

Для деталей сільськогосподарських та промислових машин, що працюють в умовах зносу рекомендується використовувати аустенітний марганцовистий чавун. Низьковуглецеві чавун з вмістом хрому близько 6%, який додатково легований молібденом (до 3%) і вольфрамом (до 10%). При легування марганцем до 5% твердість і зносостійкість збільшувалися. При введенні ванадію твердість незначно зменшувалася, а зносостійкість збільшилася на 25%. При легування молібденом і вольфрамом твердість і зносостійкість сплаву в литому стані спочатку збільшується. Відзначають, що максимальні твердість і зносостійкість спостерігалися при вмісті 1-2% Mn, 2,5% W і 1-2% V. Низькотемпературний відпустку знижує твердість і зносостійкість цих чавунів [17].

Застосування чавуну ніхард, що містить 7-11% Cr забезпечує більш високу зносостійкість порівняно з чавунами, що містять 2-4% Cr і мають цементитну структуру карбідів.

Відзначається, що низькохромисті чавуни дешеві, але мало міцні. Є два шляхи вирішення цієї проблеми: перший - застосування чавунів з вмістом



хрому понад 13% і другий - зміна механізму утворення карбідів у чавунах з вмістом до 8% Cr і до 4,5% Si, перетворюючи ці карбіди в ізольовані і більш тонкі. Досліджувався вплив вмісту кремнію (0,723-4,5%) і хрому (2,0-8,0%) на мікроструктуру. Стверджується, що збільшення кількості кремнію і хрому призводить до зміни морфології - від безперервної сітки карбідів до ізольованим і більш тонким [2]. Твердість карбідів і матриці збільшується зі збільшенням кількості хрому і кремнію. Структура складається з суміші карбідів  $Fe_3C$  і  $Cr_7C_3$ . Твердість матриці - понад HV 400; при вмісті кремнію понад 3% міцність на удар падає. Коли вміст хрому досягає 5%, опір ударному зносу у цих чавунів порівняно з таким у традиційних високохромистих чавунів.

Дуже цінним матеріалом для обладнання, що працює в умовах впливу корозійних середовищ, при підвищених температурах і в умовах сильного зносу є хромисті чавуни марок X28Л і X34Л ГОСТ 7769 – 82 [1].

В умовах абразивного зношування в нейтральному середовищі Cr-Mo чавуни володіють максимальною зносостійкістю і забезпечують більш тривалі терміни служби, ніж ніхард та інші марки чавунів. Cr-Mo чавуни в 8-12 разів перевершують в цих умовах вуглецеві сталі. Умови зношування, де найповніше проявляється висока зносостійкість Cr-Mo чавунів - інтенсивне абразивне зношування (наприклад, гравій та пісок у річковій воді), сухий помел і т. п.

В умовах абразивно-корозійного впливу зносостійкість Cr-Mo чавунів різко зменшується, так як вони мають низьку корозійну стійкість.

Відзначають, що зносостійкий чавун 15% Cr-Mo, містить 3,3-3,6% вуглецю після повної загартування має найвищу стійкість до абразивного зносу в порівнянні з іншими чавунами. Однак товстостінні виливки з цього чавуну в результаті загартування не отримують повної мартенситної структури, так як через високого вмісту вуглецю утворюється перліт. Також наголошується, що дослідження показали, що молібден, нікель і марганець у комбінації або окремо можна застосовувати для усунення утворення перліту

при загартуванні товстостінних деталей з високохромистого чавуну. Однак нікель, марганець, і меншою мірою, мідь стабілізує аустеніт в структурі загартованих чавунів. Залишковий аустеніт знижує абразивну стійкість чавунів, тому слід обмежувати вміст нікелю, марганцю і міді в цих сплавах. Введення в чавун 1,5-2,0% Мо і 1% Си призводить до більш успішного придушення утворення перліту при загартуванні, ніж тільки при добавці 3% Мо. Такі сплави широко застосовуються для виготовлення футерувальних плит кульових, стрижневих і автогенних (самоподрібнення) млинів та інших деталей [3].

Завищення вмісту кремнію (іноді до 3,8%) у багатьох чавунах призводить до зниження їх твердості і зносостійкості через утворення феритної, ферито-перлітною або перлітною матриці.

У високохромистому чавуні (2,0-2,25%, 30% Cr, 3% Mn) збільшення вмісту кремнію з 0,75% до 2,18% знижує твердість цього чавуну після гарту з HRC 57 до HRC 36. Для поліпшення прогартованості і, отже, отримання твердою, міцною структури металевої основи вміст кремнію в зносостійких чавунах не повинно перевищувати 1%.

Чавуни ЧХ28 і ЧХ32 характеризуються як такі, що мають високий опір зношування, і з них рекомендується виготовляти сопла для піскоструминних апаратів і інші деталі, схильні до абразивного зносу. Дорогі високолеговані (28-34% Cr) чавуни, що мають твердість HB 200-350 і феритну основу, явно непридатні в якості зносостійких, а значно менше леговані (12-18% Cr) і більш дешеві чавуни мають зносостійкість, в чотири-п'ять разів перевищує стійкість чавунів ЧХ28 і ЧХ32, яка мало відрізняється по зносостійкості від вуглецевих сталей.

Чавун Х28 ГОСТ 7769 – 82 [1], при вмісті вуглецю до 1% після відпалу може піддаватися холодній обробці різанням; для чавуну Х34, з більш високим вмістом вуглецю, така обробка пов'язана з певними труднощами. Невеликі добавки кремнію (1-2%) покращують механічну оброблюваність високохромистих сталей.

Високохромисті чавуни марок Х28 і Х34 при застиганні і подальшому охолодженні дають велику усадку та схильні до крупнокристалічного стовпчастого зламу. Ці явища викликають появу рихлості і тріщин.

Встановлено, що підвищення температури металу при заливці до 1480° підвищує його плинність, покращує структуру і перешкоджає утворенню гарячих тріщин.

Порівняно широке застосування знайшов чавун 290Х28Н2, незважаючи на те, що він поступається за зносостійкості і оброблюваності таким сплавам, як 15% Cr-Мо, 290Х18Г3. Однак чавун 290Х28Н2 володіє більш високою корозійною стійкістю і меншою схильністю до утворення холодних тріщин, ніж згадані сплави, що визначило широке поширення чавуну 290Х28Н2.

Універсальні сплави, як, наприклад чавун 290Х30Н2, мають в 1,5 рази більш низьку зносостійкість в нейтральних абразивних середовищах в порівнянні з чавуном 290Х18Г2 і 15% Cr-Мо і більш ніж в три рази поступаються чавуну 210Х30Г3 в абразивно-корозійних середовищах.

Спираючись на результати досліджень таких вчених, як Бунін, Ципін, Гербер, Кириллов [2, 3, 10, 11], експериментальним шляхом доведено, що в умовах інтенсивного абразивного зношування в нейтральному середовищі Cr-Мо чавуни в 7-12 разів перевершують по стійкості вуглецевої сталі.

Cr-Мо чавун 210Х12Г5 (ВУ-4) широко застосовується для виготовлення футеровок барабана стрижневих і кульових млинів першої стадії подрібнення руд кольорових металів діаметром до 2,7 м включно, що працюють зі стрижнями і кулями діаметром до 100-125 мм. Термін служби футеровок стрижневих рудо-розмельних млинів МСЦ21Х30, МСЦ27Х36 в результаті застосування футеровок з чавуну 210Х12Г5 відлитої в кокіль, збільшився порівняно з терміном служби футеровок із сталі 110Г13Л в 2,0-2,5 рази. На кульових рудо-розмельних млинах першої стадії подрібнення МШЦ27Х36 і МШР27Х36 досягнуто збільшення терміну служби футеровок з



чавуну 210Х12Г5 в 1,6-2,0 рази порівняно з терміном служби футеровок зі сталі 110Г13Л, 100Х2ГЛ.

Випробування на млинах МШР36Х50 другій стадії подрібнення залізної руди показали, що строк служби футеровок з Cr-Mn чавунів типу 300Х12Г5 збільшився у 1,8-3,0 рази порівняно з терміном служби футеровок зі сталі 110Г13Л.

Найбільш переконливо перевага Cr-Mo чавунів перед сталлю і багатьма іншими матеріалами в умовах, де абразивний знос не ускладнюється корозійною активністю пульпи і значним ударним впливом. Так, бронедиски рудоспусків з чавуну 300Х12Г5 на каскаді дробильної фабрики при транспортуванні залізної руди на Соколівській-Сарбайском гірничо-збагачувальному комбінаті працюють в 6 разів довше, ніж зі сталі 110ПЗЛ (7-12 місяців замість 1,5-2,5 місяців); коліна пульпопроводів з чавуну 300Х12Г5 системи гідротранспорту руди та породи на тому ж підприємстві працюють в 4-8 разів довше, ніж зі сталі 35Л. Захисні втулки пустотоутворень штампів для виробництва двухпустотної цегли, виготовлені з чавуну 290Х15ГСФ, мають термін служби в 10-15 разів більший, ніж зі сталі 20Х з цементациєю, яку чавун замінив при пресуванні силікатної маси (Калінінський комбінат будівельних матеріалів).

Сегменти шнекових сепараторів СШ-15, виготовлені з 2ЮХ30ГЗ (збагачення антрациту) зношуються в 100-130 разів повільніше, ніж зі сталі 10ХСНД і в 10-13 разів повільніше, ніж з чавунів 210Х12Г5, 330Х18ГЗСМ, термін їх служби перевищив 10 тис. год. Імпеллера флот-машини МФУ-2-63 з 190Х30ГЭ мали темп зносу в 5 разів нижче, ніж з сірого чавуну і більше ніж в 2 рази нижче, ніж з Х14Г2Н (збагачення вугілля). Робочі колеса шламового насоса ШН-270, виготовлені з 100Х30ГЗ, працюють при перекачуванні магнетитової суспензії (збагачення вугілля) в 8-10 разів довше, ніж з сірого чавуну і в 3-3,5 рази довше, ніж з Х14Г2Н [18].

Випробування плунжерів з чавуну 190Х30ГЗ на бурових насосів НБЗ-120/40 і НВ4-320/63 (закачування глинистої емульсії з вмістом піску 5-6% в

розвідувальну свердловину) показали, що строк служби плунжерів збільшився більш ніж в 3 рази порівняно з плунжерами зі сталі 40Х з твердим хромуванням.

Термін служби комбінованих футеровок (вставки з 300Х18Г3) на барабані стрижневих млинів МСЦ 32х45 (перша стадія подрібнення мідної руди, діаметр стрижнів 120 мм) збільшився на Учалінському гірничо-збагачувальному комбінаті до 10-12 місяців проти 6 місяців (футеровки зі сталі 110Г13Л). На Коршуновському гірничо-збагачувальному комбінаті (перша стадія подрібнення залізної руди, діаметр стрижнів 80 мм, млин МСЦ 32Х45) юрок служби комбінованих футеровок склав 33 місяці відрогів 14 місяців для футеровок зі сталі 110Г13Л.

Об'єднані футеровки кульових рудо-розмельних млинів МШР 32Х31 на першій стадії подрібнення вольфрамових і мідно-молібденових руд мають термін служби в 1,7-2,1 рази вище, ніж футеровки зі сталі 110Г13Л [4].

Тому економічна ефективність застосування білих зносостійких чавунів дуже висока. Успіх використання білих зносостійких чавунів - у ретельному призначень марки і технології лиття з відповідно з урахуванням впливу складу і умов виготовлення на експлуатаційні властивості.

Мета: провести порівняльний аналіз зносостійкості зразків з високохромистих зносостійких чавунів, з різними хімічними складами, та різного ступеню термічної обробки в умовах абразивного, та гідроабразивного зношування з впливом «ефекту Ребіндера». Визначити, що саме впливає в більшій мірі на стійкість до зношування чавунів. Розробити план ділянки та технологію відновлення деталі з отриманням поверхневого шару з матеріалу, що найбільш ефективно опиратиметься зносу.

Завдання на дисертаційну роботу:

- визначити умови роботи деталі, та характеристики яким вона повинна відповідати;
- проаналізувати результати випробувань зразків на стійкість до абразивного та гідроабразивного зношування з впливом «ефекту Ребіндера»;

- систематизувати результати досліджень;
- провести порівняльний аналіз вихідного матеріалу з запропонованим альтернативним;
- розробити план ділянки з відновлення деталей та запропонувати технологію відновлення з наданням поверхневому шару зносостійких властивостей;
- зробити висновки щодо ефективності використання методики дослідження в реальних умовах в порівнянні з випробуваннями які застосовують зараз згідно ДСТУ.

Методика дослідження. В процесі роботи були використані теоретичні і експериментальні методи дослідження.

Наукова новизна дисертації. Порівняльний аналіз випробувань на зносостійкість в умовах абразивного та гідроабразивного зношення з метою виявлення впливу «ефекту Ребіндера» на інтенсивність зношування.

Практична значимість. Запропонована методика дослідження може бути рекомендована для подальших практичних випробувань, а обраний матеріал буде рекомендовано для подальшої заміни існуючих деталей та відновлення зношених.



## 1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ І ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ

### 1.1 Призначення, конструкція і матеріал виробу.

Лопать бетонозмішувача (рис.1.1) , частина ротора бетонозмішувача (рис 1.2), кріпиться до тримача лопатей і призначена для перемішування бетонної суміші. Лопать СБ-138 безпосередньо взаємодіє з твердими сипучими матеріалами — щебнем, гравієм, піском, іншими наповнювачами, здійснюючи змішування інертних матеріалів або очищаючи дно чаші бетонозмішувачів в кінці робочої зміни.

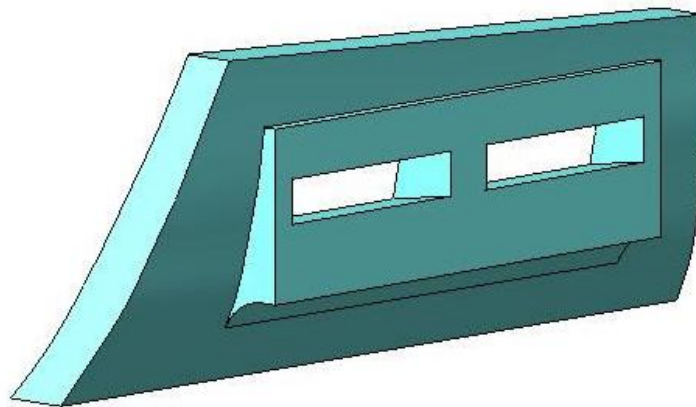


Рисунок 1.1 – Лопать бетонозмішувача СБ 138Б 63.000

Бетонозмішувачі СБ 138Б зараховуються до числа роторних конструкцій циклічного типу (рис. 1.3). Змішувальна чаша є нерухомою. Конструкції призначені для виробництва жорстких сумішей, будівельних розчинів, а також бетонних розчинів на легких заповнювачах. Перемішування всіх компонентів суміші здійснюється за допомогою використання ротора з лопатками. У верхній частині конструкції розташовані ротор і двигун. Таке розташування дає можливість забезпечити досить легкий доступ до всіх головних вузлів конструкції. Це важливо, так як така побудова конструкції дозволяє забезпечити високий рівень її ремонтпридатності.

У бетонозмішувачах примусового перемішування корпус змішувача залишається нерухомим, а лопаті здійснюють обертальний рух і змішують матеріал. У змішувачах примусової дії частинки змішуються матеріалів багаторазово рухаються по складних траєкторіях в лотках або горизонтальних чашах з допомогою змішувальних пристроїв — рухомих лопатей, лопаток, скребків і кулачків, насаджених на горизонтальні або вертикальні приводні вали. Змішувачі примусової дії мають різні конструктивні рішення та принципи роботи.

За цими ознаками їх можна розділити на наступні групи: лопатеві одно – і двохвальні з горизонтальним розташуванням валів уздовж змішувального лотка чашоподібної або циліндричної форми; прямоочні з вертикально розташованими валами і нерухомою чашею протиточні з нерухомою горизонтальною чашею і чашею що обертається в напрямку, протилежному обертанню вертикального валу зі змішувальними пристроями; роторні турбулентного типу з вертикальним валом і планетарно-роторні з вертикальним валом, на якому закріплені нерухомі лопаті і планетарний механізм з додатковими обертовими лопатями.

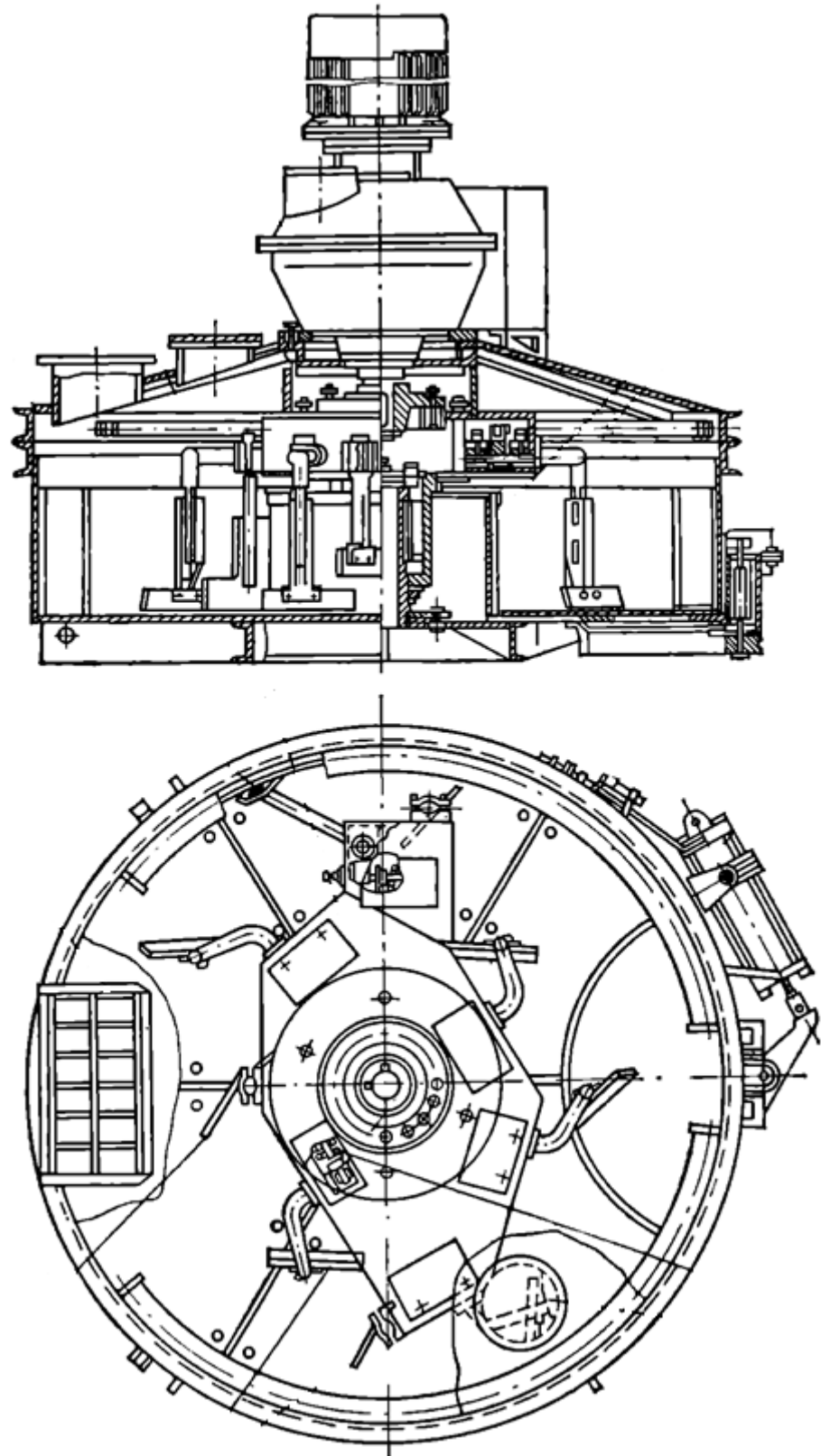


Рисунок 1.2 – Бетонозмішувач СБ 138Б 63.000

Абразивний вплив мінеральних частинок призводить до стирання площини граней лопаті, що визначає необхідність їх періодичної заміни. Лопать СБ-138.63.007 виготовляється зі сталі марки 50Л шляхом лиття,

подальшої загартування і механічної обробки. Лопатка підлягає заміні кожні 3 місяців, або після змішування 18000 м<sup>3</sup> бетону.

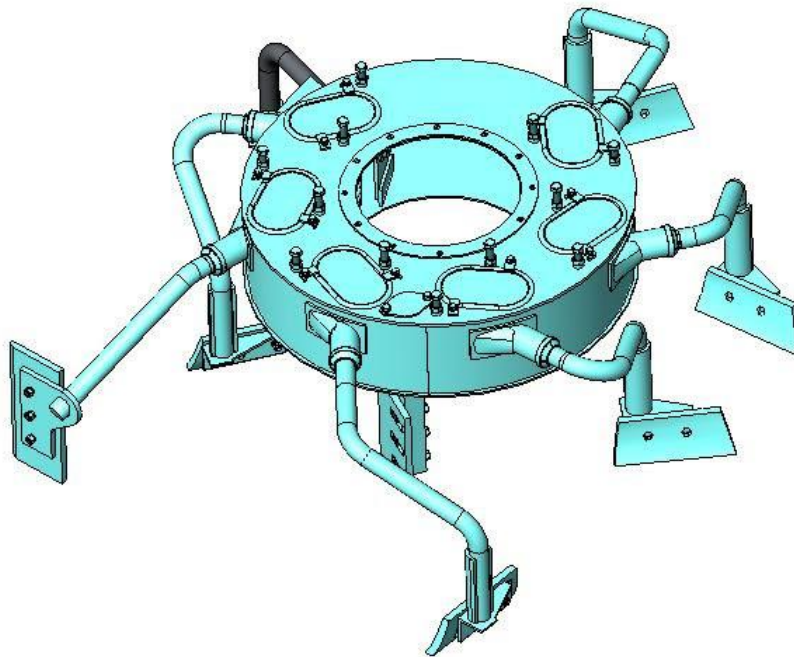


Рисунок 1.3 – Ротор бетонозмішувача СБ -138Б.63.000

Матеріал лопаті бетонозмішувача: ст. 50Л. Лиття з механічною обробкою.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад ст. 50Л

C	Si	Mn	S	P
0,47 – 0,55	0,2 – 0,52	0,45 – 0,9	>0,06	>0,06

Таблиця 1.2 - Технологічні властивості матеріалу

Зварюваність	Обмежена
--------------	----------

Таблиця 1.3 – Режими термічної обробки матеріалу

Нормалізація 860 – 880 °С, відпуск 600 - 630°С
Загартування 860 – 880 °С, відпуск 600 - 630°С

Таблиця 1.4 – Механічні властивості ст. 50Л

Сортамент	$\sigma_b$	$\sigma_T$	$\delta_5$	$\psi$	КСУ	Твердість НВ $10^{-1}$
	МПа	МПа	%	%	КДж/м <sup>2</sup>	МПа
Відливка КТ 30	736	392	14	20	294	159 -240

## 1.2 Умови експлуатації виробу і характер руйнування в результаті впливу експлуатаційних факторів

Бетонозмішувачі – звичайно працюють в складних умовах з великою інтенсивністю. Дуже важливо систематично очищувати і промивати водою бетонозмішувачі, а також розвантажувальні лотки і витратні бункери від залишків бетону, який затвердіває, що збільшує потужність, що витрачається і зменшує корисну ємність змішувачів. Треба, крім цього, своєчасно замінювати зношені лопатки і лопаті змішувачів, що в процесі роботи втрачають свої геометричні та масові показники, та зменшують корисну дію механізму в цілому.

Основними матеріалами які реалізують зношування робочих елементів бетонозмішувачів є компоненти для приготування бетонів і будівельних розчинів.

Готова бетонна суміш (товарний бетон) – рухомий склад з чотирьох основних компонентів, замішуємо в певній пропорції: цемент, щебінь, пісок, вода. Аналогічна суміш, але без використання щебню, називається цементним розчином або піскобетоном, однак в піскобетоні застосовується пісок більш великої фракції (модуль крупності).

Цемент – речовина, на його основі замішують і бетон та будівельний розчин. Являє собою сірий їдкий порошок, що містить вапняк, який кристалізується і застигає при зволоженні.

Баласт – суміш піску з гравієм, яку використовують при замішуванні бетону. Краще всього для цього підходить суміш 3:1 (три частини кам'яної або дрібної гравійної крихти на одну частину річкового піску). Цей склад відомий також під назвою «загальна суміш».

Будівельний пісок – пухка суміш зерен розміром 0,10–5 мм. Пісок в залежності від генезису буває алювіальних, делювіальним, морським, річковим, озерним, золувим. Піски, що виникли в результаті діяльності водойм і водотоків, що мають більш округлу, обкатану форму. Саме округлі піщинки дозволяють легше вбивати в розчин цеглини або бетонні плити, підганяючи їх до потрібного рівня. Такий пісок містить також невелику домішку глини, яка при зволоженні робить розчин більш в'язким і щільним.

Щебінь – сипучий матеріал із зернами крупністю понад 5 мм, одержуваний подрібненням гірських порід, гравію і валунів.

Електрокорунд - штучний абразивний матеріал, до складу якого входять переважно закристалізований глинозем (окис алюмінію) у формі а-фази (корунду), а також оксиди кремнію, титану, кальцію і заліза. Отримують плавкою сировини що вміщує глинозем в дугових печах з подальшою кристалізацією розплаву.

Цемент і вода – ключові компоненти бетону. На них покладена основна функція – зв'язати всі компоненти в єдину монолітну структуру. Дотримання правильної пропорції цих двох компонентів (відношення води до цементу) – найголовніше завдання у виробництві бетону.

Будівельні розчини необхідні для кам'яної та цегляної кладки, штукатурних та пічних роботах. Служить таким собі підставу у виробництві бетону. Розчини готують з одного або двох в'язучих матеріалів, а також з одного заповнювача або їх суміші. В'язкою речовиною може бути глина,

вапно, цемент, гіпс. Заповнювачами – пісок, дрібні шлаки, дрібна пемза, тирса і т. д.

Отже суттєвий вплив на зношування робочих деталей справляє так звана гідросуміш. Гідросуміш (англійською Slurry) – механічна суміш води з частинками твердого матеріалу, наприклад, гірської породи чи абразиву. При мокрому збагаченні корисних копалин гідросуміш називають пульпою[5].

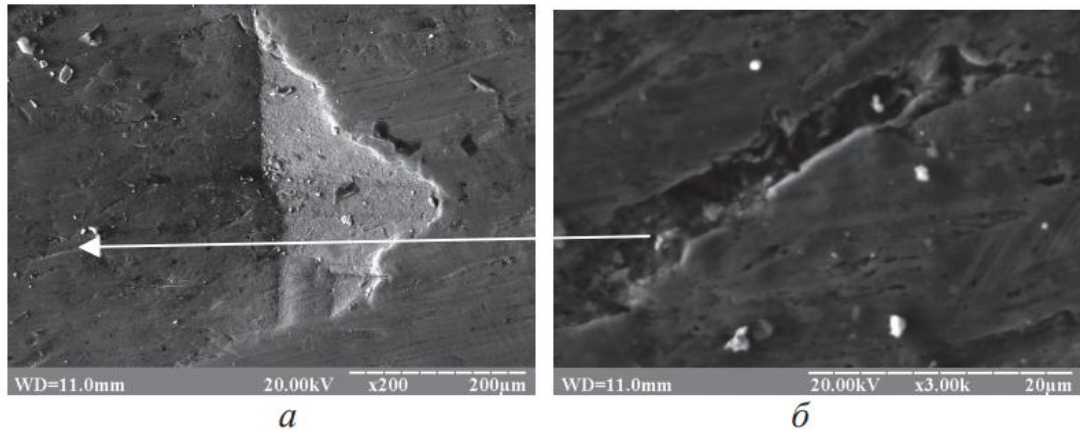
Гідроабразивний знос – (англійською hydroabrasive wear) - зміна розміру, форми, маси або стану поверхні матеріалу під впливом рухомої гідросуміші; спостерігається в гідравлічних машинах і трубопроводах (робочих колесах, корпусах ґрунтових насосів і вуглесосів, ущільнюючих пристроїв, арматури та ін). Розрізняють гідроабразивне зношування загальне і місцеве. Інтенсивність його залежить від якості зношуваного матеріалу, розміру, форми, твердості, щільності твердих частинок гідросуміші, її концентрації, корозійної активності рідкої середовища, швидкості переміщення частинок відносно поверхні, що зношується, кута набігання частинок на поверхню та ін. [6]

Дослідження гідроабразивного зношування.

У більшості випадків цей вид ушкоджень спостерігається на ділянках поверхонь деталей поблизу крайок поясів і отворів. Пошкодження при цьому мають вигляд численних плавно спадаючи по глибині канавок (електричним вимивання).

Металографічні та електронно-мікроскопічні дослідження деталей, пошкоджених гідроабразивним зношуванням показали, що глибина пошкоджень досягає 8 мм і більше, а площа уражених ділянок може становити від часток  $\text{мм}^2$  до декількох  $\text{см}^2$ . На рис. 1.4. приведена мікрофотографія поверхні деталі, що працює в умовах гідроабразивного зношування. На поверхні деталі видно подряпини, поглиблення, які виникли в результаті видалення зі структури сплаву твердих частинок, сліди пластичної деформації [16].





а – загальний вигляд ділянки; б – борозенка на поверхні дискретної ділянки

Рисунок 1.4 – Мікрофотографії поверхні тертя досліджуваного зразка після гідроабразивного зношування

Результати вимірювання мікротвердості структури деталей, схильних до різного ступеню гідроабразивного зношування свідчить про те, що інтенсивного руйнування передуює пластичне деформування, в результаті якого мікротвердість сплаву збільшується до цілком певних для даного сплаву граничних значень. При цьому дефектність структури зростає, що зумовлює виникнення і подальший розвиток мікротріщин, які зливаючись утворюють замкнене коло і, як результат, під впливом розклинюючої дії середовища і потоку рідини відбувається відділення частки структурно-складової сплаву, що характеризуються, як частка зносу [7]. Це явище пояснив радянський вчений Ребіндер П. О воно має назву «ефект Ребіндера».

Являє собою адсорбційне зниження міцності — зміна механічних властивостей твердих тіл внаслідок фізико-хімічних процесів, що викликають зменшення поверхневої (міжфазної) енергії тіла, що може призводити до деформації. У разі кристалічного твердого тіла, крім зменшення поверхневої енергії, для прояву ефекту Ребіндера важливо також, щоб кристал мав дефекти в структурі, необхідні для зародження тріщин, які потім під впливом середовища поширюються. У полікристалічних тіл такими дефектами є границі зерен: Проявляється у зниженні міцності і виникнення

крихкості, зменшення довговічності, полегшення диспергування. Для прояву «ефекту Ребіндера» необхідні наступні умови: контактування твердого тіла з рідким середовищем та наявність розтягуючих напружень. Також важливу роль відіграє реальна структура – наявність дислокацій, тріщин, сторонніх включень та інше [8].

Основними характерними рисами, що відрізняють ефект Ребіндера від інших явищ, наприклад, корозії і розчинення, є наступні: швидка поява — негайно після контакту тіла з середовищем, достатньо мізерний обсяг діє на тверде тіло речовини, але тільки з супутнім механічним впливом, повернення тіла до початкових характеристик після видалення середовища не відбувається. Механізм гідроабразивного зношування з впливом «ефекту Ребіндера» проілюстровано на схематичному зображенні (рис. 1.5). Де  $F$  – сила атаки абразивної частки, що створює напруження що розтягує при певному куті атаки.

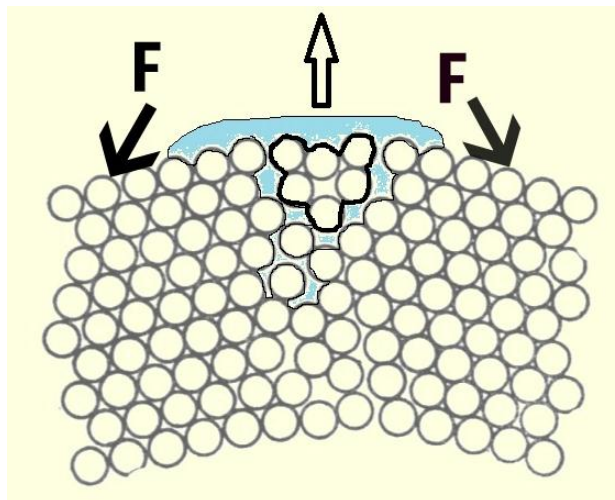


Рисунок 1.5 – Схема механізму гідроабразивного зношування з впливом «ефекту Ребіндера»

Таким чином, у випадку роботи з сухими сумішами спостерігається значно менший знос, а у випадку з зносостійкими чавунами що нами досліджувались, при взаємодії з сухими сумішами масового та об'ємного зносу не було виявлено, проте в результаті додавання рідини, у нашому випадку це - вода, вже на початкових стадіях спостерігалось збільшення

інтенсивності зношування, що підтверджує вплив «ефекту Ребіндера» на інтенсивність руйнування виробу в заданих експлуатаційних умовах.

### 1.3 Труднощі, пов'язані із зварюваністю матеріалу або умовами зварювання і шляхи їх подолання

Матеріал лопаті бетонозмішувача: ст. 50Л. Сталь для виливків нелегована ГОСТ 977 - 88 [9], відноситься до групи зварюваності 3. До третьої групи відносять вуглецеві і леговані сталі ( $[3]X=0,46\div 0,59$ ) перлітового класу, схильні в звичайних умовах зварювання до утворення тріщин. Зварюваність цієї групи сталей забезпечується при використанні спеціальних технологічних заходів, що полягають у їх попередній термообробці і підігріві. Крім того, більшість виробів з цієї групи сталей піддають термообробці після зварювання. Для деталей і виливків з прокату або поковок, не мають особливо жорстких контурів і жорстких вузлів, допускається зварювання в термічно обробленому стані (гарт і відпустка).

Без попереднього підігріву такі сталі можна зварювати у випадках, коли з'єднання не мають жорстких контурів, товщина металу не більше 14мм, температура навколишнього середовища не нижче  $+5^{\circ}\text{C}$  і зварювані з'єднання мають допоміжний характер. У всіх інших випадках обов'язковий попередній підігрів до температури  $200^{\circ}\text{C}$ .

Термообробка даної групи сталей призначається по режиму, обраного для конкретної сталі. Для зварювання цю сталь необхідно підігрівати, а після зварювання - піддати термообробці.

Розрахунок температури попереднього та супутнього підігріву здійснюють за формулою (1.1)

$$T(C^{\circ}) = 350 / ([C_{\text{екв.}}] - 0,25)^{1/2}. \quad (1.1)$$

$$T(C^{\circ}) = 350 \times (0,141 - 0,25)^{1/2} = 115,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Еквівалент вуглецю визначають за формулою (1.2).

$$[C_{\text{екв.}}] = [C_c] \times (1 + 0,005 \times e), \quad (1.2)$$

$$[C_{\text{екв.}}] = 0,06 \times (1 + 0,05 \times 21) = 0,121,$$

де  $[C_c]$  – хімічний еквівалент вуглецю, визначається за формулою (1.3):

$$[C_c] = C + \text{Mn}/6 + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})/5 + (\text{Ni} + \text{Cu})/15 \quad (1.3)$$

$$[C_c] = 0,52 + 0,7 / 6 = 0,52 \times 0,116 = 0,06,$$

де  $e$  – товщина в мм.  $e = 21$  мм.

#### 1.4 Обґрунтування вибору матеріалів, засобів виготовлення виробу

В даному конкретному випадку для виготовлення лопаті бетонозмішувача СБ - 138Б.63.000 використовують сплав зі сталі 50Л. Класифікація: Сталь для виливків звичайна. Хімічний склад та механічні властивості приведені в розділі 1.1 таблиця 1.1, 1.2 та 1.3.

Для виготовлення виливків використовують технологію лиття в кокіль – процес одержання виливків шляхом вільної заливки розплавленого металу в металеві форми-кокілі.

Кокіль виготовляють із чавуну, сталі та інших сплавів. Спосіб лиття в кокіль має переваги перед литтям в піщані форми. Кокілі витримують велике число заливок (від кількох сотень до десятків тисяч) залежно від заливається в них сплаву: чим нижче температура заливається сплаву, тим більше їх стійкість. При цьому способі виключається застосування формувальної суміші, підвищуються техніко-економічні показники виробництва, покращуються санітарно-гігієнічні умови праці.

Висока теплопровідність кокіль прискорює процес кристалізації сплаву і сприяє отриманню виливків великий герметичності і з високими механічними властивостями.

Висока міцність металевих форм дозволяє багаторазово отримувати виливки однакових розмірів. Мінімальне фізико-хімічна взаємодія металу виливка і форми підвищує якість поверхні виливки.

До недоліків цього способу лиття відноситься порівняно мала стійкість і висока вартість виготовлення кокіль. Утворення внутрішніх напружень в литві вимагає точного дотримання технологічного процесу лиття.

У кокілях отримують 6% сталевих виливків. Цей спосіб лиття економічно доцільний у серійному і масовому виробництвах.

Кокіль частіше виготовляють з двох половин, що відповідає двом полуформам як в литті в піщані форми. Робоча порожнина кокілью відповідає зовнішньої конфігурації виливки. Встановлені в цю форму піщані стрижні утворюють порожнину з конфігураціями виливки. Для заливки кокіль рідким металом в площині роз'єму або в стержні виконують канали для литникової системи. Сплав заповнює простір між порожниною кокіль і стрижнем, утворюючи виливки. Після затвердіння виливки кокіль розкривають, і з нього виштовхується готова виливок. Потім всі процеси повторюються.

В залежності від конфігурації виливки кокіль виготовляють з одним або декількома роз'ємами. Площині роз'єму кокіль можуть бути вертикальними, горизонтальними або комбінованими.

Щоб зменшити швидкість охолодження виливків, уникнути утворення загартованого шару біля поверхні і підвищити стійкість кокіль, на його робочу поверхню наносять теплоізоляційні покриття. Їх виготовляють з одного або кількох вогнетривких матеріалів (кварцовою борошна, меленого шамоту, графіту, крейди, тальку) і сполучного матеріалу (рідкого скла, патоки).

Кокіль практично газонепроникний. Гази видаляються з форми через отвір та газові канали, виконані по лінії роз'єму кокіль або в спеціальних пробках. Газові канали роблять зазвичай глибиною 0,2-0,5 мм. Через такі канали не витікає рідкий сплав, але легко видаляються газы.

Механізувати і автоматизувати технологічний процес кокільного лиття легше, ніж процес лиття в піщані форми. Для механізації застосовують кокільні машини – однопозиційні і карусельні. На цих машинах автоматизують наступні технологічні процеси: відкривання і закривання кокілів, постановку і видалення металевих стрижнів і виштовхування виливків з кокіль [19].

## 1.5 Формулювання завдання на проведення розрахунково-експериментальних досліджень

Відомо що строк служби лопаті бетонозмішувача СБ - 138Б.63.000 складає від 15 до 18 замісів. Цей факт має значний вплив на надійність та строк служби всього агрегату в цілому, тому як зношена лопать не спроможна якісно перемішувати суміш бетону. Сплав 50Л з якого виробляють даний виріб не володіє таким опором до абразивного та гідроабразивного зношення, в порівнянні з деякими видами зностійких високохромистих чавунів. Спостерігається значна зміна форми робочих

крайок лопаті, про що свідчать фотографії знятих з експлуатації лопатей (рис. 1.7) у порівнянні з новою лопаттю (рис 1.6).



а

б

а – фото з лицьового боку; б – фото з тильного боку

Рисунок 1.6 – Лопать бетонозмішувача нова.



а

б

а – фото з лицьового боку; б – фото з тильного боку

Рисунок 1.7 – Лопать бетонозмішувача після експлуатації.

З апріорних джерел відомо, що існують матеріали, властивості яких значно кращі в даний умовах експлуатації виробів. Таким вимогам відповідають деякі види зносостійких високохромистих чавунів. Також відомо, що значний вплив на інтенсивність зношування здійснює змочування абразиву рідиною. Перед нами стоїть мета провести порівняльне дослідження зразків з 6 видів зносостійких високохромистих чавунів марок: 110X18Г2Н, 300X18Г2Н, 300X18Н2, 300X28Н2, 350X18Г5, 350X20Г5Н2 кожен з яких було поділено на 4 частини: 1 зразок в литому стані, 2 зразок – термічна обробка – відпал 690°C – 9 годин, 3 зразок – відпал 720°C – 9 годин і 4 зразок – нормалізація 1050°C – 4 години 30 хвилин, в умовах наближених до реальних, за особистою методикою, та визначити який матеріал з



досліджуваних нами буде найбільш ефективним в умовах взаємодії з вологим абразивом. Загальна кількість зразків – 24 одиниці.

Порівняльний аналіз випробувань на зносостійкість в умовах абразивного та гідроабразивного зношення з метою виявлення впливу «ефекту Ребіндера» на інтенсивність зношування дасть змогу зрозуміти який механізм зношування здійснює найбільший вплив на руйнування робочих деталей. А результати дослідження дадуть відповідь, як ступінь легування та термообробка впливає на зносостійкість матеріалу дасть змогу зрозуміти, який хімічний склад та які властивості матеріалу, найбільш ефективно протидіють умовам гідроабразивного зношування.

Запропонована методика дослідження може бути рекомендована для подальших практичних випробувань, а обраний матеріал буде рекомендовано для подальшої заміни існуючих деталей та відновлення зношених.

Результати дослідження будуть подані у вигляді гістограм, для наглядного демонстрування залежності опору до зносостійкості в залежності від варіювання хімічного складу, та термічної обробки.

## 2 РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕННЯ І ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТІВ

### 2.1 Підготовка зразків до випробувань

Зразки з 6 різних сплавів різного ступеню термічної обробки, в кількості 24 одиниці, обрані нами для досліджень підлягали механічній обробці, для задання їм однакової форми. Циліндр з розмірами 10×25 мм (рис. 2.1).

Основні легуючі елементи зразків з високохромистих зносостійких чавунів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Вміст основних легуючих елементів у високохромистих зносостійких чавунах

Марка чавуну	Хімічний склад у масових, %			
	C	Mn	Cr	Ni
110X18Г2Н	1,09	1,99	18,33	1,28
300X18Г2Н	2,94	1,64	18,81	1,29
300X18Н2	2,93	0,77	18,09	1,39
300X28Н2	3,01	0,72	29,68	1,95
350X18Г5	3,56	5,71	17,44	0,14
350X20Г5Н2	3,33	5,53	19,73	2,69

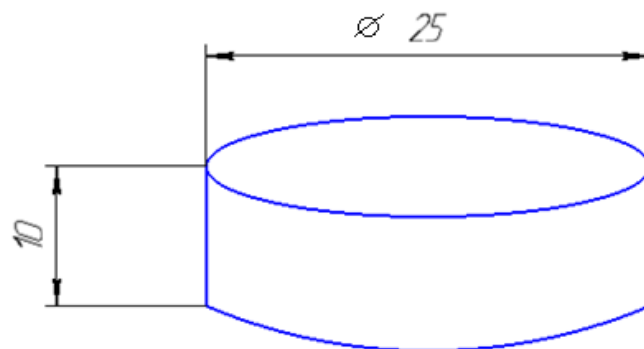


Рисунок 2.1 – Креслення циліндричного зразка для досліджень

Кожен зразок було позначено спеціальним символом для подальшої ідентифікації (рис 2.2). Проведено попередній замір ваги кожного зразка з точністю до другого знаку після коми. Точність виміру підтверджується трьома результатами зважування. Проведено вимірювання показників твердості HRC та HV.



Рисунок 2.2 – Приклади маркування зразків

## 2.2 Вимірювання показників твердості зразків

Методи вимірювання твердості.

Однією з найбільш поширених характеристик, що визначають якість металів і сплавів, можливість їх застосування в різних конструкціях і при різних умовах роботи, є твердість. Випробування на твердість виробляються частіше, ніж визначення інших механічних характеристик металів: міцності, відносного подовження і ін.

Твердістю матеріалу називають здатність чинити опір механічному проникненню в його поверхневий шар іншого твердого тіла. Для визначення твердості в поверхню матеріалу з визначеною силою вдавлюється тіло

(індентор), виконане у вигляді сталевий кульки, алмазного конуса, піраміди або голки. За розмірами одержуваного на поверхні відбитка судять про твердості матеріалу. Таким чином, під твердістю розуміють опір матеріалу місцевої пластичної деформації, що виникає при впровадженні в нього більш твердого тіла – індентора. У залежності від способу виміру твердості матеріалу, кількісно її характеризують числами твердості за Брінеллем (НВ), Роквеллом (HRC) або Віккерсом (HV).

Існує кілька способів вимірювання твердості, розрізняються за характером впливу наконечника. Твердість можна вимірювати вдавненням індентора (спосіб вдавлювання), ударом або ж за відскоку наконечника – кульки. Твердість, визначена дряпання, характеризує опір руйнуванню, по відскоку – пружні властивості, вдавненням - опір пластичної деформації. Твердість досліджуваних зразків вимірювалась на стандартному обладнанні. Результати вимірювань за шкалою HRC (Роквелл) приведені в таблиці 2.1. Вимірювання за шкалою HV (Віккерс) в таблиці 2.2 відповідно.

Таблиця 2.2 – Твердість зносостійких досліджуваних чавунів HRC

Марка чавуну	Твердість за Роквеллом, HRC			
	Без ТО	Відпал		Нормалізація
		ТО 690 °С 9 годин	ТО720 °С 9 годин	ТО 1050 °С 4,5 години
110X18Г2Н	34,1	43	51,3	44,5
300X18Г2Н	50,8	46	46,5	58
300X18Н2	51,2	43,5	37,7	61
300X28Н2	57,7	50	48,5	60,7
350X18Г5	50,5	50	53	49,3
350X20Г5Н2	47	56	55	43,3

Таблиця 2.3 – Мікротвердість металевої основи чавунів

Марка чавуну	Твердість за Віккерсом, HV <sub>50</sub>			
	Без ТО	Відпал		Нормалізація
		ТО 690 °С 9 годин	ТО720 °С 9 годин	ТО 1050 °С 4,5 години
110X18Г2Н	453	668	435	539
300X18Г2Н	519	504	445	774
300X18Н2	449	455	368	896
300X28Н2	517	587	538	1032
350X18Г5	480	710	740	600
350X20Г5Н2	458	693	657	617

2.3 Визначення кількості карбідів у відсотках, та вимірювання мікротвердості карбідів

Таблиця 2.4 – Мікротвердість карбідів в досліджуваних чавунах

Марка чавуну	Твердість за Віккерсом, HV <sub>50</sub>			
	Без ТО	Відпал		Нормалізація
		ТО 690 °С 9 годин	ТО720 °С 9 годин	ТО 1050 °С 4,5 години
110X18Г2Н	1190	1140	1130	1081
300X18Г2Н	1082	901	1037	1246
300X18Н2	1004	1039	1104	1407
300X28Н2	1492	1402	1519	2046
350X18Г5	1262	1265	1442	1040
350X20Г5Н2	1382	1814	1576	1410

Таблиця 2.5 – Кількість карбідів в чавунах у відсотках

Марка чавуну	110X18Г 2Н	300X18Г 2Н	300X18Н 2	300X28Н 2	350X18Г 5	350X 20Г5 Н2
Карбіди К, %	9,2	26,8	29,3	32,1	32,8	22,6

#### 2.4 Сутність експерименту

Основа експерименту полягає в тому, що досліджувані нами зразки були поміщені в експлуатаційні умови подібні до реальних умов роботи деталі. В якості установки для випробувань використовувався бетонозмішувач побутовий БРС – 130 (рис. 2.3).

На першому етапі дослідження досліджувані зразки в кількості 24 одиниць були поміщені в середину бетонозмішувача, попередньо завантаженого щебнем групи 1 (фракція від 5 до 10 мм ) ГОСТ 8267 – 93.

Досліджувані зразки перемішувались безперервно впродовж 400 годин. По закінченню експерименту зразки були розвантажені з чаші установки, з них було видалено за допомогою паперових рушників залишки пилу, та проведено контрольний вимір ваги.

На 2 етапі розділили на 2 частини 70 годин сухий абразив та 124,5 з додаванням води. Зразки були повторно поміщені в чашу бетонозмішувача, але в якості контр тіла використовували вже суміш електрокорунду нормального 14А ГОСТ 28818 – 90 шліфзерно FEPА F12 ГОСТ 3647 – 80 (розмір фракції 3.5 мм) (рис. 2.4), з водою технічною в пропорції 25 кг електрокорунду до 6 літрів води.



Рисунок 2.3 – Бетонозмішувач побутовий БРС – 130

Досліджувані зразки перемішувались в робочому середовищі 124,5 години до утворення пульпи. У процесі шліфування абразивна суспензія забруднюється частками скла, смол і металевим пилом від зношування зразків, зерна абразиву подрібнюються, утворюється так звана пульпа.



Рисунок 2.4 – Електрокорунд нормальний 14А ГОСТ 28818 – 90 шліфзерно FEPА F12 ГОСТ 3647 – 80



Результати дослідження дозволять зрозуміти як впливає на характер зношування те чи інше абразивне середовище. Як збільшується інтенсивність зношування з додаванням рідини до абразиву. Як такі критерії, як кількість карбідів, твердість, хімічний склад та термічна обробка впливають на здатність до опору зношуванню в умовах взаємодії зі зволженим абразивом. Та який критерій є ключовим для обрання найбільш ефективного сплаву в конкретних робочих умовах.

### 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ І ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ

3.1 Опис і аналіз результатів лабораторних і виробничих досліджень по визначенню властивостей матеріалів за розробленою методикою

В результаті експериментальних досліджень в експлуатаційних умовах подібних до реальних умов роботи деталі було отримано такі результати.

На першому етапі досліджень, коли в якості контр тіла застосовувався щебінь групи 1 (фракція від 5 до 10 мм ) ГОСТ 8267 – 93, а зразки перемішувалися в середовищі сухого абразиву було виявлено що впродовж 400 годин перемішування виділялась велика кількість пилу. Детальний огляд зразків абразиву показав, що значною мірою відбувається притуплення граней абразивних частинок, а також розтріскування їх до меншої фракції з подальшим притупленням граней абразивних частинок, це видно на (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Щебінь після випробування та початковий вигляд до випробувань

Водночас контрольне зважування зразків показало повну відсутність зносу. Інтенсивність зношування, що характеризується величиною  $[\text{г}/\text{м}^3 \cdot \text{год}]$  в цьому випадку дорівнювала 0. На інтенсивність зношування металів впливає ряд факторів: твердість металу і абразивних часток, форма, розміри і

вміст абразивних часток, тиск на плямах контакту і швидкість переміщення тіла, яке зношується.

У випадку взаємодії досліджуваних зразків з сухим абразивом виявилось, що твердість абразивних часток досить мала, в порівнянні з твердістю досліджуваних сплавів, крім того через притуплену форму та досить великий розміри абразивної частки, зношування зразків не відбувалося.

Перед початком другого етапу досліджень ємність бетонозмішувача була ретельно вимита та завантажена 25 кілограмами спеціального абразивного матеріалу електрокорунду нормального 14А ГОСТ 28818 – 90 шліфзерно FERA F12 ГОСТ 3647 – 80 (розмір фракції 2,8 мм). Зразки були поміщені в середовище, а бетонозмішувач запущено в роботу на 70 годин. Контрольне зважування зразків показало незначні показники зношування на рівні похибки вимірювального приладу, тому зроблено висновок, що досліджувані зразки чавунів в повній мірі витримують взаємодію з сухим абразивом, та не втрачають об'ємно-масових показників.

На третьому етапі було вивантажено відпрацьований абразив, та замінено новим такої ж фракції та марки, вагою 25 кілограмів та додано 6 літрів питної води. Зразки знов були поміщені до чащі бетонозмішувача та експеримент запущено по новому. По закінченню випробування,ке тривало 124,5 години зразки були вийняті, та відчищені від залишків пульпи та глинистих відкладень.

Контрольне зважування показало такі показники величини зносу (табл. 3.2), для більшого розуміння зведено в графік (рис. 3.2).

Таблиця 3.1 – Результати зношування зразків в середовищі вологого абразиву (електрокорунду)

Марка чавуну	Гідроабразивний знос I, ( г/м <sup>2</sup> ·год)			
	Без ТО	Відпал		Нормалізація
		ТО 690 °С 9 годин	ТО 720 °С 9 годин	ТО 1050 °С 4,5 години
110X18Г2Н	3,18	3,93	3,15	2,73
300X18Г2Н	4,11	6,75	5,14	3,05
300X18Н2	3,98	7,74	5,84	2,85
300X28Н2	3,02	6,84	3,92	2,66
350X18Г5	4,52	6,31	4,82	4,52
350X20Г5Н2	5,36	9,25	5,52	6,63

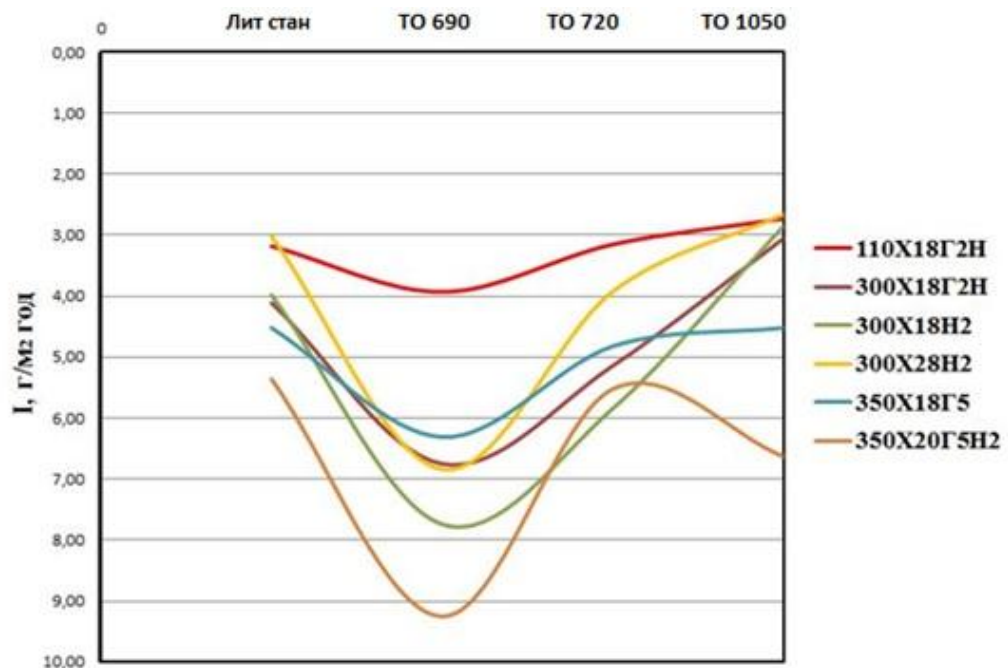


Рисунок 3.2 – Графік показників зношування досліджуваних зразків

Проаналізувавши результати дослідження можна зробити висновок, що наявність води в абразивному середовищі значно збільшує показники зносу в порівнянні з сухим абразивом. Водночас слід відмітити, що розмір фракції абразиву не здійснює вагомego впливу на зношування деталей з

досліджуваних чавунів. Тривалість випробувань також не є фактором, що впливає на зношування зразків, адже величину зносу вимірювали враховуючи часові показники в усіх випадках і величина зносу відображає втрату одиниці ваги на площині в продовж одиниці часу. Тож в усіх 3 експериментах які повторювали 3 рази показники зносу мали однакові значення. Враховуючи отримані значення можна зробити висновок, що ключовим фактором, що впливає на інтенсивність зношування є наявність води в абразивному середовищі, а отже окрім покращення різальної здатності за рахунок переміщення абразиву у воді, на величину зносу також впливає руйнуюча дія «ефекту Ребіндера» - перед інтенсивним руйнуванням передують пластичне деформування, в результаті якого мікротвердість сплаву збільшується до цілком певних для даного сплаву граничних значень. При цьому дефектність структури зростає, що зумовлює виникнення і подальший розвиток мікротріщин, які зливаючись утворюють замкнене коло і, як результат, під впливом розклинюючої дії середовища і потоку рідини відбувається відділення частки структурно-складової сплаву, що характеризуються як частка зносу [7].

«Ефект Ребіндера» – адсорбційне зниження міцності — зміна механічних властивостей твердих тіл внаслідок фізико-хімічних процесів, що викликають зменшення поверхневої (міжфазної) енергії тіла, що може призводити до деформації. У разі кристалічного твердого тіла, крім зменшення поверхневої енергії, для прояву «ефекту Ребіндера» важливо також, щоб кристал мав дефекти в структурі, необхідні для зародження тріщин, які потім під впливом середовища поширюються. У полікристалічних тіл такими дефектами є границі зерен. Проявляється у зниженні міцності і виникнення крихкості, зменшення довговічності, полегшення диспергування. Для прояву «ефекту Ребіндера» необхідні наступні умови: контактування твердого тіла з рідким середовищем та наявність розтягуючих напружень [8].

Основними характерними рисами, що відрізняють «ефект Ребіндера» від інших явищ, наприклад, корозії і розчинення, є наступні: швидка поява — негайно після контакту тіла з середовищем, достатньо мізерний обсяг діє на тверде тіло речовини, але тільки з супутнім механічним впливом, повернення тіла до початкових характеристик після видалення середовища не відбувається.

Таким чином, у випадку роботи з сухими сумішами спостерігається значно менший знос, а у випадку з зносостійкими чавунами, що нами досліджувались, при взаємодії з сухими сумішами масового зносу не було виявлено, проте в результаті додавання води, вже на початкових стадіях спостерігалось збільшення інтенсивності зношування, що підтверджує вплив «ефекту Ребіндера» на інтенсивність руйнування виробу в заданих експлуатаційних умовах.

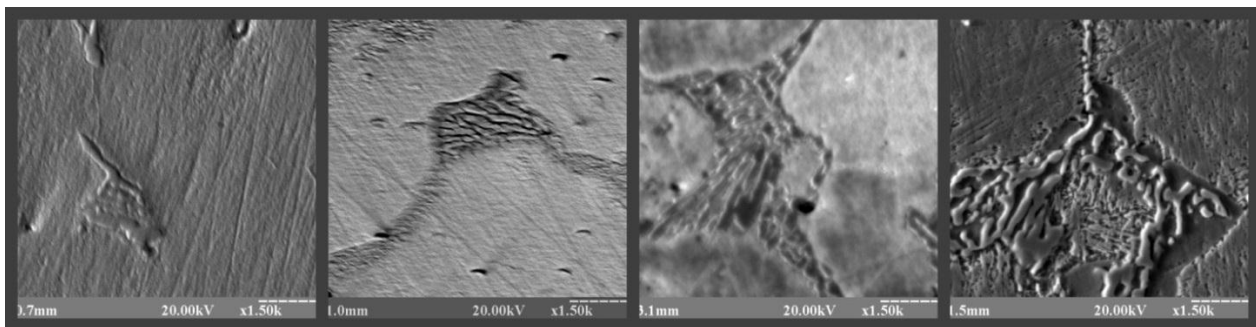
Чавун марки 300X28H2 за результатами досліджень показав найкращі показники зносостійкості в порівнянні з іншими зразками, практично такі ж але трохи менші показники показав чавун марки 110X18Г2Н, причому обидві марки чавунів показали такі результати, як в литому стані так і незначною мірою більша зносостійкість була досягнута після нормалізації впродовж 4,5 годин за температури 1050 градусів.

Однак порівнявши хімічний склад обох сплавів прямої залежності показників зносостійкості з наявністю тих чи інших хімічних елементів не виявлено, також не доведено вплив значення твердості, наявність та кількість карбідів на показники стійкості до зносу. Це пояснюється тим, що в порівнянні з 3,01 % С для чавуну марки 300X28H чавун марки 110X18Г2Н містить всього 1,09 % С, також вміст хрому для чавуну 300X28H в 2 рази перевищує вміст того ж елемента в чавуні марки 110X18Г2Н. Окрім того вміст карбідів в марці чавуну 300X28H, в 3 рази більше ніж в чавуні 110X18Г2Н. Показники твердості також, ми не маємо права вважати головними критеріями оцінки здатності опору зношуванню, адже велика різниця твердості після нормалізації 4,5 години 1050 °С, для чавуну

300X28H2 твердість рівна 60,7 HRC, а для чавуну 110X18Г2Н твердість дорівнює 44,5 HRC, однак стійкість до зношування при цьому знаходиться приблизно на одному рівні.

### 3.2 Визначення властивостей досліджуваних матеріалів за результатами досліджень

Для більш наочного розуміння результатів досліджень пропонуємо ознайомитися з мікрофотографіями структур чавунів при різних режимах термообробки та у литому стані та порівняльними стовпчастими діаграмами властивостей досліджуваних чавунів отриманих експериментальним шляхом.



а

б

в

г

а – литий стан; б – відпал  $690^{\circ}$  9 год; в – відпал  $720^{\circ}$  9 год; г – нормалізація  $1050^{\circ}$  4,5 год

Рисунок 3.3 – Мікрофотографії структури чавуну марки 110X18Г2Н

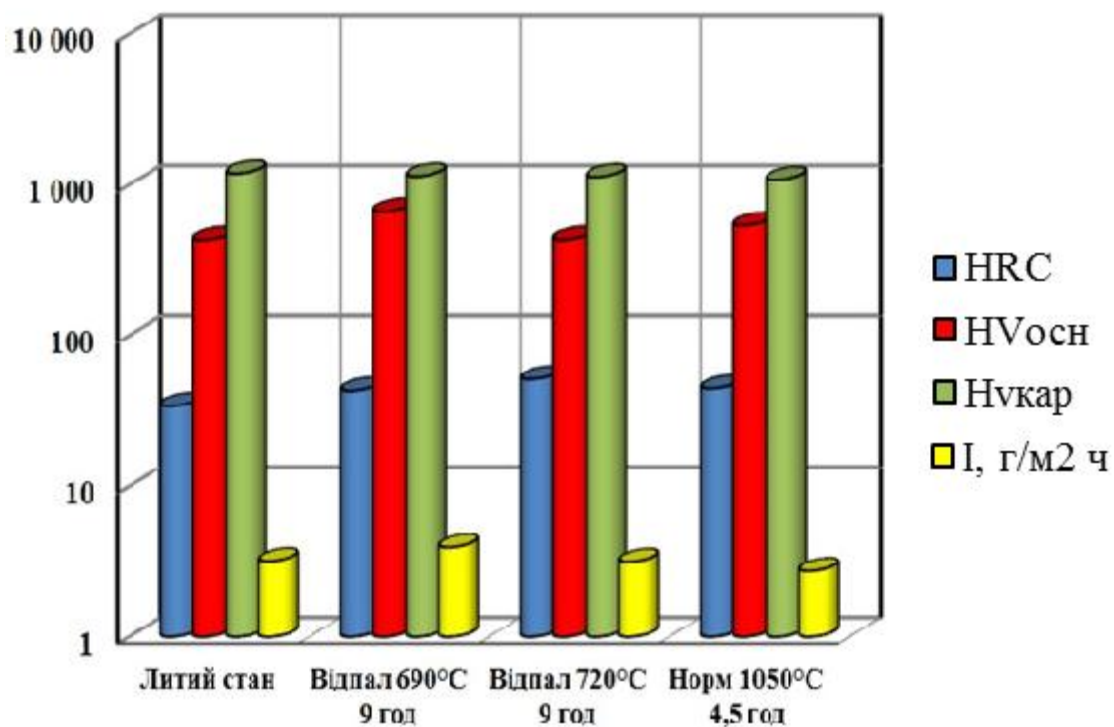
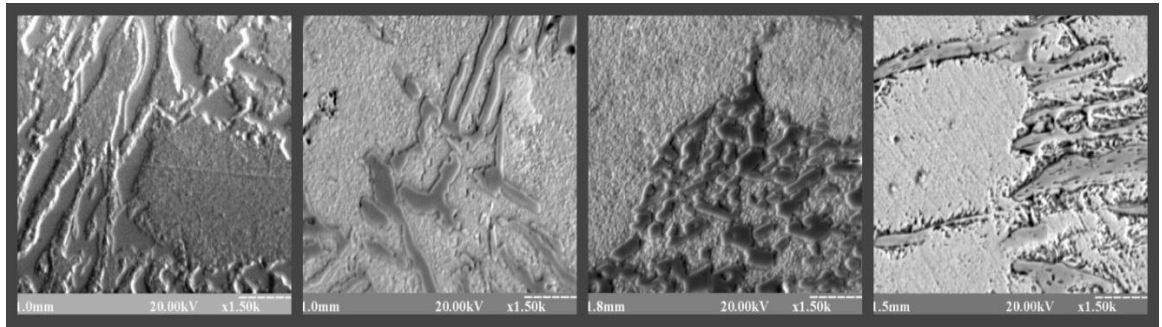


Рисунок 3.4 – Стовбчаста діаграма властивостей чавуну марки 110X18Г2Н





а

б

в

г

а – литий стан; б – відпал  $690^{\circ}$  9 год; в – відпал  $720^{\circ}$  9 год; г – нормалізація  $1050^{\circ}$  4,5 год

Рисунок 3.5 - Мікрофотографії структури чавуну марки 300X18Г2Н

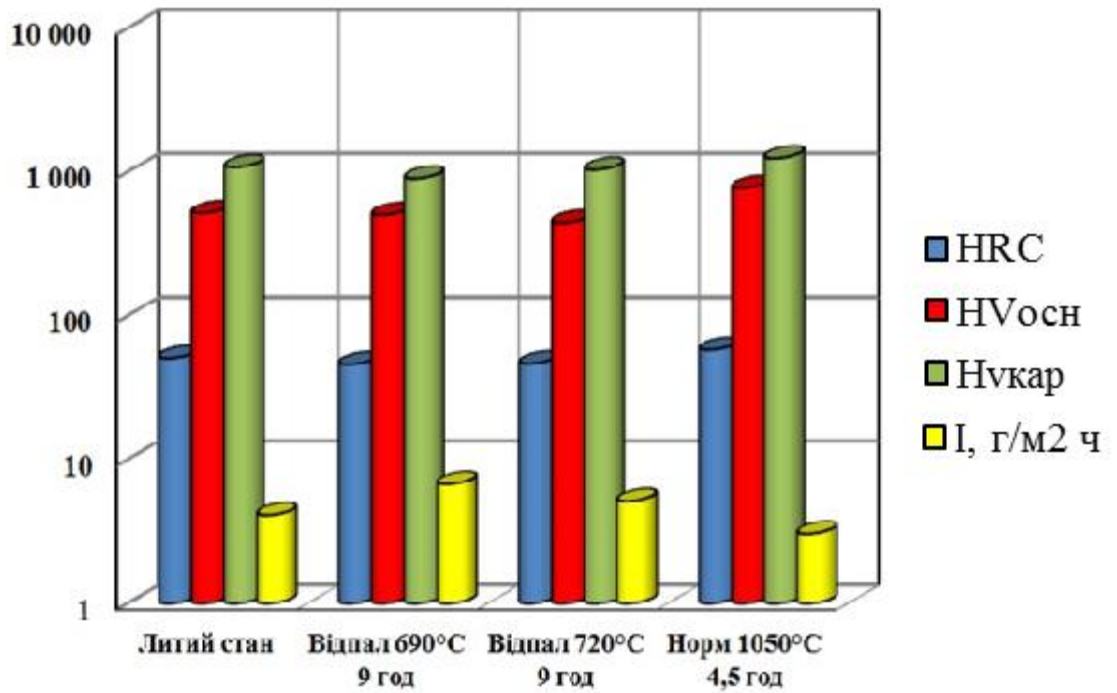
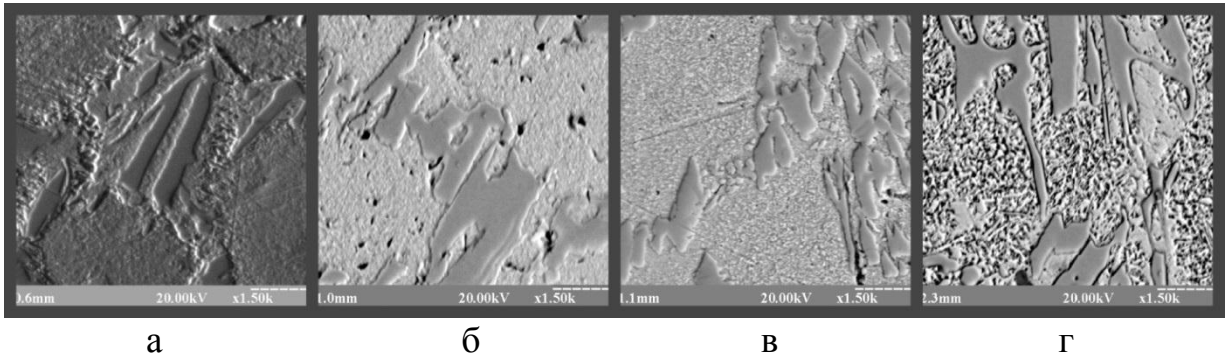


Рисунок 3.6 - Стовбчаста діаграма властивостей чавуну марки 300X18Г2Н



а – литий стан; б – відпал 690° 9 год; в – відпал 720° 9 год; г – нормалізація 1050° 4,5 год

Рисунок 3.7 - Мікрофотографії структури чавуну марки 300X18H2

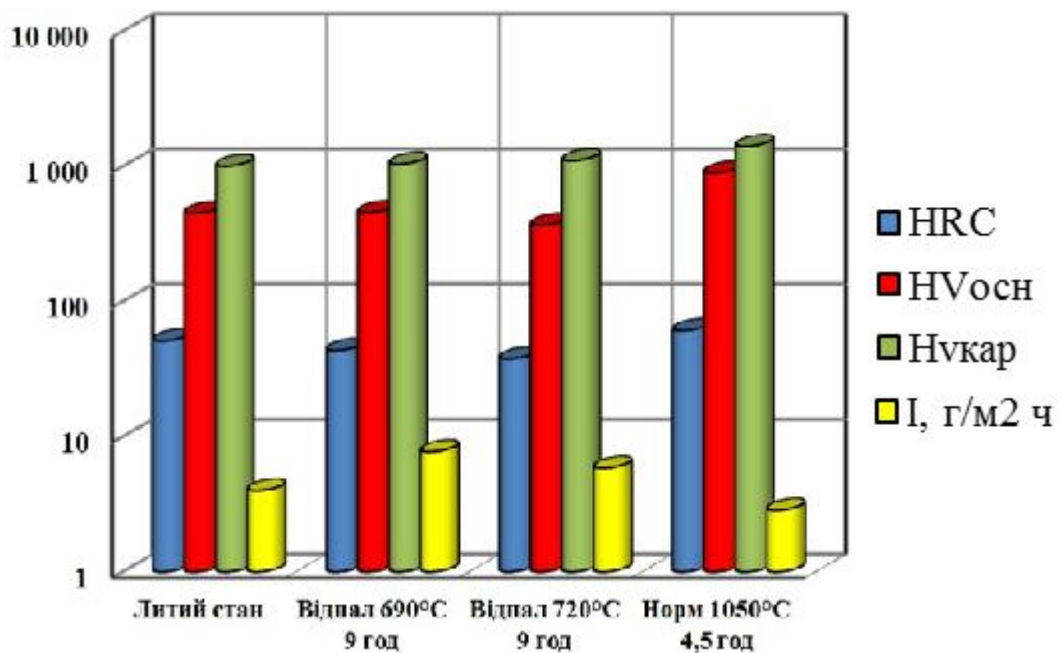
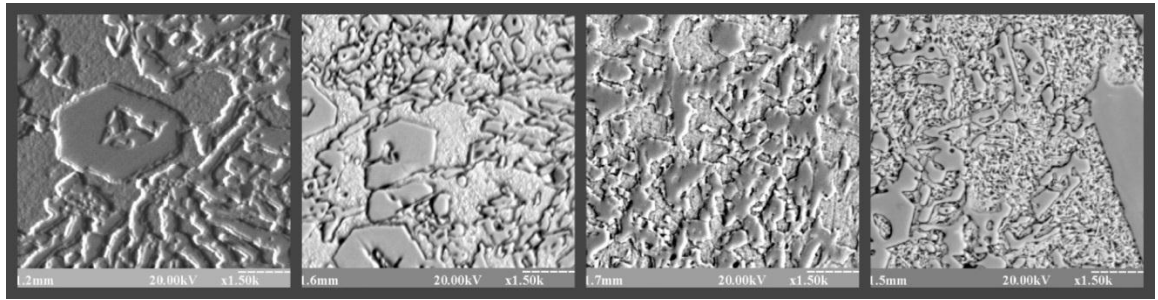


Рисунок 3.8 - Стовбчаста діаграма властивостей чавуну марки 300X18H2



а

б

в

г

а – литий стан; б – відпал 690° 9 год; в – відпал 720° 9 год; г – нормалізація 1050° 4,5 год

Рисунок 3.9 - Мікрофотографії структури чавуну марки 300X28H2

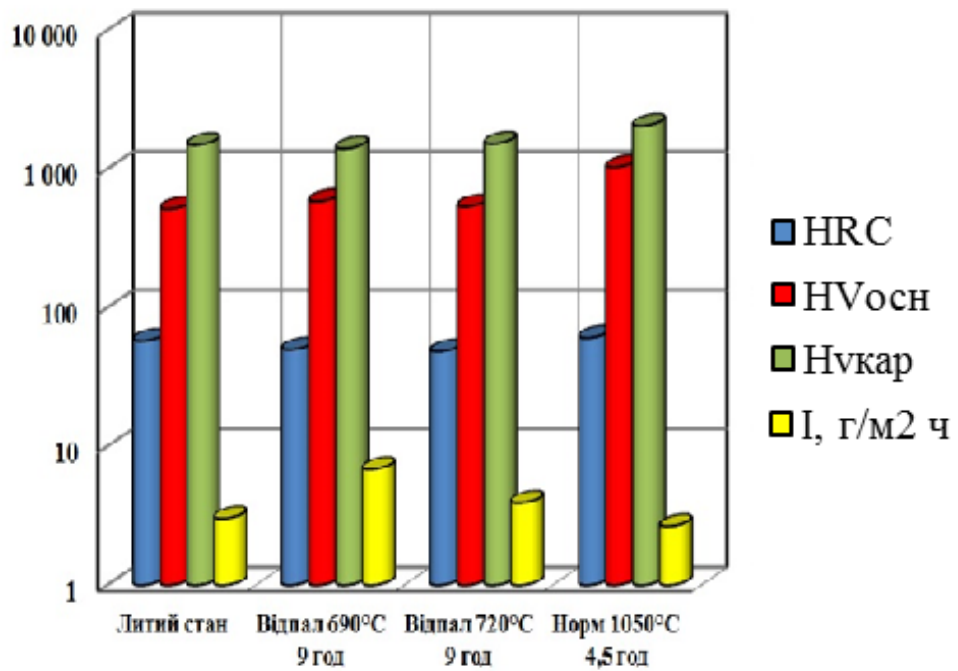
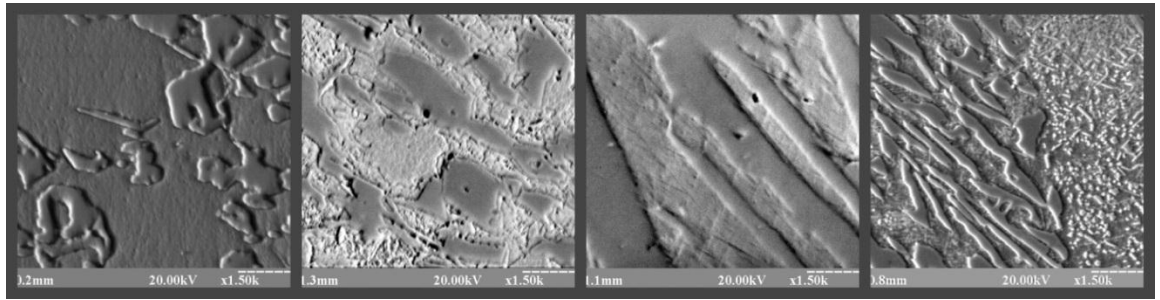


Рисунок 3.10 - Стовбчаста діаграма властивостей чавуну марки 300X28H2



а

б

в

г

а – литий стан; б – відпал 690° 9 год; в – відпал 720° 9 год; г – нормалізація 1050° 4,5 год

Рисунок 3.11 - Мікрофотографії структури чавуну марки 350X18Г5

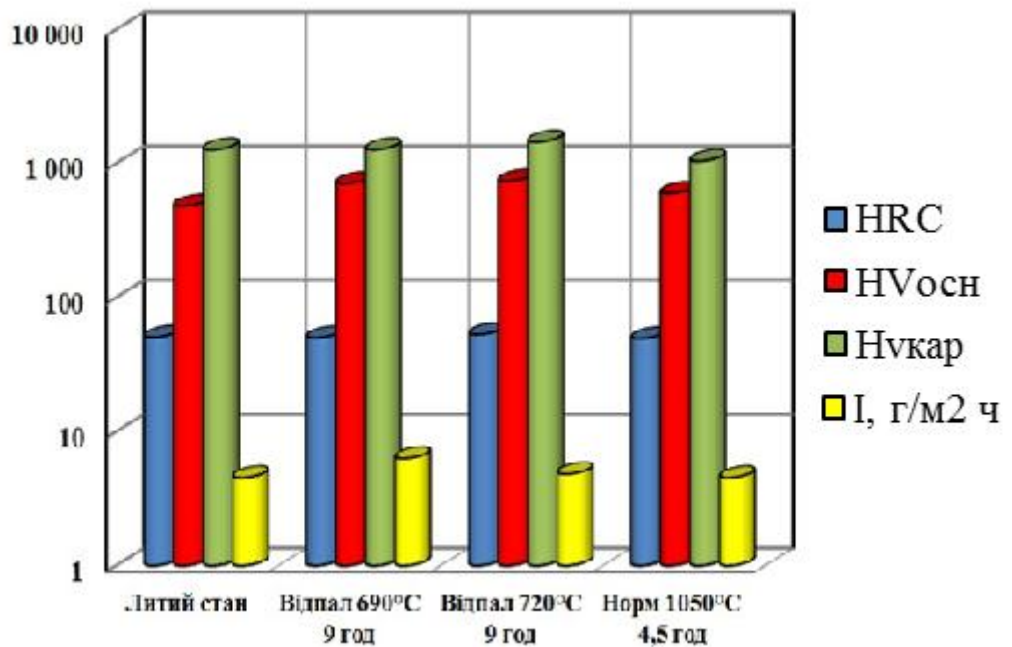
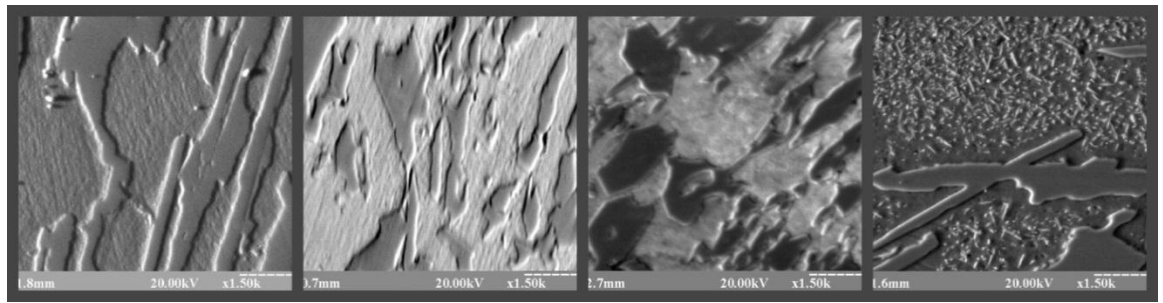


Рисунок 3.12 - Стовбчаста діаграма властивостей чавуну марки 350X18Г5



а

б

в

г

а – литий стан; б – відпал 690° 9 год; в – відпал 720° 9 год; г – нормалізація 1050° 4,5 год

Рисунок 3.13 - Мікрофотографії структури чавуну марки 350X20Г5Н2

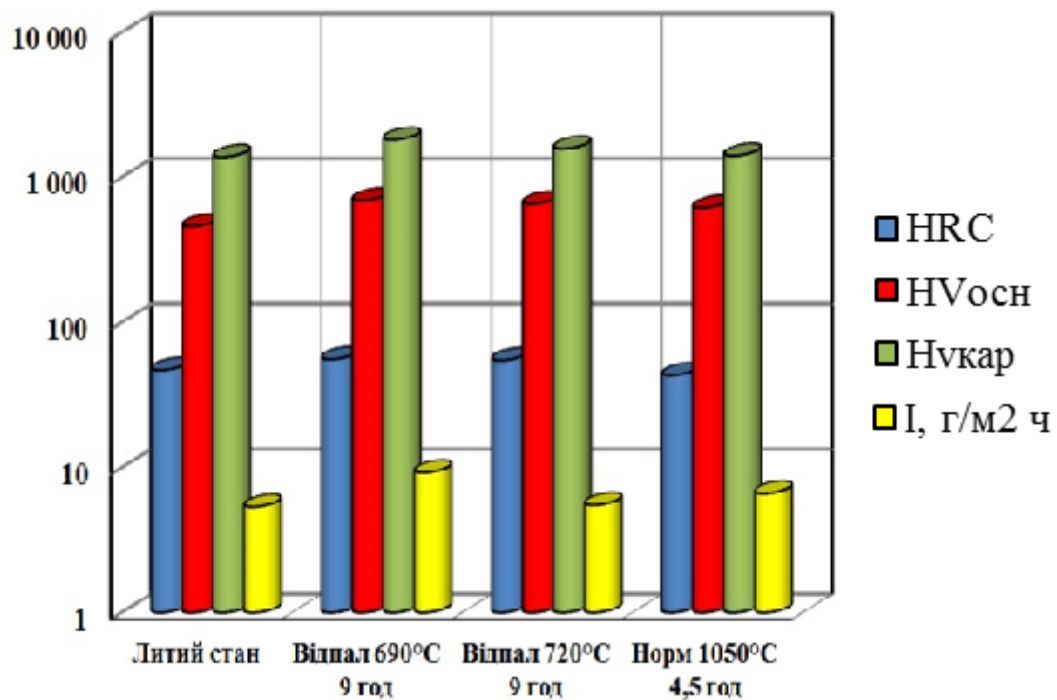


Рисунок 3.8 - Стовбчаста діаграма властивостей чавуну марки 350X20Г5Н2

Отже, отримавши конкретні дані, та розуміючи механізм руйнування та зношення поверхонь нами обрано 2 марки чавуну, що можуть збільшити строк експлуатації виробу в десятки разів. Це чавуни марок 300X28Н та

проводиться спеціальна термічна обробка, а потім відновлюють їх властивості.

Основними видами термічної обробки високохромистих чавунів є відпал і нормалізація. ГОСТ 7769 – 82 [1] регламентує режими термічної обробки цих сплавів. Для зниження твердості і поліпшення оброблюваності різанням виливків рекомендується проведення відпалу (високого відпуску) при 963...1023 (690...750 °С) з витримкою протягом 6...12 годин з подальшим охолодженням з піччю, а для підвищення твердості нормалізація від 1323...1373 До (1050...1100 °С) з витримкою 1...2 години. Багатьма дослідниками [12, 13] були проведені роботи по розробці ефективних режимів термічної обробки комплексно легованих чавунів. Однак ці режими вимагають значних енерговитрат і не завжди призводять до значного покращення властивостей [14]. Так і у випадку з чавунами марок 110X18H2 марганець, володіючи великим спорідненістю до вуглецю, заміщує залізо в цементиті та карбіді хрому, при цьому утворюються карбіди хрому леговані марганцем, за рахунок чого досягаються високі показники зносостійкості у умовах гідроабразивного зношування. Водночас чавун марки 300X28H2 має високу твердість основи, та високу концентрацію карбідів хрому та заліза. Твердість карбідів також досягає найбільших значень серед досліджуваних зразків, а структура має пластинчаті включення графіту, та крім того за рахунок високого вмісту хрому чавун відбілюється та має високі показники корозійної стійкості та стійкості до гідроабразивного зносу, що підтверджується нашими дослідженнями.

Також результати досліджень вказують на те, що ці чавуни при відпалюванні 690° та 720° С, значною мірою втрачають стійкість до опору гідроабразивному зношенню, однак після ТО нормалізації 1050°С обидва зразки покращують незначною мірою показники опору зношуванню.

Спираючись на роботу Ребіндера П. А. [8], можна зробити висновок, що показники стійкості до гідроабразивного зношування ростуть через те, що після ТО нормалізації структура поверхні стає більш однорідною, та

зменшується дефективність, що протистоїть потраплянню рідини в порожнини поверхні, що дозволяє зменшити ступінь руйнації за рахунок дії «ефекту Ребіндера». Однак показники нормалізованого сплаву відрізняються від вилівка незначною мірою, тому можна знехтувати енергоємною ТО, та застосовувати деталі у відлитому стані.



## 4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКІ РОЗРОБКИ

Наплавленням називається процес нанесення одного розплавленого металу (званого присадним) на поверхню іншого (званого основним). При цьому основний метал також розплавляється на невелику глибину для утворення гомогенного з'єднання. Мета наплавлення може бути різною: відновлення втраченої геометрії деталі або додання їй нової форми, утворення поверхневого шару із заданими фізико-механічними властивостями, такими як підвищена твердість, зносостійкість, антифрикційність, корозійна стійкість, жаростійкість та ін), зміцнення наплавленням.

Наплавлення можна проводити на будь-які поверхні - плоскі, конічні, циліндричні, сферичні. У великих межах може змінюватися і її товщина - від кількох часток міліметра до сантиметра і більше.

В основі технологія наплавлення схожа з технологією зварювання. Перед нею стоять ті ж завдання, що і перед зварюванням - захист наплавленого металу від газів, що містяться в повітрі, одержання щільного, без пор, тріщин і сторонніх включень металу шва.

При наплавленні слід дотримуватися основні принципи, які полягають у низці вимог:

- необхідно прагнути до мінімального проплавленню основного металу;
- повинно бути як можна менше перемішування наплавленого металу з основним;
- потрібно намагатися досягти мінімальних залишкових напружень і деформацій в деталі. Це вимога багато в чому забезпечується дотриманням двох попередніх;



- необхідно знижувати до прийнятних значень припуск на подальшу обробку деталі. Кажучи іншими словами, потрібно наплавляти металу рівно стільки, скільки необхідно, і не більше.

#### 4.1 Технологія відновлення лопаті бетонозмішувача СБ 138Б 63.000

Процес відновлення лопаті бетонозмішувача веде за собою ряд завдань, таких як: відновлення втраченої геометрії деталі, утворення поверхневого шару із заданими фізико-механічними властивостями, такими як підвищена твердість, зносостійкість.

Через те, що відпрацьовані лопаті мають високі показники зносу відновлення деталі проходитиме в 2 етапи: спочатку відновлення втраченої геометрії деталі шляхом ручного електродугового наплавлення на стандартному обладнанні, а потім наплавлення спеціального зносостійкого шару методом індукційного наплавлення. Такий комбінований принцип відновлення матиме доцільність, так як за рахунок РДН ми досягнемо відновлення критичної втрати геометрії, що дасть нам економію дорогої суміші порошку, що застосовуватиметься на 2 етапі відновлення. А за рахунок індукційного наплавлення вдасться отримати шар зносостійкого матеріалу товщиною близько 5 мм.

Спираючись на результати досліджень найкращі показники стійкості до зношування в умовах гідроабразивного зносу показали 2 види досліджуваних чавунів. Це такі марки зносостійких чавунів, як: 110X18Г2Н, та 300X28Н2. Високі показники зносостійкості показали як відливки у вихідному стані, так і після ТО нормалізації впродовж 4,5 годин.

Порівняльний аналіз чавунів на основі літературних даних [14], цих марок показав, що чавун марки 110X18Г2Н має задовільні показники

обробки різанням, в порівнянні з важкооброблюваним чавуном марки 300X28H2. Це досягається за рахунок меншої кількості карбідів у сплаві, а також завдяки меншій мікротвердістю основи та карбідів. Чавун марки 300X28H2 має погану оброблюваність, однак показники зносостійкості вищі, ніж у чавуну 110X18Г2Н. Тому виходячи з того, що перед нами стоїть завдання та отримати шар наплавленого металу з найкращими властивостями стійкості в умовах гідроабразивного зношування з дією «ефекту Ребіндера», нами обрано присадний матеріал у вигляді суміші порошку для наплавлення марки ПС – 15 – 30 ТУ 48-19-122-74 [15], що має тип наплавленого металу 300X28С3Н2ГДР, та такі властивості: хімічний склад зазначений в (табл. 4.1), гранулометричний склад флюсу (табл. 4.2). Наплавлений шар володіє високою зносостійкістю в умовах абразивного та гідроабразивного зношування, понижений супротив до ударів. Застосовують для наплавлення лап культиваторів, лемехів плугів та ін. Для наплавлення суміші порошку ПС 15 – 30 застосовують технологію індукційного наплавлення ТВЧ, що забезпечує отримання високих показників міцності, які набуває оброблена деталь, та точність отриманих форм, що дозволяє отримувати бажаний шар зносостійкого покриття без подальшої механічної обробки.

Таблиця 4.1 – Хімічний склад суміші ПС 15 – 30, %.

Fe	C	Cr	Mn	Si	Ni	Cu	B
основа	2,3 – 3,8	до 28	до 1,3	2,5 - 4	1,3 - 3	0,95 – 1,88	0,3 – 0,53

Таблиця 4.2 – Гранулометричний склад флюсу.

Величина частинок, мм	Залишок на ситі, %		Проходження через сито, %	
	Номер сітки по ГОСТ 6613 – 73			
	1,25	1	1,25	1
Не більше 1,25	Не більше 5	-	Не менше 95	-
Не більше 0,5	-	Не більше 5	-	Не менше 95

У сучасній металообробній промисловості часто використовується технологія індукційного наплавлення, яка дозволяє досягти високого рівня міцності готового виробу.

Суть методу індукційного наплавлення полягає в тому, що деталь, що підлягає наплавленню, поміщають в електромагнітне поле, створюване індуктором, що живиться струмом високої частоти. У масі деталі накопичуються вторинні змінні, які розподіляються по поверхні рівномірно, нагріваючи її при цьому. Після прогрівання металу вище точки Кюрі (768 °С), глибина проникнення струмів збільшується до 20 разів, що приводить до рівномірного розподілу температури в металі.

Далі деталь і розплавлений метал нагрівають до плавлення і з'єднуються. Щоб уникнути окислення, підвищити якість сплавлення металів, використовують флюси.

Індукційне наплавлення виконується найчастіше з використанням шихти, що складається з порошку металу, який буде наплавлятися, порошкоподібного флюсу і добавок. Наплавлення зносостійкого матеріалу можлива тільки за умови, що флюс відповідає певним критеріям: надійний захист рідкого металу від навколишнього середовища, без внесення змін до хімічного складу наплавленого металу; та заданою температурою плавлення.

Крім використання порошкової шихти, індукційне наплавлення може виконуватися наступними методами:

- армування поверхневого шару основного металу з допомогою тугоплавкої присадки;
- заливка присадного металу в рідкій формі на розігріту основу;
- розплавлення металу (в брикетах або монолітного), який буде наплавлятися на основу;
- занурення розігрітої деталі в форму, в якій знаходиться наплавлюваний метал;
- відцентрова наплавлення (для деталей циліндричної форми).

Слід зазначити, що застосування шихти в якості присадного матеріалу є найбільш поширеним методом індукційного наплавлення.

#### 4.2 Відновлення втраченої геометрії деталі шляхом ручного електродугового наплавлення на стандартному обладнанні

Для відновлення втраченої геометрії застосовують технологію ручної електродугового наплавлення покритим електродом. В розділі 1.3 було проведено розрахунок попереднього підігріву для сталі 50Л, і дорівнює вона 115 °С.

Основною перевагою ручного дугового наплавлення є простота і універсальність методу, можливість виконання складних наплавочних робіт у важкодоступних місцях. До недоліків відносять низьку продуктивність, загазованість у місці виробництва робіт, складність отримання необхідної якості наплавленої поверхні.

Наплавлення плавким електродом ведуть за тією ж технологією, що і звичайну зварювання. Перед наплавленням поверхню ретельно зачищають, стежачи особливо за тим, щоб не залишилося жирових плям і корозії. Електроди підбирають, виходячи з умов експлуатації поверхні, що підлягає наплавленню. Для цього застосовують як звичайні зварювальні електроди, призначені для зварювання легованих сталей, так і спеціальні електроди для наплавлення, що володіють заданими властивостями.

Для наплавлення на поверхню металу наносять зварювальні валики, покриваючи всю площину шаром наплавленого металу. Валики наносять почергово, перекриваючи попередній на  $\frac{1}{3}$  його ширини. Для того щоб збільшити ширину валиків, їх можна накладати поперечними коливаннями, так само як це роблять для збільшення зварювального шва. Валики можна накладати і з деякими проміжками один від іншого, з подальшою

наплавленням валиків в проміжках. Проміжні валики накладають після зняття шлаку з раніше накладених валиків і ретельної їх зачистки.

На відміну від сполучної зварювання, наплавлення має деякі особливості, пов'язані з тим, що хімічний склад наплавленого металу істотно відрізняється від хімічного складу основного металу. Виходом зі сформованої ситуації може служити ретельний підбір складу покритих електродів, які здатні створити необхідну структуру і хімічний склад наплавленого шару.

В якості зварювального матеріалу рекомендуємо застосовувати електроди ОЗШ – 3 ГОСТ 9566 – 75. Хімічний склад яких подібний до складу основного металу.

Наплавлення в нижньому і вертикальному положеннях постійним струмом зворотної полярності.

Коефіцієнт наплавлення – 9,5 г/А год

Продуктивність наплавлення – 1,3 кг/год.

Витрати електродів на 1 кг наплавленого металу – 1,7 кг.

Для РДН покритим електродом застосовують зварювальний апарат інверторного типу Fronius TransPocket 5000 (рис 4.1).



Рисунок 4.1 – зварювальний апарат інверторного типу Fronius TransPocket 5000

Таблиця 4.3 – Технічні дані пристрою Fronius TransPocket 5000

Зварювальний струм, min	від 10 А
Зварювальний струм, max	до 480 А
Напруга мережі при 50/60 Гц	380 В
ПВ 480 А	40%
ПВ 415 А	60%
ПВ 360 А	100%
Діаметр електрода	1,6-6,0 мм
Габарити д/ш/в, маса кг	625x290x475 мм, 37,0 кг

Орієнтовні параметри режиму наплавлення електродом ОЗШ – 3 наведені в ( табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Параметри і режими ручного дугового наплавлення

Розмір електродів		Струм, А	
		Положення наплавленої поверхні	
Діаметр	довжина	нижнє	Вертикальне
2,5	300	90 – 110	70 – 90
3	350	110 – 130	90 – 110
4	450	130 – 150	110 – 130
5	450	160 – 180	130 – 150

Ця технологія дешева в порівнянні з технологією індукційного наплавлення, однак має ряд недоліків, такі як: висока доля участі основного металу, наявність дефектів в структурі наплавленого металу, які як правило не впливають значною мірою на властивості деталі, однак за результатами дослідження стало відомо, що структура поверхні значною мірою впливає на знос в результаті дії «ефекту Ребіндера» тому виникає необхідність

нанесення поверхневого шару, що максимально буде опиратися такому механізму зношування.

#### 4.3 Опис пристрою та принципу роботи обладнання для відновлення деталі за технологією індукційного наплавлення

Установка для індукційного наплавлення складається з наступних елементів:

- генератор ТВЧ;
- індуктор (одновитковий або багато витковий);
- конденсаторна батарея;
- лінія передачі струму від генератора ТВЧ до індуктора;
- система водяного охолодження;

Деталь що підлягає нагріву поміщується всередину індуктора чи біля нього. Змінне магнітне поле індуктора викликає появу вихрових струмів в деталі, в результаті чого відбувається її нагрів. Всі струмоведучі елементи установки виготовляються з чистої міді, задля досягнення високого ступеню електропровідності.

Технологічний процес індукційного наплавлення складається з наступних операцій:

- 1) видалення поверхневих дефектів і забруднень із зачищенням поверхні що підлягає наплавленню до металевого блиску;
- 2) нанесення на поверхню що підлягає наплавленню порошкового матеріалу в суміші з флюсом на задану товщину;
- 3) установка деталі в індуктор, включення генератора на робочий режим і проведення наплавлення;
- 4) при необхідності механічна обробка деталі після охолодження.

Перед наплавленням порошок змішують з флюсом і сушать в печі при температурі 100-150 °С протягом 35-40 хв. Співвідношення флюсу і порошку в суміші встановлюють в залежності від вимог, що пред'являються до відновленої поверхні деталі. Грануляція порошку повинна знаходитися в межах 150-250 мкм.

Індукційним способом допускається наносити шари металу товщиною до 5 мм при наплавленні, до 3 мм - при зміцненні. Товщина шару наплавленого металу становить 1/3 від початкової висоти насипного шару порошкової суміші.

При природному охолодженні деталі шлакова кірка повинна відокремитися від наплавленого металу мимовільно. Наплавлена поверхня повинна мати сріблясто-матовий колір і бути без дефектів (тріщин, непроварів, раковин, скупчень пор та ін). Нерівності і напливи зачищають шліфувальним колом.

При великому зносі відновлювану поверхню деталі дозволяється спочатку наплавляти металом, що має невелику твердість, одним з дугових способів з наступною механічною обробкою поверхні і її зміцненням індукційної наплавленням або нанесення спеціального складу порошку для отримання зносостійкого шару.

Завдання полягає в отримання поверхневого шару з властивостями необхідними для встановлених режимів роботи.

В даний час незважаючи на невпинний розвиток технологій зварювання та наплавлення достеменно не відомо про наявність діючих установок по відновленню лопатей бетонозмішувача за даною технологією. Однак аналіз літературних джерел показав, що подібна технологія застосовувалась І. А. Смирновим та А. І. Жабиным для індукційного наплавлення лап культиватора ( АС 162210).

Змінивши конфігурацію форми трафарету ложементу під конкретну деталь (лопать бетонозмішувача СБ 138Б 63.000) вдасться модернізувати дану установку для відновлення деталей заданої конфігурації. Креслення



установки, зі зміненою формою трафарету ложементу зображено на (рис. 4.2). Ціль винаходу – зменшення розходу шихти досягається оснащенням установки встановленими на осі 9, важелями 11, з опорами 12. На опорах 12 встановлені циліндричні обичайки 13, з конфігурацією копіювання зони що підлягає наплавленню вирізами 15, з радіальними виступами. При цьому дозатори 7, встановлені на важелях 10 з спроможністю повороту на осі 9 станини 1, та взаємодія з внутрішньою поверхнею циліндричної обичайки 13. При переміщенні транспортера 2, деталі 5 взаємодіють з радіальними виступами циліндричної обичайки 13 та повертають її, здійснюючи насип шихти на деталь через вирізи 15 та 6. Установка для індукційного наплавлення включає в себе: станину 1 з цепним вертикально замкнутим транспортером 2, що мають поперечні ложементні канавки 3 в ланках ланцюга для розміщення в них лопатей що підлягають наплавленню 4. По обидва боки транспортера 2 встановлені центратори 5, для центрування лопатей відносно подовжньої осі. Бункери 6 є дозаторами 7 для подачі шихти та подвійний індуктор 8, прохідного типу для розплавлення шихти [20].

Індукційне наплавлення виконувалася з одностороннім нагрівом, тобто у зовнішнє поле індуктора. Деталь розташовувалася під індуктором, перед наплавленням її попередньо прогрівали до температури 250-300 °С.

Наплавлення виконували при струмі 12 А, напрузі 10 кВ, частотою 14000 Гц. На конфігурацію деталі наплавляли шар сплаву. Товщина одного шару наплавлення становила 3 – 5 мм. Рівномірність товщини наплавлення залежить від рівномірності насипання шихти, стабільності процесу плавлення і величини електромагнітного тиску поля індуктора на розплавлений метал. У процесі охолодження зразка відбувалося самовідокремлення шлаку.

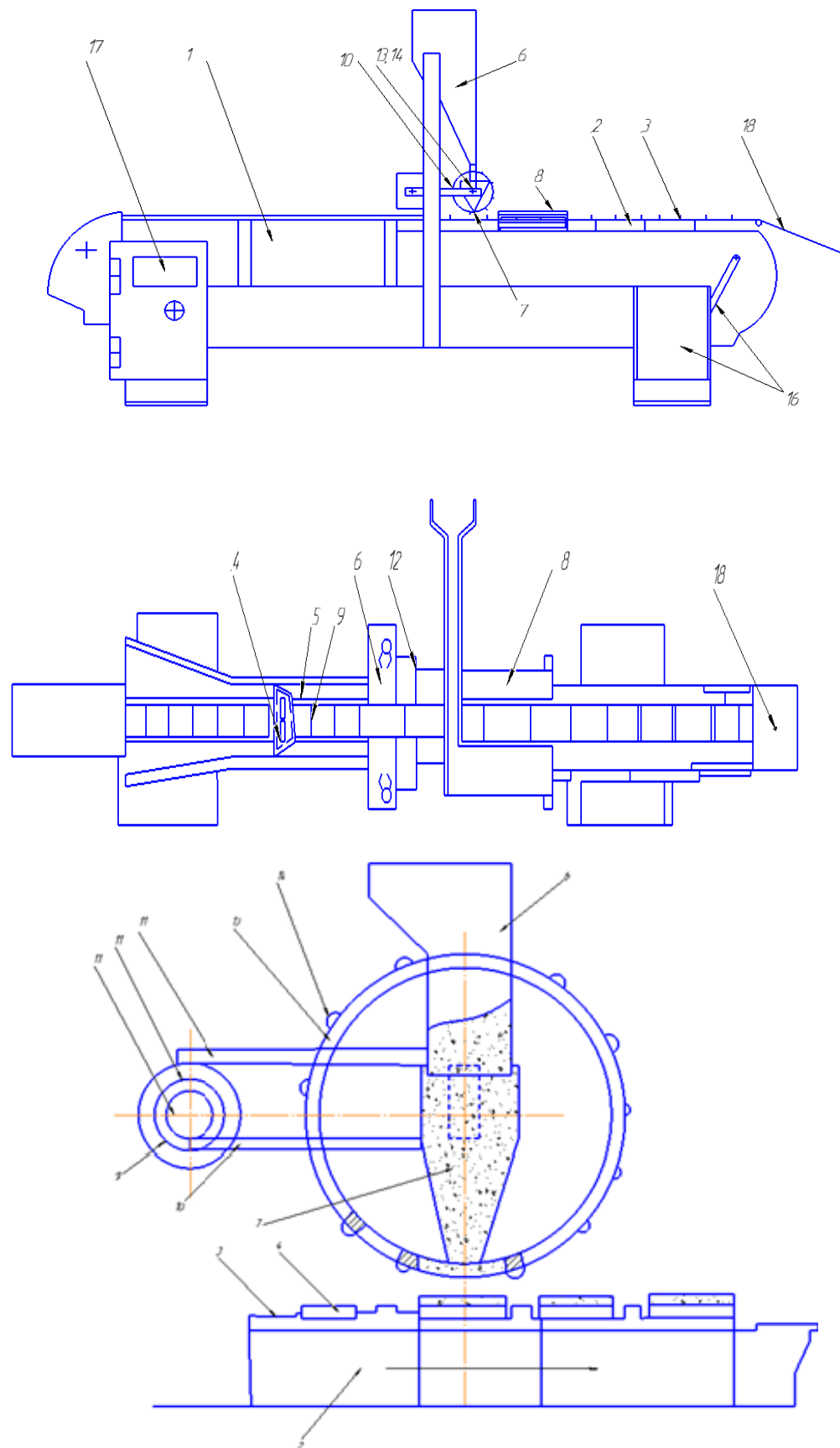


Рисунок 4.2 – Установка для індукційного напівлення лопаті бетонозмішувача

## 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ДІЛЯНИЦІ

Важливим етапом в проектуванні технологічного процесу складально – зварювальних робіт є проектування ділянки цеху, в якому проводиться проектована обробка [22].

Основними вимогами при проектуванні ділянки є наступні: зручність підходів до технологічного обладнання, можливість ремонту будь-яких частин технологічного обладнання, розміщення персоналу, правильне розташування технологічних установок і місць складування заготовок один відносно одного, безпека персоналу під час роботи установок.

Також важливою частиною проектування ділянки є проектування систем вентиляції, місцевого електропостачання, газопостачання та водопостачання.

Також на ділянці цеху необхідно передбачити місця для куріння персоналу і місця для відпочинку.

Важливим етапом при проектуванні ділянки цеху є правильне проектування місць установки вікон, що забезпечує природне освітлення на робочому місці.

Особливістю проектування ділянки цеху в даній роботі є те, що індукційне опромінювання та ультрафіолетове випромінювання може бути небезпечно для людини. Тому цех спроектований так, щоб уникнути можливого впливу опромінювання установки індукційного наплавлення та ультрафіолетового випромінювання від установки для ручного дугового наплавлення на персонал безпосередньо. Для цього в цеху рекомендується встановити захисні огороження, а також на всіх підходах до цієї ділянки, цеху встановити попереджувальні знаки.

## 5.1 Організація ділянки відновлення лопаті бетонозмішувача

У даному розділі дипломного проекту необхідно надати технічне нормування операцій, виробничу програму і її матеріальне забезпечення. Розрахувати ефективний (дійсний) фонд часу роботи обладнання, необхідну кількість обладнання та чисельність персоналу ділянки.

### 5.1.1 Технічне нормування операцій

Нормування операції ручного дугового наплавлення здійснюється згідно наступного співвідношення:

$$T_{\text{рдн}} = t_{\text{осн}} + t_1 \cdot k = 83 + 1,5 \cdot 1,13 = 85 \text{ хв} = 1,42 \text{ год.}, \quad (5.1)$$

де  $t_{\text{осн}}$  – основний час операції ручного дугового наплавлення;

$t_1$  – час, потрібний на встановлення, закріплення та зняття лопаті з кондуктора;

$k$  – коефіцієнт, який враховує витрати часу на природні потреби робітника, відпочинок та обслуговування робочого місця

Для визначення часу, необхідного на виконання операції РДН 1 лопаті бетонозмішувача, потрібно розрахувати масу покриття  $m_{\text{покр}}$  (кг) та продуктивність процесу (кг/год).

$$H_{\text{напл}} = 5 \text{ мм} = 0,005 \text{ м};$$

$$\rho_{\text{метал}} = 7810 \text{ кг/м}^3;$$

$$S_{\text{зовн}} = S_{\text{пов}} - S_{\text{отв}} \times 2 = 0,0502 - 0,00352 = 0,0467 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{пов}} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 0,0032 + 0,01 + 0,017 + 0,03 = 0,0502 \text{ м}^2;$$

$$S_1 = S_{\text{трик. різн. стор.}} = \sqrt{(p(p-a)(p-b)(p-c))} = 0,0032 \text{ м}^2;$$

$$S_2 = S_{\text{пр. уг. трик.}} = \frac{1}{2} a \times b = 0,010 \text{ м}^2;$$

$$S_3 = S_{\text{пр. уг. трик.}} = \frac{1}{2} a \times b = 0,017 \text{ м}^2;$$

$$S_4 = S_{\text{прямок.}} = a \times b = 0,03 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{отв.}} \times 2 = S_{\text{прямок.}} \times 2 = 0,00176 \times 2 = 0,00352 \text{ м}^2;$$

$$V_{\text{зовн}} = S_{\text{зовн}} \cdot h = 0,0467 \cdot 0,005 = 0,00023 \text{ м}^3;$$

$$M_{\text{напл}} = V_{\text{зовн}} \cdot \rho_{\text{метал}} = 0,00023 \cdot 7810 = 1,79 \text{ кг}$$

Визначаємо час  $t_{\text{осн}}$  на наплавлення 1 лопаті РДН.

Знаючи продуктивність процесу  $G_{\text{нап}}$  за 1 годину (60 хв) та масу наплавленого шару  $m_{\text{напл}}$  складаємо рівняння пропорції:

$$\frac{G_{\text{нап}}}{m_{\text{напл.}}} = \frac{60 \text{ хв}}{x}$$

де  $G_{\text{нап}}$  – продуктивність процесу наплавлення РДН за 1 годину (60 хв);

$m_{\text{напл.}}$  – маса покриття ;

$x$  – час на наплавлення 1 лопаті

Визначаємо час  $x$  на наплавлення 1 лопаті РДН:

$$\frac{1,3}{1,79} = \frac{60}{x}$$

$x = 22 \text{ хв}$  – час на наплавлення 1 лопаті РДН;

$$t_{\text{осн}} = 83 \text{ хв};$$

$$t_1 = 1,5 \text{ хв};$$

$$k = 1,13$$

Нормування операції індукційного наплавлення здійснюється згідно наступного співвідношення:

$$T_{\text{ін. напл.}} = t_{\text{осн}} + t_1 \cdot k = 6,2 + 1,5 \times 1,2 = 8 \text{ хв} = 0,13 \text{ год.}, \quad (5.2)$$

де  $t_{\text{осн}}$  – основний час операції індукційного наплавлення;

$t_1$  – час, потрібний на встановлення, закріплення та зняття лопаті з кондуктора;

$k$  – коефіцієнт, який враховує витрати часу на природні потреби робітника, відпочинок та обслуговування робочого місця

Для визначення часу, необхідного на виконання операції індукційного наплавлення 1 лопаті бетонозмішувача, потрібно розрахувати масу покриття  $m_{\text{покр}}$  (кг) та продуктивність процесу (кг/год).

$$H_{\text{напл}} = 3 \text{ мм} = 0,003 \text{ м};$$

$$\rho_{\text{чав.}} = 7400 \text{ кг/м}^3;$$

$$S_{\text{зовн}} = S_{\text{пов}} - S_{\text{отв}} \times 2 = 0,0502 - 0,00352 = 0,0467 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{пов}} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 = 0,0032 + 0,01 + 0,017 + 0,03 = 0,0502 \text{ м}^2;$$

$$S_1 = S_{\text{трик. різн. стор.}} = \sqrt{(p(p-a)(p-b)(p-c))} = 0,0032 \text{ м}^2;$$

$$S_2 = S_{\text{пр. уг. трик.}} = \frac{1}{2} a \times b = 0,010 \text{ м}^2;$$

$$S_3 = S_{\text{пр. уг. трик.}} = \frac{1}{2} a \times b = 0,017 \text{ м}^2;$$

$$S_4 = S_{\text{прямок.}} = a \times b = 0,03 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{отв.}} \times 2 = S_{\text{прямок.}} \times 2 = 0,00176 \times 2 = 0,00352 \text{ м}^2;$$

$$V_{\text{зовн}} = S_{\text{зовн}} \cdot h = 0,0467 \cdot 0,003 = 0,00014 \text{ м}^3;$$

$$M_{\text{напл}} = V_{\text{зовн.}} \cdot \rho_{\text{метал}} = 0,00014 \cdot 7400 = 1,03 \text{ кг}$$

Визначаємо час  $t_{\text{осн}}$  на індукційне наплавлення 1 лопаті.

Знаючи продуктивність процесу  $G_{\text{нап}}$  за 1 годину (60 хв) та масу наплавленого шару  $m_{\text{напл.}}$  складаємо рівняння пропорції:

$$\frac{G_{\text{нап}}}{m_{\text{напл.}}} = \frac{60 \text{ хв}}{x}$$

де  $G_{\text{нап}}$  – продуктивність процесу індукційного наплавлення за 1 годину (60 хв);

$m_{\text{напл.}}$  – маса покриття ;

$x$  – час на наплавлення 1 лопаті

Визначаємо час  $x$  на індукційне наплавлення 1 лопаті:

$$\frac{10}{1,03} = \frac{60}{x}$$

$x = 1,9$  хв – час на індукційне наплавлення 1 лопаті;

$$t_{\text{осн}} = 6,2 \text{ хв};$$

$$t_1 = 1,5 \text{ хв};$$

$$k = 1,2$$

Визначаємо норму часу на підготовчо-заклучні операції :

$$\begin{aligned} t_{\text{п.з.}} &= (t_{\text{отр}} + t_{\text{озн}} + t_{\text{одерж}} + t_{\text{нал}} + t_{\text{зд}} + t_{\text{шл}} + t_{\text{пм}} + t_{\text{рм}}) \cdot k = 38 \text{ хв} = \\ &= 0,63 \text{ год.}, \quad (5.3) \end{aligned}$$

До підготовчо-заклучного часу відносяться витрати робочого часу на виконання наступних операцій:

а) отримання виробничого завдання, наряду, технічної документації, вказівок та інструктажу,  $t_{\text{отр}} = 3$  хв;

б) ознайомлення з отриманим завданням, технологічної документацією та кресленням,  $t_{\text{озн}} = 5$  хв;

в) одержання інструментів і пристосувань,  $t_{\text{одерж}} = 4$  хв;

г) налагодження устаткування на заданий режим роботи,  $t_{\text{нал}} = 5$  хв;

д) здачу виконаної роботи, пристосувань, інструментів, технічної документації і вибирання робочого місця,  $t_{\text{зд}} = 6$  хв;

е) зачистка шву від шлаку,  $t_{\text{шл}} = 5$  хв;

ж) заміна присадного матеріалу,  $t_{\text{пм}} = 6$  хв;

з) обслуговування робочого місця,  $t_{\text{рм}} = 3$  хв.

Таблиця 5.1 – Технічне нормування операцій

№	Найменування операції	Норма штучного часу, н/год
1	Ручне дугове наплавлення	1,42
2	Індукційне наплавлення	0,13
3	Підготовчо-завершальний час	0,63
4	Норма часу на відновлення одиницю виробу	2,18

## 5.1.2 Виробнича програма та її матеріальне забезпечення

У даному дипломному проєкті приймаємо виробничу програму процесу відновлення лопатей бетонозмішувача СБ 138Б 63.000 комплексним наплавленням рівною 1750 деталей. (див. табл. 5.2)

Таблиця 5.2 – Виробнича програма на рік

Найменування виробу	Норма часу на 1 деталь, н/год	Виробнича програма	
		Деталей	н/год
Лопать бетонозмішувача СБ 138Б 63.000	2,18	1750	3815



### 5.1.3 Розрахунок кількості обладнання та площі ділянки

Підприємство на якому розташована ділянка відновлення лопатей бетонозмішувача працює по однозмінному графіку роботи при п'ятиденному робочому тижні – 40 годин. Тривалість робочої зміни – 8 годин.

Номінальний фонд часу роботи обладнання для однозмінного режиму роботи прийнятий 2080 годин. Дійсний фонд часу роботи обладнання за рік визначається за формулою:

$$F_{\text{до}} = F_{\text{ном}} \cdot (1 - K_{\text{в}}) = 2080 \cdot (1 - 0,1) = 1872 \text{ год.}, \quad (5.4)$$

де  $F_{\text{ном}}$  – номінальний фонд часу роботи обладнання;

$K_{\text{в}}$  – коефіцієнт витрат часу на ремонт та обслуговування обладнання

До складу основних фондів ділянки входять обладнання, будівлі, цінний інструмент і пристосування.

Розрахунок необхідної кількості обладнання по кожному типу ведеться за формулою:

$$G_0 = \sum_{i=1}^m \cdot \frac{t_i \cdot N_i}{F_{\text{до}}}, \text{ од.}, \quad (5.5)$$

де  $G_0$  – розрахункова кількість обладнання, од.;

$m$  – кількість видів робіт;

$t_i$  – норма часу на  $i$ -тої операції, н/год;

$N_i$  – річна виробнича програма  $i$ -того виробу, од.;

$F_{\text{до}}$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год.

Прийнята кількість обладнання встановлюється шляхом округлення до цілої величини ( $G_{\text{ро}}$ ).

Коефіцієнт завантаженості обладнання:

$$K_3 = \frac{G_0}{G_{po}}, \quad (5.6)$$

де  $G_{po}$  – прийнята кількість обладнання, од.

Розраховуємо кількість установок для РДН:

$$G_{он} = \frac{1,42 \cdot 1750}{1872} = 1,32$$

Приймаємо кількість установок  $G_{po} \approx 2$  од.

Розраховуємо коефіцієнт завантаженості обладнання:

$$K_3 = \frac{1,32}{2} = 0,66$$

Розраховуємо кількість установок індукційного наплавлення:

$$G_{од} = \frac{0,13 \cdot 1750}{1872} = 0,12$$

Приймаємо кількість установок  $G_{po} \approx 1$  од.

Розраховуємо коефіцієнт завантаженості обладнання:

$$K_3 = \frac{0,12}{1} = 0,12$$

Всі розрахунки по обладнанню зведені у таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок кількості обладнання, його потужності і собівартості

Найменування устаткування	Кількість обладнання		Коефіцієнт завантаження	Потужність, кВт
	Розраховано	Прийнято		
Установка РДН	1,32	2	0,66	60
Установка для індукційного наплавлення	0,12	1	0,12	40
Усього	1,44	3	-	100

#### 5.1.4 Розрахунок чисельності персоналу ділянки

Чисельність основних виробничих робітників ділянки на нормованих роботах розраховується за операціями, розрядами і професіями:

$$R_0 = \frac{\sum_{i=1}^m t_i \cdot N_i}{F_{д.р.} \cdot K_{в.н.}}, \text{ чол.}, \quad (5.7)$$

де  $R_0$  – чисельність основних виробничих робітників, чол.;

$m$  – кількість видів робіт;

$t_i$  – норма часу для  $i$ -тої операції, н/год;

$F_{д.р.}$  – дійсний річний фонд часу роботи одного робітника, год;

$K_{в.н.}$  – коефіцієнт виконання норм виробітку ( $K_{в.н.} = 1,05$ ).

Дійсний річний фонд часу одного робітника визначається за формулою:

$$F_{\text{д.р.}} = F_{\text{ном}} \cdot (1 - h), \text{ год.}, \quad (5.8)$$

де  $h$  – планований коефіцієнт не виходів робітників на роботу (0,12÷0,15).

$$F_{\text{д.р.}} = 2080 \cdot (1 - 0,13) = 1810 \text{ год.}$$

Визначаємо кількість зварників на обладнанні для РДН:

$$R_0 = \frac{1,42 \cdot 1750}{1810 \cdot 1,05} = 1,3$$

Приймаємо чисельність робітників  $\approx 2$  особи (2 зварники на зміну).

Визначаємо кількість операторів установки індукційного наплавлення:

$$R_0 = \frac{0,13 \cdot 1750}{1810 \cdot 1,05} = 0,12$$

Приймаємо чисельність операторів установки індукційного наплавлення  $\approx 1$  особа.

Чисельність допоміжних робітників по професіям розраховується за нормами обслуговування.

Чисельність робітників і спеціалістів дільниці розраховується за штатним розкладом.

Загальна чисельність персоналу ділянки викладена в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Загальна чисельність персоналу

Персонал	Чисельність, чол.	В т.ч. за розрядами			В т.ч. за змiнами	
		IV	V	VI	I	II
<b>1. Основні працівники</b>						
- зварники на обладнанні для РДН	2	-	2	-	2	-
- оператори установки індукційного наплавлення	1	-	1	-	1	-
Усього	3	0	3	0	3	-
<b>2. Допоміжні працівники</b>						
- контролер	1	-	1	-	1	-
- наладчик (функцію наладчика виконує оператор установки індукційного наплавлення	1	-	1	-	1	-
- слюсар ремонтник	1	-	-	1	1	-
Усього	3	-	2	1	3	-
<b>3. Керівники і спеціалісти</b>						
- майстер	1	-	-	-	1	-
- технолог	1	-	-	-	1	-
Усього	2	-	-	-	2	-
Разом	8	-	5	2	8	0

## 5.2 Планування витрат на виробництво

В даному розділі необхідно запланувати матеріальні витрати на комплектуючі та допоміжні матеріали, розрахувати фонд оплати праці персоналу, скласти калькуляцію собівартості продукції

### 5.2.1 Матеріальні витрати

Вартість основних і комплектуючих матеріалів розраховується на основі норм використання і цін. Крім того необхідно врахувати транспортно-заготівельні витрати (5-7% від вартості матеріалів).

До додаткових матеріалів слід віднести ті матеріали, які споживаються для здійснення технологічного процесу відновлення лопаті бетонозмішувача шляхом ручного дугового та індукційного наплавлення.

Таблиця 5.5 – Розрахунок вартості комплектуючих матеріалів

Найменування	Кількість у установці, одиниць	Вартість за одиницю, грн	Річна кількість	Річна вартість з урахуванням транспортно-заготівельних витрат, грн.
1. Електродотримач	1	100	5	535
Усього	1	100	5	535

Таблиця 5.6 – Розрахунок вартості основних матеріалів

Найменування матеріалу, марка, ГОСТ, ТУ	Норма затрат		Ціна за 1 кг матеріалу, грн	Вартість програми, грн	З урахуванням транспортних витрат
	На виріб, Кг	На програму, Кг			
1. Електроди ОЗШ – 3 ГОСТ 9566 – 75	1,79	3132,5	65	203612,5	213793
2. Суміші порошку марки ПС – 15 – 30 ТУ 48-19-122-74	1,03	1802,5	125	225312,5	236578
Усього	2,82	4935	190	428925	450371

### 5.2.2 Вартість основних засобів

Вартість основних засобів передбачає наступні розрахунки:

- вартість будівель визначається на основі розрахованої площі та вартості 1 м<sup>2</sup> будівель (1000 - 1300 грн за м<sup>2</sup>);
- вартість споруд становить 5 % вартості будівель;
- вартість обладнання (наведена у табл. 5.7 з урахуванням транспортно-заготівельних витрат і монтажу (10÷15%);
- вартість цінних інструментів, пристосувань та інвентарю (3÷5 % балансової вартості обладнання);
- вартість транспортних засобів – 3 % балансової вартості обладнання.

Розрахунок вартості обладнання наведено у табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Розрахунок вартості основного обладнання

Найменування обладнання	Ціна за одиницю, грн	Строк експлуатації, р	Собівартість експлуатації, грн
Зварювальний апарат інверторного типу Fronius TransPоксет 5000 (2 одиниці)	28000	15	3733
Установка для індукційного наплавлення	65000	15	4334
Термошафа	15000	10	1500
Усього	136000	-	9567

Розрахунок вартості основних виробничих фондів, амортизаційних відрахувань, структури основних фондів наведено в табл. 5.8.



Таблиця 5.8 – Вартість основних виробничих фондів

Найменування основних засобів	Балансова вартість, грн	Структура, %	Строк експлуатації, р.	Річні амортизаційні відрахування, грн
Будівлі	2160000	58,1	40	54000
Споруди	10800	2,9	25	432
Обладнання	136000	36,6	15	9066
Транспортні засоби	4080	1,1	10	408
Цінні інструменти, прилади, інвентар	4760	1,3	3	1587
Усього	2315640	100	11,7	65493

### 5.2.3 Фонд оплати праці

Сума заробітної плати, яка виплачується робітникам підприємства, утворює фонд оплати праці. Фонд заробітної плати розраховується за прийнятими формами та системами оплати праці. Оплата праці основних робітників здійснюється за відрядною формою оплати праці; допоміжних робітників - за погодинною формою, керівників і фахівців з окладною формами оплати праці.

Планувальні доплати і премії для робітників приймаються у розмірі 50÷60% від основної заробітної плати. Премії з прибутку складають для

робітників - 15% до основної заробітної плати, для керівників і спеціалістів – 40 %.

Основний фонд заробітної плати основних робітників – відрядників розраховуємо за формулою:

$$Z_{\text{відр}} = N \sum_{i=1}^B P_i, \quad (5.9)$$

де  $B$  – кількість операцій технологічного процесу;

$P_i$  – розцінка на  $i$ -ту операцію, грн;

$N$  – річна виробнича програма виробів, од.

Розцінка на операцію розраховується за формулою:

$$P_i = C_i \cdot t_i, \quad (5.10)$$

де  $C_i$  – часова тарифна ставка  $i$ -того розряду, грн;

$t_i$  – норма часу на  $i$ -ту операцію, н/год.

Розрахунок за операціями приведено у таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Розрахунок розцінок по операціям

Найменування Операції	Норма часу, н/годин	Розряд робіт	Годинна тарифна ставка, грн	Розцінок, грн.
Ручне дугове наплавлення	1,42	5	31,25	44,375
Індукційне наплавлення	0,13	5	31,25	4
Усього	1,55	5	62,5	48,4

Розраховуємо основний тарифний фонд заробітної плати основних робітників-відрядників.

$$З_{\text{відр}} = 1750 \cdot 48,4 = 84765 \text{ грн}$$

Основний фонд заробітної плати допоміжних робітників, які перебувають на погодинній оплаті праці, розраховується за формулою:

$$З_{\text{погод}} = C_i \cdot K_{\text{тар.сер.}} \cdot F_{\text{д.р.}} \cdot R_{\text{доп}}, \quad (5.11)$$

де  $C_i$  – годинна тарифна ставка 1-го розряду;

$F_{\text{д.р.}}$  – дійсний річний фонд часу робітника, год;

$R_{\text{доп}}$  – чисельність допоміжних робітників;

$K_{\text{тар.сер.}}$  – середній тарифний коефіцієнт.

$$З_{\text{погод}} = 18 \cdot 2,51 \cdot 1810 \cdot 3 = 245979 \text{ грн}$$

Визначаємо середній тарифний коефіцієнт:

$$K_{\text{тар.сер.}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_i R_{\text{доп.}i}}{R_{\text{доп}}}, \quad (5.12)$$

де  $m$  – кількість розрядів робіт допоміжних робітників;

$K_i$  – тарифний коефіцієнт  $i$ -того розряду;

$R_{\text{доп}i}$  – кількість допоміжних робочих  $i$ -го розряду.

$$K_{\text{тар.сер.}} = \frac{1,35 \cdot 1 + 1,5 \cdot 2 + 1,6 \cdot 2}{3} = 2,51$$

Відрахування на соціальне страхування розраховується відповідно до чинного законодавства (22 %) від суми  $ЗП_{\text{осн}} + ЗП_{\text{др}}$ .

Фонд оплати праці приведено у табл. 6.10.

Таблиця 5.10 – Фонд оплати праці

Категорії персоналу	Чисельність персоналу, осіб	Основна заробітна плата за місяць, Грн	Додаткова заробітна плата за виконання плану (50 % від основної), грн	Річний фонд, грн
Основні робітники	3	8000	4000	432000
Допоміжні робітники	3	5000	2500	270000
Керівники	1	9000	4500	162000
Спеціалісти	1	7000	3500	126000
Усього	8	-	-	990000

#### 5.2.4 Собівартість виробу

Собівартість виробу визначається усіма витратами ділянки за такими статтями прямих і непрямих витрат.

До складу прямих витрат входять:

1. Основні матеріали – 450371 грн.
  2. Купівельні комплектуючі вироби і напівфабрикати – 535 грн.
  3. Основна заробітна плата основних робітників – 288000 грн.
  4. Додаткова заробітна плата основних робітників – 144000 грн.
  5. Відрахування на соціальне страхування від фонду оплати праці основних виробничих робітників – 95040 грн.
  6. Енергія на технологічні цілі – 241900 грн.
- До складу непрямих витрат входять [21]:

1. Утримання обладнання та робочих місць (вартість силової електроенергії  $E_s$ ).

$$E_s = C \cdot F_{до} \cdot W \cdot K_3 \cdot K_s = 2,16 \cdot 1810 \cdot 100 \cdot 0,66 \cdot 0,8 = 206426 \text{ грн, (5.13)}$$

де  $C$  – ціна за 1 кВт електроенергії, грн;

$F_{до}$  – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, год;

$W$  – потужність всього устаткування дільниці, кВт/год;

$K_3$  – коефіцієнт завантаження обладнання;

$K_s$  – коефіцієнт попиту, який враховує витрати електроенергії в мережі

2. Річний фонд оплати праці допоміжних робітників – 270000 грн,  
відрахування на соціальні заходи – 59400 грн.

3. Поточний ремонт обладнання та високовартісних інструментів – 7038 грн.

4. Амортизація високовартісного обладнання та інструментів – 10653 грн.

5. Відтворювання малоцінних та швидкозношуваних предметів – 267,5 грн.

6. Інші витрати – 27690 грн.

Таблиця 5.11 – Кошторис витрат на утримання та експлуатацію обладнання

Найменування статей витрат	Сума, грн
1. Утримання обладнання та робочих місць	206426
2. Заробітна плата додаткових робітників і відрахування на соціальні заходи	329400
3. Поточний ремонт обладнання і високовартісних інструментів	7038
4. Амортизація виробничого обладнання та високовартісних інструментів	10653
5. Відтворювання малоцінних і швидкозношуваних предметів	267,5
6. Інші витрати	27690
Усього	581474,5

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання розподіляють на собівартість одиниці продукції є пропорційною основній заробітній платі виробничих робітників.

Розрахуємо відсоток витрат на утримання та експлуатацію:

$$L = \frac{\sum \text{ВУО}}{\text{ЗП}_0} \cdot 100 \% = \frac{581474,5}{527040} \cdot 100 \% = 110,3 \%, \quad (5.14)$$

де ВУО – сума витрат на утримання обладнання;

ЗП<sub>0</sub> – основна заробітна плата виробничих робітників

Розрахуємо розмір витрат на утримання та експлуатацію обладнання, що припадає на одиницю виробу:

$$ВУ_i = \frac{L}{100} \cdot З_{oi} = \frac{110,3}{100} \cdot 301 = 332 \text{ грн.}, \quad (5.15)$$

де  $З_{oi}$  – основна заробітна платня на одиницю продукції, грн.;

Стаття «Загальновиробничі витрати» - це витрати на управління в межах цеху. Стаття є комплексна і охоплює такі витрати:

1. Утримання цехового персоналу – річний фонд заробітної плати спеціалістів та керівників – 288000 грн та відрахування на соціальні заходи – 63360 грн.

2. Утримання помешкань та інвентарю:

- вартість освітлювальної електричної енергії:

$$E_{os} = \frac{C \cdot q \cdot S \cdot F_{os}}{1000} = \frac{2,16 \cdot 20 \cdot 216 \cdot 1000}{1000} = 9331 \text{ грн.}, \quad (5.16)$$

де  $C$  – вартість електроенергії, грн.;

$q$  – норма використання електричної енергії за 1 годину на  $1\text{м}^2$  площі ( $q = 20 \text{ Вт}$ );

$S$  – площа ділянки,  $\text{м}^2$ ;

$F_{os}$  – тривалість освітлення в рік, годин (1000годин при однозмінній роботі ділянки).

- вартість води на побутові нужди:

$$S_{пн} = S_{в} \cdot Q_{в} = 7 \cdot 1800 = 12600 \text{ грн.}, \quad (5.17)$$

де  $S_{в}$  – вартість  $1 \text{ м}^3$  води, грн;

$Q_{в}$  – річна потреба у воді,  $\text{м}^3$ ;

– вартість пари на опалення:

$$S_{\text{по}} = \frac{S_{\text{пар}} \cdot V \cdot H \cdot q}{i \cdot 500} = \frac{35 \cdot 570 \cdot 4320 \cdot 20}{540 \cdot 500} = 6400 \text{ грн.}, \quad (5.18)$$

де  $V$  – об'єм приміщення дільниці,  $\text{м}^3$ ;

$S_{\text{пар}}$  – вартість 1 т. пари, грн;

$H$  – число годин опалювального сезону, год;

$q$  – питома витрата тепла на  $1 \text{ м}^3$  будівлі, ккал/год;

$i$  – тепловіддача, ккал.

3. Поточний ремонт помешкань та інвентарю – 4536 грн.
4. Амортизаційні відрахування будівель і споруд – 5832 грн.
5. Витрати на проведення досліджень, раціоналізацію та винахідництво – 800 грн.
6. Витрати на охорону праці – 1200 грн.
7. Інші витрати – 9861 грн.

Таблиця 5.12 – Кошторис загальновиробничих витрат

Найменування статей витрат	Сума, грн
1. Утримання цехового персоналу	351360
2. Утримання помешкань та інвентарю	28331
3. Поточний ремонт помешкань та інвентарю	4536
4. Амортизаційні відрахування будівель та інвентарю	5832
5. Витрати на проведення випробувань, досліджень, раціоналізації та винахідництво	800
6. Витрати на охорону праці	1200
7. Інші витрати	9861
Усього	401920



Загальновиробничі витрати розподіляють на собівартість одиниці продукції є пропорційною основній заробітній платі виробничих витрат робітників.

Розрахуємо процент загальновиробничих витрат:

$$\beta = \frac{\sum ЗВВ}{ЗП_0} = \frac{401920}{527040} = 76 \%, \quad (5.19)$$

Розрахуємо загальновиробничі витрати, які відносяться на собівартість одиниці продукції (ЗВВ<sub>i</sub>):

$$ЗВВ_i = \frac{\beta}{100} \cdot З_{oi} = \frac{76}{100} \cdot 301 = 228 \text{ грн.}, \quad (5.20)$$

Собівартість одиниці продукції розраховується на основі складання калькуляції собівартості продукції (табл. 5.13).

Таблиця 5.13 – Калькуляція собівартості продукції за новою технологією

Статті витрат	Витрати	
	всього витрат, грн	на одиницю, грн
1. Основні матеріали	450371	257
2. Куплені комплектуючі та напівфабрикати	535	0,3
3. Основна заробітна плата основних робітників	288000	164,5
4. Додаткова заробітна плата основних робітників	144000	82,2
5. Відрахування на соціальні заходи	95040	54,3
6. Паливо та енергія на технологічні цілі	241900	138,2
7. Утримання та експлуатація машин і обладнання	206426	117
8. Загальновиробничі витрати	401920	229,6
9. Собівартість виробнича	1828192	1043,1
10. Адміністративні витрати	432000	246,8
11. Собівартість повна	2260192	1289,9

### 5.3 Економічне обґрунтування запропонованих розробок

В даному розділі необхідно оцінити ефективність і результативність діяльності виробничої дільниці та розрахувати беззбитковість виробництва.

### 5.3.1 Розрахунок показника зведених витрат

Порівняльна економічна ефективність полягає у визначенні найбільш економічного варіанта рішення господарської задачі. Показниками порівняльної економічної ефективності є: сума зведених витрат, сума ефекту за розрахунковий рік. Показник зведених витрат:

$$З = C_i + \epsilon_n \cdot K_i, \quad (5.22)$$

де  $C_i$  – поточні витрати (повна собівартість  $C_n$ ) за  $i$ -тим проектом, грн.;

$\epsilon_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень ( $\epsilon_n = 0,15$ );

$K_i$  – капітальні вкладення за  $i$ -тим проектом, грн

$$З_{\text{розн. рік.}} = 2260192 + 0,15 \cdot 2315640 = 2607538 \text{ грн.}$$

### 5.3.2 Ефективність та результативність

Оцінку ефективності та результативності діяльності можна здійснити за показниками:

- 1) річний випуск виробів:
  - В натуральному вимірі, одиниць;
  - По трудомісткості, нормо-годин;
  - В грошовому вимірі, грн.;
- 2) виробнича площа ділянки,  $m^2$ ;
- 3) вартість основних засобів, грн.;

- 4) чисельність персоналу за списком усього, осіб, у тому числі:
- основні робочі;
  - допоміжні робочі;
  - керівники та фахівці;
- 5) фонд оплати праці, грн.;
- 6) середня заробітна плата на місяць, грн.;
- 7) продуктивність праці одного працівника:

$$ПП = \frac{C_{\pi}}{R} = \frac{2260192}{8} = 282524 \frac{\text{грн}}{\text{осіб} \cdot \text{рік}}, \quad (5.23)$$

де  $C_{\pi}$  – повна собівартість виробів за рік, грн.;

$R$  – чисельність персоналу дільниці, осіб

- 8) фондівдача:

$$f = \frac{C_{\pi}}{\Phi_{\text{осн}}} = \frac{2260192}{2607538} = 0,86 \frac{\text{грн}}{\text{грн}}, \quad (5.24)$$

де  $\Phi_{\text{осн}}$  – основний капітал, грн.

- 9) фондомісткість:

$$f' = \frac{\Phi_{\text{осн}}}{C_{\pi}} = \frac{2607538}{2260192} = 1,15 \frac{\text{грн}}{\text{грн}}, \quad (5.25)$$

- 10) коефіцієнт завантаження обладнання;

- 11) собівартість одиниці продукції, грн.

Показники ефективності та результативності діяльності дільниці відновлення лопатей бетонозмішувача наведені у табл. 5.15.

Таблиця 5.15 – Показники ефективності та результативності ділянки відновлення лопаті бетонозмішувача

Найменування показника	Значення показника
1. Відновлено виробів, - в натуральному вимірі, одиниць; - по трудомісткості, нормо-годин; - в грошовому вимірі, грн.;	1750 3815 2260192
2. Виробнича площа ділянки, м <sup>2</sup>	216
3. Вартість основних засобів, грн	371640
4. Чисельність персоналу за списком усього, осіб - основні робочі; - допоміжні робочі; - керівники, спеціалісти;	8 3 3 2
5. Фонд оплати праці, грн	990000
6. Середня заробітна плата за місяць, грн	10312
7. Продуктивність праці одного працівника, грн/осіб	282524
8. Фондовіддача	0,86
9. Коефіцієнт завантаження обладнання	0,66
10. Фондомісткість	1,15
11. Повна собівартість відновлення одиниці продукції, грн	1289,9
12. Економічний ефект для внутрішнього підприємства за розрахунковий рік, грн	468363,6

Таким чином, використовуючи технологію відновлення лопатей бетонозмішувача шляхом комплексного наплавлення способом ручного

дугового наплавлення та індукційним способом, можливо значно підвищити техніко-економічні показники і ресурс роботи виробу.

Перевагами даної технології є:

1. Нова технологія дає змогу підвищити ресурс роботи лопаті бетонозмішувача з 18 до 360 робочих замісів, що дає змогу відмовитися від купівлі нових комплектуючих, користуючись власною лінією відновлення лопатей на території залізобетонного заводу.

$$K_{\text{эф}} = T_2 / T_1 = 360 / 18 = 20.$$

2. Вартість нової стандартної лопаті зі сталі 50 Л складає 780 грн., однак ресурс такої лопаті складає 18 замісів, лопать відновлена за запропонованою технологією має робочий ресурс до 360 замісів, а собівартість відновлення однієї лопаті складає 1289,9 грн.

Таким чином, якщо на залізобетонному заводі працює 2 бетонозмішувача, об'єм 1 замісу для 1 бетонозмішувача складає 1,2 т. , а щорічний об'єм виробництва бетонної суміші складає 2 млн. 400 тис. тон. Кожен бетонозмішувач має в своїй конструкції 6 швидкозношуваних лопатей. Можна розрахувати економічний ефект від впровадження даної технології таким чином:

$$1200 / 1,2 = 1000 \text{ замісів для реалізації річної програми};$$

Для реалізації програми можна відновити 6 лопатей конструкції 3 рази, що коштуватиме:

$$Q_1 = (6 \times 3 \times 1289,9) \times 2 = 23218,2 \times 2 = 46436,4 \text{ грн}$$

Або скористатися закупкою нових комплектуючих та замінити комплект лопатей 55 разів.

$$Q_2 = (6 \times 55 \times 780) = 257400 \times 2 = 514800 \text{ грн.}$$

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1 = 514800 - 46436,4 = 468363,6 \text{ грн}$$

Економічний ефект від запропонованої технології сягає 468363,6 гривень для внутрішнього підприємства та, окрім того лінія може виконувати програму з відновлення лопатей в кількості 1750 штук на рік для зовнішніх замовників.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В розділі надані основні заходи з охорони праці при дослідженні оптимізації процесу комплексного відновлення лопатей бетонозмішувача технологією ручного дугового та індукційного наплавлення з проектуванням ділянки.

### 6.1 Аналіз потенційних небезпек

а) можливість ураження електричним струмом при виконанні частини дослідних робіт на ділянці роботи бетонозмішувача БРС - 130, що може бути пов'язано з порушенням правил електробезпеки, зокрема, не використанням індивідуальних та групових заходів захисту, відсутністю надійних огорожень струмоведучих частин обладнання, що може привести до електричних травм або летальних наслідків;

б) можливість отримання механічних травм при обертанні чаші бетонозмішувача БРС – 130, унаслідок порушенням правил з охорони праці, зокрема невикористання спеціального одягу, використання несправного обладнання та інструменту, захаращеність робочого місця;

в) небезпеки, які пов'язані з підготовкою дослідних зразків, зокрема можливістю отримання механічних травм при використанні відрізних кругів, шліфувально-полірувальних верстатів, унаслідок порушенням правил з охорони праці, зокрема невикористання спеціального одягу, використання несправного обладнання та інструменту, захаращеність робочого місця;

г) небезпеки при ручному дуговому наплавленні деталей, зокрема підвищена небезпека враження електричним струмом при електрозварювальних роботах. Ураження зору та відкритої поверхні шкіри

випроміненням електричної дуги. Електрофтальмія – потужне ультрафіолетове випромінювання від плазмової дуги, що може бути пов'язано з порушенням правил безпеки, не використанням індивідуальних засобів захисту та може призвести до захворювань органів зору та шкіри людини[23];

д) небезпеки при наплавленні деталі методом індукційного наплавлення, зокрема, інтенсивне інфрачервоне випромінювання, що може бути пов'язано з порушенням правил безпеки, не використанням індивідуальних засобів захисту та може призвести до захворювань органів зору та шкіри людини;

е) небезпеки пов'язані з виділенням у навколишнє середовище аерозолів тугоплавких матеріалів і металів у вигляді оксидів заліза, хрому, марганцю, кремнію, а також фтористих сполучень, які утворюються унаслідок конденсації парів наплавленого матеріалу та його розбрикування при потраплянні на поверхню виробу, що можуть привести до отруєння та хронічних захворювань органів дихання, внаслідок відсутності або несправності місцевої витяжної вентиляції та не використання індивідуальних засобів захисту;

ж) можливість опіку, внаслідок непередбаченого торкання нагрітих деталей;

з) небезпеки, які пов'язані з використанням ПК при обробці результатів дослідження, зокрема негативний вплив електромагнітних полів та випромінювання ПК застарілих моделей;

і) незадовільні параметри повітряного середовища на ділянці та дослідницькому приміщенні. Причинами цього є незадовільна робота системи опалення й кондиціонування, що може привести до зниження працездатності й загальних захворювань [24];

к) незадовільне освітлення виробничих зон на ділянці наплавлення, внаслідок виходу з ладу або забрудненості освітлювальних приладів, що може призвести до погіршення зору або механічних травм;



л) можливість загорання ділянки наплавлення, внаслідок порушення правил пожежної безпеки, порушень технологічного процесу, що може призвести до пожежі;

м) небезпеки, які пов'язані з умовами праці в надзвичайних ситуаціях. Зокрема укриття населення у захисних спорудах цивільного захисту. Причинами пов'язаними з неправильним або взагалі відсутнім укриттям населення в надзвичайних ситуаціях можуть бути недосвідченість персоналу або неправильні дії керівництва, що може привести до важких травм, летальних наслідків і масштабних руйнувань.

## 6.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

а) для виключення уражень електричним струмом при використанні бетонозмішувача в дослідницькій лабораторії обладнання повинне відповідати правилам ПУЕ-2013 «Правила улаштування електроустановок», де передбачено:

– струмоведучі частини електроустановки, не повинні бути доступними для випадкового прямого дотику до них, а доступні для дотику відкриті і сторонні провідні частини не повинні перебувати під напругою, що становить небезпеку ураження електричним струмом, як у нормальному режимі роботи електроустановки, так і в разі пошкодження ізоляції;

– для запобігання ураженню електричним струмом при непередбаченому торканні механізму подачі дроту, який знаходиться під напругою слід застосовувати окремо або в поєднанні такі заходи захисту від прямого дотику: розміщення поза зоною досяжності та надійне екранування або огороження цього механізму;

– для запобігання ураженню електричним струмом у випадку пошкодження ізоляції слід застосовувати окремо або в поєднанні такі заходи

захисту в разі непрямого дотику: захисне заземлення; автоматичне вимикання живлення; зрівнювання потенціалів; обладнання класу II або з рівноцінною ізоляцією; захисний електричний поділ кіл; ізолювальні (непровідні) приміщення, зони, площадки; системи наднизької (малої) напруги; вирівнювання потенціалів;

– розміщення обладнання бетонозмішувача, його вузлів та механізмів, а також органів керування повинно забезпечувати вільний, зручний та безпечний доступ до них. Окрім того, розташування органів керування повинно забезпечувати можливість швидкого вимикання обладнання та зупинення всіх його механізмів

б) для виключення отримання механічних травм повинне бути передбачене проведення усіх необхідних інструктажів з охорони праці, згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». При роботі з бетонозмішувачем категорично забороняється:

- торкатися барабану бетонозмішувача до його повної зупинки;
- запускати в роботу бетонозмішувач не переконавшись в тому, що одяг не торкається його рухомих частин;
- працювати без належного захисного одягу та обладнання;
- забороняється використовувати несправну установку.

в) для виключення отримання механічних травм повинне бути передбачене проведення усіх необхідних інструктажів з охорони праці, згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Дослідник повинен бути забезпечений спеціальним одягом та індивідуальними захисними засобами відповідно до ГОСТ 12.4.103-83 «Одежда специальная защитная, средства индивидуальной защиты рук и ног. Классификация», або груповими засобами захисту згідно з ГОСТ 12.4.125-83 ССБТ «Средства коллективной защиты работающих от воздействия механических факторов. Классификация», до яких відносять брезентові

захисні костюми, рукавиці брезентові, спеціальне взуття із захисними носками, щітки захисні або окуляри.

До різання зразків абразивними колами допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли необхідні інструктажі з охорони праці і отримали допуск до самостійної роботи. При роботі з абразивними колами категорично забороняється:

- використовувати не за призначенням абразивні кола та інструмент;
- працювати без належного захисного одягу та обладнання;
- забороняється використовувати пошкоджені абразивні круги.

Отримання механічних травм найчастіше відбувається внаслідок захаращеності робочої ділянки та порушень правил експлуатації машин та механізмів. В зв'язку з цим обов'язковим є щоденний контроль за станом робочої зони зі сторони керівництва відповідно до ДСТУ 3273-95 «Безпечність промислових підприємств. Загальні положення та вимоги».

г) для виключення отримання механічних травм органів зору пов'язаних з використанням обладнання для ручного дугового наплавлення зварник повинен виконувати положення інструкції ТІ – 030 – 2002, у якій передбачено використання спеціальних засобів захисту зору, зокрема захисних щитків або окулярів ГОСТ 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация». Для мінімізації негативного впливу електродугового випромінення при напавленні методом ручного дугового наплавлення необхідно стіни приміщення, де знаходиться повинні бути окрашені у матовий колір для запобігання потрапляння бліків у очі;

д) для мінімізації негативного впливу інфрачервоного випромінення при напавленні методом індукційного наплавлення необхідно:

- стіни робочого приміщення, де розташовується установка індукційного наплавлення повинні бути покриті антибліковим матеріалом (наприклад, плитка типу акмігран);

З огляду на те що, індуктор – є інтенсивним джерелом інфрачервоного випромінювання. Для захисту від шкідливого впливу променевої енергії необхідно:

- рекомендується користуватися окулярами зі світлофільтрами типу В-2, В-3 для роботи без маски (при перевірці режиму роботи індуктора);

- для захисту шкіри від впливу інтенсивного інфрачервоного випромінювання необхідно використовувати захисні костюми згідно ГОСТ 12.4.045-87 «Костюмы для защиты от повышенных температур. Технические условия».

- е) для захисту органів дихання необхідно видаляти аерозолі тугоплавких матеріалів і металів у вигляді оксидів (заліза, хрому, марганцю, кремнію, а також фтористих сполучень) з робочого простору зварника:

- використання місцевої витяжної вентиляції в режимі виток, зі швидкістю руху повітря у робочому прорізі витяжної шафи не менш ніж 1,5 м/с;

- використання індивідуальних засобів захисту – респіраторів згідно з ГОСТ 12.4.028-76 «Система безопасности труда. Респираторы ШБ-1 «Лепесток».

- ж) для виключення термічних опіків передбачено використання індивідуальних засобів захисту, зокрема брезентових рукавиць ГОСТ 12.4.010-75 ССБТ «Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия».

- з) загальні вимоги до техніки безпеки при роботі на комп'ютері

Персонал, що працює на комп'ютері зобов'язаний дотримуватися вимог інструкції розробленої на підставі Санітарних норм і правил СанПин 2.2.2.542-96 «Гігієнічні вимоги до відео дисплейних терміналів, персональних електронно розрахункових машин і організації робіт», а також нести особисту відповідальність за дотримання вимог безпеки своєї праці і за створення небезпечного чи шкідливого виробничого фактору для інших працюючих і поломку комп'ютера.

При роботі за комп'ютером шкідливими чинниками є:

- електростатичні поля;
- електромагнітне випромінювання;
- наявність потужних іонізуючих випромінювання;
- локальне стомлення, загальна втома;
- стомлюваність очей;
- небезпека ураження електричним струмом;
- пожежонебезпека.

Для забезпечення оптимальної працездатності і збереження здоров'я протягом часу роботи з комп'ютером повинні встановлюватися регламентовані перерви. Перед початком роботи необхідно переконатися, що монітори комп'ютера мають антиблікове покриття з коефіцієнтом відбиття не більше 0,5. Покриття повинне також забезпечувати зняття електростатичного заряду з поверхні екрана, іскріння та неіонізуючих випромінювань. Необхідно перевірити робоче положення комп'ютера відстань між стіною з віконними прорізами і столом має бути не менше 0,8 м. При невеликій кількості робочих місць бажано розташовувати столи біля протилежної стіни щодо віконних прорізів. Відстань між робочими столами повинна бути не менше ніж 1,2 м. Не допускається знаходження другого робочого місця з боку задньої стінки комп'ютера. Оптимальними параметрами температури в кабінеті є 19-21, допустимими 18-22, відносна вологість повітря 62-55 %.

У приміщенні слід здійснювати наскрізне провітрювання для поліпшення якісного складу повітря, щодня проводити вологе прибирання.

Для зволоження повітря слід використовувати зволожувачі. У приміщенні повинно бути штучне і природне освітлення. Основний потік природного світла повинне бути ліворуч, не допускається праворуч, ззаду і спереду працює на комп'ютері, на вікнах повинні бути завіси в два рази більше ширини вікна. Забороняється застосування для вікон чорні завіси.

Приміщення, де знаходиться комп'ютери відноситься до пожежонебезпечного приміщення категорії «Б», тому необхідно мати

вуглекислотний вогнегасник типу ВВК-5 і вміти ним користуватися. Звернути увагу на заземлення, тому що в комп'ютері використовуються мікросхеми, чутливі до статичної електрики. Звернути особливу уваги на цілісність ізоляції всіх кабелів та роз'ємів, щоб не виявити несподівано під напругою щодо землі. Забороняється самостійно відкрити комп'ютера, з-за високої напруги всередині. Виключається робота з комп'ютером і його периферійними пристроями з відкритим корпусом, самостійно перемикає силові та інтерфейсні кабелі, проливати рідини і т.д. Робоче місце працюючого на комп'ютері передбачено обладнати спеціальними меблями; обертовим стільцем із змінною висотою сидіння і кута нахилу спинки. При роботі на комп'ютері працюючий повинен бути уважним, не відволікатися на побудову справи.

Під час роботи комп'ютера забороняється:

- залишати комп'ютер без нагляду;
- проводити ремонт;
- знімати корпус з комп'ютера.

Тривалість безперервної роботи з комп'ютером без регламентованої перерви не повинна перевищувати 2 годин. Під час регламентованої перерви з метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, усунення впливу гіподинамії та гіпокінезії, запобігання розвитку втоми доцільно виконувати комплекси вправ. Рівень шуму в приміщення під час роботи комп'ютерів не повинен перевищувати 50 дБА. Конструкція відео монітора повинна передбачати заходи, що забезпечують хорошу розбірливість зображення, незалежну від зовнішнього освітлення.

Категорично забороняється використання на робочому місці електронагрівальних приладів з відкритим елементом, відкритим вогнем. Користування електронагрівальними приладами з закритими нагрівальними елементами дозволяється тільки у спеціально відведених для цього місцях. Недотримання вимог до мікроклімату приміщення може не тільки різко знижувати продуктивність праці, викликати втрати робочого часу через

збільшення числа помилок у роботі, але і приводити до функціональних розладів або хронічних захворювань органів дихання, нервової та імунної системи [25].

### 6.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

і) для забезпечення оптимальних параметрів повітряного середовища згідно ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартів безпеки труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» на ділянці наплення, окрім місцевої вентиляції повинно бути передбачено влаштування загально-обмінної вентиляції згідно ДСТУ 12.4.021-75 «Система стандартів безпеки труда. Системы вентиляционные. Общие требования», та системи водяного або парового опалення згідно СНиП 2.04.05-91 «Строительные нормы. Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Для забезпечення оптимальних фізичних параметрів повітряного середовища на ділянці ручного дугового наплення необхідно визначити продуктивність природної вентиляції  $L_{\text{п}}$ :

$$L_{\text{п}} = k \cdot V_{\text{п}} = 2 \cdot 1512 = 3024 \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (6.1)$$

де  $k$  – кратність повітрообміну на ділянці,  $k = 2$ ;

$V_{\text{п}}$  – об'єм приміщення ділянці ручного дугового наплення

При ручному дуговому напленні у робочу зону зварника здійснюється виділення шкідливих речовин, концентрація яких значно перевищує допустимі норми згідно ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» (діоксид кремнію  $\text{SiO}_2$  у вигляді аерозолі конденсації –  $0,5 \text{ мг/м}^3$ , оксид хрому  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  –  $1 \text{ мг/м}^3$ ), тому

необхідно розрахувати продуктивність місцевої витяжної вентиляції  $L_M$  (витяжного зонту):

$$L_M = a \cdot b \cdot V \cdot 3600 = 0,5 \cdot 0,75 \cdot 1,5 \cdot 3600 = 2025 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}, \quad (6.2)$$

де  $a$  та  $b$  – розміри зонту в плані м,  $a \times b = 0,375 \text{ м}^2$ ;

$V$  – швидкість руху повітря, яке відсмоктується, в площині перерізу по кромці зонту,  $V = 1,5 \text{ м/с}$

к) згідно з державними будівельними нормами ДБН В.2.5-28:2016 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення» на ділянці ручного дугового наплавлення необхідно здійснити належне освітлення робочих місць робітників.

Роботи на ділянці ручного дугового наплавлення слід відносити до II (роботи високої точності) та III (точні роботи) розрядам. На ділянці допускається природне, штучне та змішане освітлення. Природне освітлення може бути боковим, одностороннім та двостороннім верхнім. Коефіцієнт природної освітленості при верхньому та комбінованому освітленні повинен складати не менш ніж 5 %, при боковому не менше 15 %.

Штучна освітленість на робочому місці при системі комбінованого освітлення допускається не менше ніж 400 лк, при системі загального освітлення – не менше 150 лк.

У приміщенні для ручного дугового наплавлення повинно бути передбачено аварійне освітлення, яке забезпечує продовження роботи при освітленості не менш ніж 10 % норми загального освітлення, а у проходах – не менше 0,3 лк.



#### 6.4 Заходи з пожежної безпеки

л) причинами пожежі при наплавленні можуть бути іскри та краплі розплавленого металу. Основні вимоги пожежної безпеки викладено в «Правилах пожежної безпеки при проведенні зварювальних та інших вогневих робіт на об'єктах народного господарства». Для попередження пожеж персонал дільниці повинен виконувати наступні правила:

- проходити регулярні інструктажі пожежно-технічного мінімуму та правилам безпечної роботи;
- суворо дотримуватися правил пожежної безпеки, чистоти та порядку на робочому місці;
- слідкувати за встановленням захисних огорожень;
- слідкувати за справністю системи електроживлення;
- не загороджувати проїзди та проходи, а також підступи до засобів пожежогасіння;
- забороняється користуватися відкритим вогнем;
- паління дозволяється лише у спеціально відведених місцях

Місця, де виконується наплавлення, мають бути оснащені вуглекислотними вогнегасниками типу ВВК-5, ящиками з піском, лопатами та совками, бочками чи відрами з водою. Дерев'яні конструкції, розташовані ближче 5 м від установки РДН, обштукатурюють або оббивають листовим азбестом чи листовою сталлю по повсті, змоченій в глинистому розчині. В зоні попадання бризок металу та іскор не має бути займистих предметів. Легкозаймисті та вибухонебезпечні матеріали повинні бути на відстані не менш як 30 м від місця наплавлення. Дерев'яні підлоги, настили, помости при потребі захищають від іскор і крапель розплавленого металу листами азбесту чи заліза.

Перед початком роботи зварнику та оператора установки індукційного наплавлення потрібно перевірити справність робочої апаратури,

підготовленість робочого місця в протипожежному відношенні: наявність засобів пожежогасіння, внутрішніх пожежних кранів, піску, вогнегасників. Якщо робоче місце не підготовлене, до роботи приступати не можна.

Особи, які не здали випробування з наплавочних робіт, а також що не пройшли попередню перевірку знань правил пожежної безпеки, до виконання робіт, навіть тимчасових, не допускаються.

### 6.5 Заходи по забезпеченню безпеки в умовах надзвичайних ситуацій

м) заходи, які пов'язані з небезпекою роботи в умовах надзвичайних ситуацій

Порядок дій сил цивільної оборони (ЦО) при ліквідуванні наслідків стихійних лих.

У більшості випадків стихійні лиха супроводжуються загибеллю матеріальних цінностей, а іноді і людськими втратами. Тому при ліквідації наслідків стихійних лих основним завданням сил ЦО є врятування людей і (по можливості) матеріальних цінностей. Успіх дій формувань багато в чому залежить від своєчасної організації і проведення розвідки й обліку конкретних умов обстановки. Оскільки стихійні лиха виникають раптово, оповіщення о.с. формувань, їх комплектація і створення угруповань сил ЦО повинні проводитися в найкоротший термін. Виступ формувань з районів збору в райони дій повинен здійснюватися з максимально можливою швидкістю. Командири формувань у районах робіт повинні постійно знати обстановку і, у відповідності з її зміною, уточнювати раніше поставлені чи ставити нові завдання підрозділам.. Прогнозувати загрози повеней дозволяє вчасно здійснити комплекс попереджувальних заходів, які значно знижують можливі збитки, а також створити сприятливі умови для проведення

рятувальних та інших невідкладних робіт у зонах затоплення. Зміст цих заходів і їх обсяг визначаються часом попередження повені.

Так, масштаби повеней, які викликаються весняними водами, можна прогнозувати за місяць і навіть більше завдяки постійним спостереженням органами гідрометеослужби, визначенню висоти снігового покриву і встановленню залежності виникнення повені від нього, визначенню запасів вологи в ґрунті, знанню строків скресання річок, температури повітря в період паводку і т.п. Отже, можна заздалегідь провести протипаводкові заходи.

При паводках, які викликаються заторами, час попередження звичайно обчислюється декількома годинами, тобто він значно менший, ніж у розглянутому вище випадку. Але з огляду на те, що місця постійних заторів звичайно відомі, запобіжні заходи можна вжити задовго до льодоходу.

Паводки, які викликаються випаданням рясних злив та інтенсивним таненням льодовиків, прогнозуються на основі багаторічних спостережень.

Про майбутню небезпеку повені чи селевого потоку оповіщаються всі організації і населення. Начальники, штаби і служби ЦО приводять у готовність формування, які залучаються до ведення боротьби зі стихійним лихом, ставлять їм завдання, вказують послідовність, способи і терміни їх виконання, уточнюють питання взаємодії й організують управління.

Для виявлення й уточнення обстановки організується розвідка. Найбільш оперативною є повітряна, яка до того ж дає можливість одержання інформації про значні території. Більш точний стан поблизу гребель і мостів визначають, використовуючи дані наземної розвідки.

У населених пунктах і на об'єктах, яким загрожує затоплення, виставляють рятувальні пости зі складу формувань і встановлюється зв'язок з ними. Для захисту мостів, гребель, водозабірних та інших споруд виділяють аварійні команди. У місцях, де можливі затори льоду, установлюється цілодобове чергування команд підривників. За рішенням місцевих органів влади можуть бути проведені: завчасна евакуація населення, вивезення

матеріальних цінностей і відгін сільськогосподарських тварин у безпечні місця. Про початок і порядок евакуації керівний склад ЦО оповіщає населення по місцевих каналах радіотрансляції і телебачення, через адміністрацію ОГ і домоуправління. У випадку раптових паводків попередження населення здійснюється всіма наявними технічними засобами, включаючи і гучномовні рухливі установки.

Успіх у проведенні рятувальних робіт залежить від того, наскільки оперативно організована розвідка, швидко і повно оцінена сформована обстановка, вчасно організовані дії сил і чітке управління ними.

РІНР у зонах затоплення і селевих потоків пов'язані з небезпекою, особливо при діях на воді, на льоду і при виконанні підривних робіт. Особовий склад, який залучається для цих цілей, повинен бути навчений правилам поведінки на воді, прийомам порятунку потопаючих і надання їм першої медичної допомоги. Формування, що діють на плавзасобах, оснащуються необхідним інвентарем: рятувальними кругами, поясами, баграми, драбинами, канатами і т.п.

Для підтримки порядку в районах затоплення, на шляхах евакуації населення й у місцях його зосередження, на маршрутах рух сил, а також на автомобільних і залізничних шляхах організовується комендантська служба. Крім того, у зонах затоплення і місцях зосередження евакуйованого населення організовується охорона громадського порядку, яка гарантує безпеку людей, захист державного й особистого майна.

Урагани, володіючи руйнівною силою, можуть задати населенню і народному господарству серйозних матеріальних збитків і нерідко призводять до загибелі людей. Виникають вони в результаті різкого порушення рівноваги в атмосфері, що виявляється в незвичайних умовах циркуляції повітря.

При ураганах обриваються електричні проводи на опорах, порушується телефонний і телеграфний зв'язок, зриваються покрівлі з житлових будинків,

виробничих будинків і тваринницьких ферм, виникають різні пошкодження, аварії, пожежі.

У зонах ураганів у період їх виникнення за вказівками органів влади оповіщається населення и приводяться до готовності формування, виділені для ліквідації наслідків стихійних лих.

Командири військових частин і формувань ЦО, одержавши завдання, виводять підлеглі їм сили до об'єктів робіт; по прибутті в потерпілі від урагану райони організують порятунок людей, надання потерпілим медичної допомоги і їх евакуацію, локалізацію і гасіння пожеж, а також роботи з усунення аварій і ушкоджень на комунально-енергетичних мережах і лініях зв'язку та з розчищення завалів улиць і доріг. Відновлення комунально-енергетичних мереж, ліній зв'язку й інших об'єктів організують відповідно відомства, що мають свої спеціальні ремонтні органи; при великих обсягах робіт можуть використовуватися аварійно-відбудовні й аварійно-технічні формування.

Зсуви можуть спричиняти великі руйнування. Виникають вони через порушення рівноваги порід, викликаного збільшенням крутизни схилу в результаті вимивання його морським прибоєм, течією річки, ослабленням міцності порід від вивітрювання чи надмірного зволоження атмосферними опадами або підземними водами, а також під впливом зовнішніх сил, особливо сейсмічних поштовхів. Зсуви можуть бути викликані і проведенням будівельних робіт без належного урахування геологічних умов місцевості.

Заходи для попередження зсувів і боротьба з ними здійснюються в залежності від факторів, які ці зсуви викликають. До таких заходів відносяться: будівництво споруд, які укріплюють берег проти вимивання схилів; обладнання дренажних споруд по перехопленню і відведенню підземних вод; копання каналів для поверхневого водостоку, улаштування підпірних стінок різних конструкцій; зміцнення схилів рослинністю і насамперед – лісопосадками.

Роботи з проведення протизсувних заходів ведуться дорожньо-будівельними й іншими спеціалізованими організаціями, до їх виконання при необхідності можуть залучатися команди механізації робіт та інші формування ЦО. Дійовим засобом у зсувних районах є встановлення постійного спостереження за обстановкою. Про початок переміщення порід негайно оповіщається населення й організації прилеглих районів. Приводяться у готовність необхідні сили і засоби, здійснюється евакуація людей, вивозяться з небезпечної зони матеріальні цінності.

Для ліквідації наслідків зсувів зведені загони та команди, зведені загони і команди механізації робіт, деякі формування служб. Можуть використовуватися і військові частини.

Рятувальні роботи в районах, де відбулися зсуви і обвали, полягають у пошуку і витягуванні людей з-під завалів, наданні їм першої медичної допомоги та евакуації в стаціонарні лікувальні установи. Одночасно влаштовуються проїзди в завалах, локалізуються і гасяться пожежі, ліквідуються аварії на газових і енергетичних мережах. Після зупинки зсуву проводиться ремонт і відновлення доріг, мостів, ліній і засобів зв'язку, розчищення вулиць від завалів. Землетруси відбуваються звичайно раптово, що може представляти дуже велику небезпеку. Переважна більшість їх відноситься до слабких і не викликає негативних наслідків, однак чимало буває і сильних, руйнівних землетрусів, які заподіють чисельні лиха. Землетруси можуть стати причиною гірських і сніжних обвалів, які руйнують на своєму шляху ділянки доріг, мости через водні перешкоди та населені пункти.

Щоб уникнути руйнівних наслідків у районах загрози, де можливі поштових силою 7 і більше балів (за 12-бальною шкалою), будуються сейсмостійкі житлові будівлі, промислові будівлі й інші об'єкти та споруди. Для додання будинкам стійкості використовуються високоякісні матеріали, застосовуються особливі антисейсмічні конструкції, не допускається використання надто важких деталей, обмежується поверховість житлових

будинків, ставляться підвищені вимоги до якості будівельних робіт. У містобудуванні переважає просторе планування, яке забезпечує наявність достатніх розмірів між будинками, широких вулиць і проїздів. Вживаються заходи щодо підвищення сейсмостійкості підземних інженерних комунікацій, а також посилення протипожежної безпеки

При ліквідації наслідків землетрусів у постраждалих містах і на ОГ рішенням органів влади чи надзвичайних комісій для проведення рятувальних робіт, локалізації і ліквідації аварій на комунально-енергетичних мережах і гасіння пожеж залучаються спеціалізовані формування відомств, формування ЦО міст і районів, військові частини. Найбільш складні рятувальні й інші невідкладні роботи виконують військові частини ЦО, зведені загони і зведені загони механізації робіт, а також формування служб (спеціальні формування) різного призначення і, у першу чергу, аварійно-технічні і медичні.

Склад і дії при ліквідації наслідків землетрусів визначаються характером і обсягом руйнувань. Успіх багато в чому залежить від повноти і своєчасності одержання розвідувальних даних. Розвідка повинна установити характер руйнувань будівель і споруд, місцезнаходження і стан постраждалого населення, яке опинилося під завалами чи в частково зруйнованих будівлях і спорудах, ступінь пошкодження комунально-енергетичних мереж, визначити зони суцільних пожеж, можливість їх розвитку, а також розвідати шляхи підходу до об'єктів робіт. Ведеться вона розвідувальними підрозділами військових частин ЦО і розвідувальними формуваннями різного призначення, при цьому використовується інформація від органів МВС й інших відомств. Для визначення санітарно-епідемічного стану району землетрусу, виявлення кількості і стану потерпілих, установлення можливості розгортання медичних формувань і визначення потрібної кількості медичних сил проводиться медична розвідка.

Після одержання даних про обстановку і її оцінки уточнюються необхідні для ведення РІНР сили і засоби, їх завдання, створюються угруповання сил.

Виходячи з характеру забудови, наявності транспортних магістралей та інших місцевих умов, а головне – з характеру руйнувань, територія постраждалого міста (району) розбивається на ділянки й об'єкти ведення рятувальних робіт.

Швидке висування сил є одним з вирішальних факторів, що забезпечують успішність проведення рятувальних робіт. Але на шляху можуть зустрічатися різні перешкоди, завали, зруйновані мости, вогнища пожеж та інші перешкоди. Тому необхідно передбачити всі засоби забезпечення руху сил ЦО у вогнищах землетрусів. Чимале значення має порядок уведення техніки в зону руйнувань. У першу чергу підготовляються шляхи для пропуску гусеничних машин, а потім колісного транспорту. Висування їх слід здійснювати по декількох маршрутах, щоб не знижувати мобільність колон і не допускати розтягування. На кожен маршрут висилаються формування чи підрозділи розвідки і загони забезпечення руху, підсилені протипожежними підрозділами і санітарними дружинами.

В результаті землетрусу основа для о.с. формувань загального призначення і спеціальних формувань ЦО районів, які попали в зону лиха, може виявитися в зонах руйнувань і сама буде потребувати допомоги. Тому можливо, що спочатку рятувальні роботи доведеться проводити на ОГ і в жилих кварталах обмеженими силами і засобами. У таких умовах першочерговими роботами повинні бути виявлення і витягування людей із зруйнованих будинків, з-під завалів, надання їм першої медичної допомоги й евакуація тих, хто потребує лікування, в медичні установи, а також улаштування людей, що залишилися без домівок. Рятування людей організовується в першу чергу з тих будинків, яким загрожують затоплення, пожежі, обвали. Лікарська допомога потерпілим здійснюється в загонах першої медичної допомоги, на медичних пунктах військових частин ЦО й у



лікувальних установах, які збереглися. Потім їх вивозять у замську зону або в лікарні сусідніх міст. Здійснення інших невідкладних робіт припускає в першу чергу усунення тих аварій на комунально-енергетичних і технологічних мережах, що створюють безпосередню загрозу для життя людей і насамперед аварій на комунікаціях зі СДОР. При ліквідації аварій на газопроводах негайно повинна бути припинена подача газу в мережу. Аварії на водопроводі, що проходить поблизу будівель і споруд, можуть спричинити затоплення; пошкоджені ділянки якомога швидше відключаються. В міру прибуття військових частин і формувань із сусідніх районів, міст і областей сили будуть наростати і фронт робіт збільшиться. Але прибуваючі з інших місць не знають особливостей ділянок і об'єктів, на яких їм потрібно буде працювати. Щоб уникнути збільшення строків виконання рятувальних робіт і ускладнень у їх організації, необхідно безперервно вести розвідку, дані якої дозволяли б знати обстановку, і вчасно, з достатньою повнотою ставити завдання прибуваючим у район землетрусу військовим частинам і формуванням. Рятувальні роботи звичайно ведуться у важких і небезпечних умовах, тому о.с. військових частин і формувань повинен знати і суворо дотримуватися заходів безпеки. Для наведення і підтримки порядку серед населення, яке опинилося в зоні землетрусу, організовується комендантська служба (ядром її є о.с. служби охорони громадського порядку), на основних маршрутах установлюються контрольні-пропускні пункти і вводиться патрулювання.

## ВИСНОВКИ

В результаті роботи було проведено літературний огляд зносостійких високохромистих чавунів, за результатами якого було виявлено необхідність проведення дослідження властивостей певних видів матеріалів для необхідних умов роботи деталі.

Аналіз умов роботи деталі дав змогу постановити реальні умови роботи та домінуючий механізм руйнування деталі, вказавши на необхідність обрання матеріалу, що покращить експлуатаційні характеристики виробу.

Для вибору такого матеріалу нами було проведено комплексне дослідження зразків в умовах роботи близьких до реальних на стійкість до абразивного та гідроабразивного зношування з впливом «ефекту Ребіндера».

В дослідженні брали участь 24 зразки з 6 видів сплавів різного ступеню термічної обробки та в литому стані.

В результаті комплексного аналізу вдалося виявити 2 марки чавунів з майже однаковою стійкістю до гідроабразивного зносу з впливом «ефекту Ребіндера», що відрізняються характеристикою оброблюваності, через різний ступінь легування хромом та твердість основи і карбідів.

Для технології відновлення деталі обрано методику комплексного наплавлення ручним дуговим наплавленням для відновлення втраченої геометричної форми, та індукційне наплавлення з отриманням зносостійкого покриття.

Через специфіку методики відновлення та відсутність вимог до точності геометричної форми поверхні виключається подальша механічна обробка, що дозволяє обрати для відновлення більш якісний матеріал, властивості якого позитивно вплинуть на експлуатаційні якості виробу.

В якості наплавленого покриття обрано чавун марки 300X28H2, яке вдалося отримати шляхом індукційного наплавлення.

Деталі відновлені за запропонованою технологією мають в 20 разів більший строк експлуатації в порівнянні з стандартними виробами зі сплаву 50Л, собівартість відновлення зношених деталей дещо більша, ніж вартість нової деталі з сплаву 50Л, однак збільшений строк експлуатації в 20 разів пояснює економічний ефект від впровадження технології, який складає 468363,6 грн. на рік для внутрішнього підприємства. Окрім того лінія може працювати і на зовнішній ринок, надання послуг відновлення лопатей бетонозмішувача СБ 138Б з підвищенням їх зносостійкості.

Проект передбачає заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Завдання на дипломний проект виконано в повному обсязі.

**ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ**

1. ГОСТ 7769-82 Чугун легированный для отливок со специальными свойствами. Марки. [Текст]. – введ. 1983-01-01. – М. Изд-во стандартов, 2017. – 28 с.
2. Бунин, К. П. Основы металлографии чугуна / К. П. Бунин, Я. Н. Малиночка, Ю. Н. Таран. [Текст]. – М.: Металлургия, 1969. – 416 с.
3. Гарбер, М.Е. Износостойкие белые чугуны / М.Е. Гарбер. [Текст]. – М.: – Машиностроение. 2010. – 280 с.
4. «Енциклопедія машинобудування», Том 2 «Сталі і Чавуни»[Текст]: / під редакцією К. В. Фролов. – М. Машинобудування, 2001 р. – 325 с.
5. Мала гірнича енциклопедія, у 3 т.[Текст]: / за ред. В. С. Білецького. – Д. : Східний видавничий дім, 2004—2013. – 437 с.
6. Світлий Ю. Г., Білецький В.С. Гідравлічний транспорт (монографія). [Текст]: / Ю. Г. Світлий, В. С. Білецький: – Д: Східний видавничий дім, Донецьке відділення НТШ, «Редакція гірничої енциклопедії», 2009. – 436 с.
7. Марчук В. Е. Износостойкость дискретных поверхностей в условиях гидроабразивного изнашивания [Текст] / В. Е. Марчук // Проблемы тертя та зношування: наук.-техн. Зб. – К.: Вид-во НАУ «НАУ-друк», 2011. – Вип. 55. – С.182–188.
8. Ребиндер П. А., Щукин Е. Д. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформации и разрушения (рус.) [Текст] / П. А. Ребиндер, Е. Д. Щукин // Успехи физических наук. — 1972. – Т. 108, № 9. – С. 3-42.
9. ГОСТ 977 - 88: Отливки стальные. Общие технические условия [Текст]. – введ. 2004-01-08. – М. Изд-во стандартов, 2017. – 33 с.
10. Кириллов А. А., Белов В. Д., Рожкова Е. В. и др. Структурно и неструктурно чувствительные свойства хромистых чугунов [Текст] / А. А.

Кириллов, В. Д. Белов, Е. В. Рожкова // Черные металлы. 2007. сентябрь. – С. 7–13.

11. Цыпин И. И. Белые износостойкие чугуны. Структура и свойства. [Текст] / И. И. Цыпин. – М.: Металлургия. 1983. 324 с.

12. Беркун М. Н., Волчок И. П., Живица И. В., Топал В. И. Влияние термической обработки на свойства высокохромистого чугуна [Текст] / М. Н. Беркун, И. П. Волчок, И. В. Живица, В. И. Топал., // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1971. – № 1. – С. 64–66.

13. Куцова В. З. Влияние температуры нагрева на формирование структуры, фазовый состав и свойства высокохромистых чугунов в исходном и термообработанном состоянии [Текст]: / В. З. Куцова, М. А. Ковзель, А. В. Кравченко // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2008. – № 1. – С. 35–50.

14. 14. Нетребко В. В., Волчок И. П. Особливості термічної обробки високохромистих чавунів легованих Mn та Ni [Текст] // ISSN 1607-6885 Нові матеріали і технології в металургії та машинобудуванні №1, 2016. С. 53–57.

15. ТУ 48 – 19 – 122 – 74 Смеси типа «ПС» наплавочные порошковые.

16. Салтыков С. А. Стереометрическая металлография [Текст]: / С. А. Салтыков – М.: Металлургия, 1976. – 272с

17. Волчок И. П. Особенности легирования марганцем износостойких высокохромистых чугунов [Текст]: / И. П. Волчок, В. В. Нетребко // Литье и металлургия. – 2012. – № 3. – С. 162–165.

18. Гуляев А. П. Металловедение [Текст]: / А. П. Гуляев. – Москва: Металлургия, 1978. – 648 с.

19. Сильман, Г. И. Материаловедение [Текст]: / Г. И. Сильман. – Москва: Академия, 2008. – 336 с.

20. А. с. 1622110 СССР, 5 В 23 К 13 / 1. Установка для индукционной наплавки лап культиватора [Текст] / И. А. Смирнов, А. И. Жабин, Н. В. Сибгатулин, (СССР); заявитель и патентообладатель Научно-производственное объединение по механизации и автоматизации

производства машин для хлопководства «Технолог»; заявл. 28.10.88; опубл. 23.01.91, Бюл. №3. 5 с.

21. «Технологія та устаткування відновлення та підвищення зносостійкості машин і конструкцій» [Текст] / Укл.: Е.О. Леженко – Запоріжжя: ЗНТУ, 2005. – 24 с.

22. Гитлевич, А.Д. Техническое нормирование технологических процессов в сварочных цехах [Текст] / А.Д. Гитлевич, Л.А. Животинский, Д.Ф. Жмакин. – М.: Машгиз, 1962. – 172 с.

23. Правила устройства электроустановок Электрооборудование специальных установок ДНАОП 000-132-01 [Текст]: - М.: Укрархстройинформ, 2001 -118 с.

24. Голубков Б. Н., Пятачков Б. И., Романова Т. М. Кондиционирование воздуха, отопление и вентиляция [Текст]: / Б. Н. Голубков, Б. И. Пятачков, Т. М. Романова. - М: Энергоиздат, 1982 – 232 с.

25. Мартиросова В Г Особенности труда пользователей ЭВМ [Текст]: / В. Г. Мартиросова. Охрана труда -1995 - № 1 – С 10-13.

26. Ткачук К. К., Галушко П. Я., Сабан Р. В. и др. Безопасность труда в промышленности [Текст]: / Под ред К. Н. Ткачука - 1С Техника, 1982 - 232 с

Дубл.				Розроб.	Ходус	<i>[Signature]</i>	
Замі.				Перевір.	Нетребко	<i>[Signature]</i>	
Підл.				Н. контр.	Нетребко	<i>[Signature]</i>	
						Листів 3	Лист 1

ГКІЮ 055117.000 ПЗ

ДП

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

На технологічний процес відновлення лопаті  
бетонозмішувача СБ 138 Б 63.000

ЗАТВЕРДЖУЮ

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Нормоконтроль к. т. н., доц. В. В. Нетребко

Дата

Впроваджено у виробництво

Акт № \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_.

*[Signature]*

Зав. кафедри ОТЗВ д. т. н., проф. О. В. Овчинников

Дата 19.12.2017.

Комплект документів відповідає

ТД

Дубл.														
Замі.														
Підл.														
											Листів 3	Лист 2		
Розроб.	<i>ЛМ</i>	Ходус	<i>ЛМ</i>											
Перев.		Нетребко	<i>В.Курдюк</i>											ГКЮ 055117.000 ПЗ
Н. контр.		Нетребко	<i>В.Курдюк</i>											
А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код. Найменування операції					Позначення документу				
Б	Код. Найменування обладнання				СМ	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт
К/М	Найменування деталі скл. одиниці чи матеріалу				Позначення, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н. витр
А 01	03	04		005	Термічна обробка (попередній підігрів)									
Б 02	Камерна електрична піч				Зварник 5 р							0,1	0,3	
К 03	Лопать бетнозмішувача СБ 138 Б 63.000-				Режим:									
М 04	Сталь 50 Л				$\tau = 0,5$ год.; $T = 250$ °С									
05														
А 06	03	05		010	Ручне дугове наплавлення									
Б 07	Зварювальний апарат Fronius TranPocket 5000				Зварник 5 р							1,42	1,42	
К 08	Лопать бетнозмішувача СБ 138 Б 63.000				Режим								1,79 кг	
М 09	Сталь 50 Л / електроди ОШЗ – 3 ГОСТ 9566 - 75				$I = 130 - 150$ А; $U = 40$ В; $D_e = 4$ мм;									
О 10	Наплавлення з метою відновлення втраченої геометрії													
11														
А 12	03	06		015	Зачистка (видалення шлаку)									
К 13	Лопать бетнозмішувача СБ 138 Б 63.000				Зварник 5 р							0,1	0,2	
Т 14	Зубило, молоток, сталева щітка													
О 15	Шлак видаляється після кожного проходу													
16														
А 17	03	07		020	Контрольна (візуальний огляд)									
К 18	Лопать бетнозмішувача СБ 138 Б 63.000				Контролер 4 р							0,1	0,2	
О 19	Візуальний огляд виробу													
20														
21														



Дубл.																				
Замі.																				
Підл.																				
														Листів 3			Лист 3			
Розроб.	<i>В.М.</i>	Ходус		<i>В.М.</i>										ГКІЮ 055117.000 ПЗ						
Перев.		Нетребко		<i>В.М.</i>																
Н. контр.		Нетребко		<i>В.М.</i>																
А	Цех	Діл.	РМ	Опер.		Код. найменування операції					Позначення документу									
Б	Код. найменування обладнання					СМ	Проф.	Р	УТ	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тпз	Тшт					
К/М	Найменування деталі скл. одиниці чи матеріалу					Позначення, код					ОП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.витр					
А 22	03	06		025		Індукційне наплавлення														
Б 23	Установка для індукційного наплавлення АС 1622110 модернізована					Оператор установки індукційного наплавлення 5 р									0,25	0,13				
К 24	Лопать бетнозмішувача СБ 138 Б 63.000															1,03 кг				
М 25	Сталь 50 Л, Суміш порошку ПС – 15 -30																			
О 26	Проходження наплавлюваної деталі крізь індуктор																			