

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

Фізичне матеріалознавство
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

Магістр
(ступінь вищої освіти)

на тему Дослідження впливу хімічного складу та методів обробки на експлуатаційну стійкість черв'ячних пар

Виконав: студент(ка) 2 курсу, групи ІФ 619м
Спеціальності 132 Матеріалознавство
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Термічна обробка металів

Чепець Дмитро Вадимович
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н, доцент Климов О.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Бриков М.М., д.т.н., проф. кафедри
(прізвище та ініціали) ОБЗР

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Фізико-технічний, інженерно-фізичний факультет
 Кафедра Фізичного матеріалознавства
 Ступінь вищої освіти Магістр
 Спеціальність 132 «Матеріалознавство»
 (код і найменування)
 Освітня програма (спеціалізація) Термічна обробка металів
 (назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри О.В. Климов
 «16» 12 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)
Чепець Дмитро Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Дослідження впливу хімічного складу та методів обробки на експлуатаційну стійкість черв'ячних пар

керівник проєкту (роботи) Климов Олександр Володимирович, доцент каф.ФМ, к.т.н
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «02» 11 2020 року №

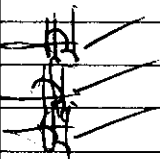
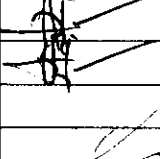
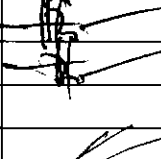
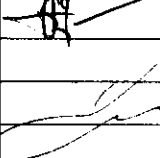
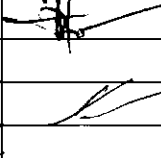
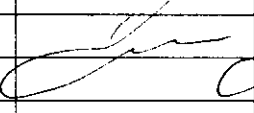
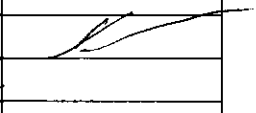
2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 22.12.2020

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) зразки виготовлені із сірих чавунів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ 1. Аналітичний огляд 2. Матеріали та методика досліджень 3. Експериментальна частина 4. Економічна частина 5. Охорона праці в галузі. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Хімічний склад зразків із сірого чавуну, % мас, результати досліджень сірих чавунів та бронзи БрОС 10-10 в умовах контактного тертя, Мікроструктура дослідних матеріалів, розподіл елементів в характеристичному спектрі, схема ізотермічного відпалу сірого чавуну

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1	Климов О.В.		
2	Климов О.В.		
3	Климов О.В.		
4			
5	Нестеров О.В.		
НК	Ткач Д.В.		

7. Дата видачі завдання « 10 » жовтня 2020 року.

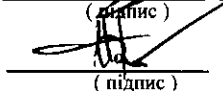
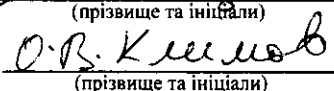
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Аналітичний огляд	10.10.2020	
2	Матеріали та методики досліджень	16.10.2020	
3	Експериментальна частина	15.11.2020	
4	Економічна частина	30.11.2020	
5	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	12.12.2020	

Студент(ка)




Керівник проєкту (роботи)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 86 с, 20 табл.; 14 рис.; 41 джерел

Об'єкт дослідження – сірі чавуни які використовуються для виготовлення деталей черв'ячних передач.

Мета роботи: дослідити можливості підвищення антифрикційних властивостей черв'ячних передач шляхом вирішення матеріалознавчих задач, а саме дослідження впливу легування та термічної обробки.

Дослідили вплив міді на антифрикційні властивості сірих чавунів, розраховано економічну ефективність, розглянуто питання з охорони праці.

ЧЕРВ'ЯЧНА ПЕРЕДАЧА, КОНСТРУКЦІЙНА МІЦНІСТЬ, АНТИФРИКЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ, ОЛОВ'ЯНІ БРОНЗИ, КОЕФІЦІЄНТ ТЕРТЯ, КОЕФІЦІЄНТ КОРИСНОЇ ДІЇ, ЗНОСОСТІЙКІСТЬ, МІКРОСТРУКТУРА, ЛЕГУВАННЯ, СІРІ ЧАВУНИ, ТЕРМІЧНА ОБРОБКА, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ, ОХОРОНА ПРАЦІ

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Аналітичний огляд	8
1.1 Загальна характеристика черв'ячних передач	8
1.2 Шляхи підвищення коефіцієнту корисної дії та черв'ячних передач	19
1.3 Вибір матеріалів та допустимих напружень для виготовлення черв'ячних пар	22
2 Матеріали та методика досліджень	29
2.1 Хімічний склад досліджених матеріалів	29
2.2 Дослідження властивостей тертя	29
2.3 Дослідження мікроструктури	31
2.3.1 Приготування зразків для досліджень	31
2.3.2 Дослідження мікроструктури на оптичному мікроскопі	32
2.3.3 Дослідження мікроструктури на РЕМ	35
3 Експериментальна частина	41
3.1 Вплив хімічного складу на властивості сірих чавунів	41
3.2 Вплив міді на антифрикційні властивості сірих чавунів для виготовлення вінців черв'яка	44
3.3 Термічна обробка черв'ячних вінців виготовлених із сірих чавунів	47
4 Економічна частина	50
4.1 Аналіз ринку автозапчастин	50
4.2 Розрахунок кошторису витрат на проведення науково-дослідницької роботи	56
5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	67
5.1 Аналіз потенційних небезпек:	67

5.2 Заходи щодо забезпечення безпеки	68
5.3 Заходи забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці.....	72
5.4 Заходи з пожежної безпеки	76
5.5 Режими функціонування системи цивільного захисту	77
Висновки	79
Перелік літератури	80
Додаток А.....	84

ВСТУП

Якість і експлуатаційна надійність промислових виробів знаходиться в безпосередній залежності від відповідних властивостей їх елементів.

Конструкційні властивості останніх пов'язані, в свою чергу, з властивостями матеріалу. Статична і динамічна міцність, опір крихкому руйнуванню, зносостійкість, опір втомного руйнування, фізичні, корозійні, жароміцні і інші властивості матеріалу належать до числа основних факторів, що визначають надійність і довговічність деталей.

У сучасній інженерній практиці черв'ячні передачі широко застосовуються в транспортних і підйомно-транспортних машинах при невеликих і середніх потужностях: трансмісіях транспортних машин, лебідках, талях, механізмах підйому ліфтів. Черв'ячні передачі також часто використовуються в конструкціях, що вимагають точних і малих переміщень.

Велика кількість вузлів тертя механізмів машин повинні функціонувати автономно з різних умов експлуатації. Умови експлуатації різних механізмів не завжди є ідеальними. Вони часто використовуються при високих температурах і навантаженнях. При певному режимі більшість машин з механічними вузлами працюють у важких умовах, тому мастильна плівка швидко пошкоджується. Недоліками черв'ячних передач, що складаються з загартованого черв'яка і чавунного черв'ячного колеса, є низька зносостійкість елементів пари за рахунок високих сил тертя, що виникають в контакті. Тому існує необхідність зниження коефіцієнту тертя шляхом вирішення матеріалознавчих задач, а саме легуванням та модернізацією термічної обробки.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Загальна характеристика черв'ячних передач

Черв'ячна передача - це зубчато-гвинтова передача, рух якої здійснюється за принципом гвинтової пари. Черв'ячна передача складається із двох компонентів - власне черв'яка і черв'ячного колеса. Зазвичай ведучим є черв'як, який уявляє собою циліндр з нарізаними витками трапецієподібні в поперечному перерізі [1,2].

Черв'ячної передача здійснює передавання обертального руху між валами, осі яких мимобіжні в просторі і утворюють прямий кут. Черв'ячна передача (рисунок 1.1.) складається із черв'яка 1 у формі гвинта, та черв'ячного колеса 2, яке за виглядом уявляє собою зубчасте колесо з косими зубцями увігнутої форми. Передавання обертального руху в черв'ячній передачі здійснюється за принципом гвинтової пари, де гвинтом є черв'як, а гайкою є колесо – сектор, вирізаний із довгої гайки і зігнутий по колу.

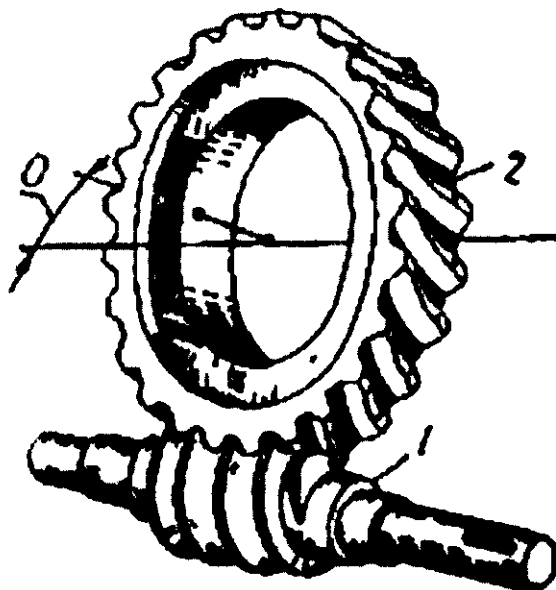


Рисунок.1.1- Схема черв'ячної передачі

У більшості випадків ведучим є черв'як і передача працює на зменшення частоти обертання веденого вала, хоча можливе передавання обертового руху і від черв'ячного колеса до черв'яка.

У зачепленні контакт витків черв'яка та зубців черв'ячного колеса відбувається по лінії (на відміну від гвинтових зубчастих передач, де є точковий контакт зубців), до того ж із значним ковзанням. Тому через значні втрати у зачепленні черв'ячні передачі застосовують для передавання малих та середніх (до 50 кВт) потужностей, хоча зустрічаються і передачі, які здатні передавати потужність до 200 кВт [2].

Порівняно з іншими механічними передачами черв'ячні передачі мають такі переваги:

- а) можливість отримання великих передаточних чисел (в окремих випадках в не силових передачах до 1000, зазвичай від 8 до 80, рідко до 110);
- б) можливість передавати крутний момент під кутом (зазвичай 90°);
- в) плавність і безшумність роботи;
- г) компактність і порівняно невелика маса конструкції;
- д) можливість отримання самогальмівної передачі (допускає передачу руху тільки від черв'яка до колеса). Самогальмування черв'ячної передачі дозволяє ввести в дію механізм без гальмівного пристрою, що перешкоджає зворотному обертанню колеса.

До недоліків черв'ячних передач належать:

- а) порівняно низький ККД внаслідок ковзання витків черв'яка по зубцям колеса (Коефіцієнт тертя ковзання більше коефіцієнта тертя кочення приблизно в 10 разів);
- б) підвищене зношення та схильність до заїдання;
- в) необхідність застосування для вінців черв'ячних коліс дорогих антифрикційних матеріалів (бронза, латунь, які коштують в чотири і більше разів дорожче, ніж сталь);

г) значне виділення теплоти в зоні зачеплення черв'яка з колесом; підвищені вимоги до точності збірки (точне міжосьова відстань, збіг головних площин колеса і черв'яка).

Черв'яки можна класифікувати за такими ознаками:

- за формою початкової поверхні черв'яка – циліндричні чи глобоїдні;
- за формою профілю витків черв'яка у торцевій площині – конволютні (черв'як ZN), евольвентні (черв'як ZI), архімедові (черв'як ZA) тощо.
- за розміщенням черв'яка щодо колеса – з нижнім, верхнім та бічним розміщенням черв'яка;
- за конструктивним оформленням – відкриті та закриті, що працюють у спеціальному корпусі.

Черв'як – це циліндричне тіло на поверхні якого є витки за формою гвинтової лінії (рис. 1.2). Якщо у торцевій площині витки черв'яка мають профіль Архімедові спіралі, то такі черв'яки називають архімедовими (їх позначають ZA). В осьовому перерізі А – А (рис. 1.2, а) бічні поверхні витка черв'яка ZA окреслені прямими лініями з профільним кутом α .

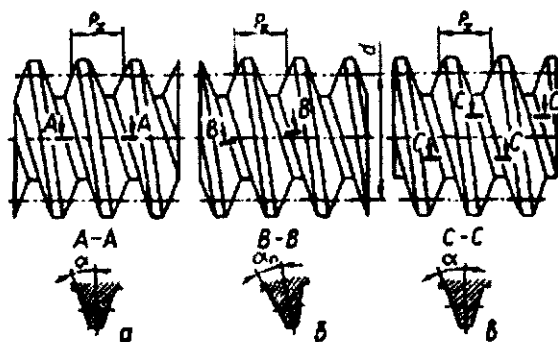


Рисунок 1.2 - Типи циліндричних черв'яків

Витки черв'яка у торцевій площині можуть мати профіль продовженої або скороченої евольвенти. Такі черв'яки називають конволютними (позначають ZN). Черв'яки типу ZN (рис. 1.2, б), мають прямолінійні профілі в їх нормальному перерізі В–В. Кут профілю витків у нормальному перерізі α_n .

Якщо витки черв'яка у торцевій площині мають профіль нормальної евольвенти, то такі черв'яки називають евольвентними (позначають ZI). Евольвентні черв'яки мають прямолінійний профіль витків у перерізі площиною С–С (рис. 1.2, в), що паралельна осьовій, але зміщена на радіус основного циліндра черв'яка[3,4].

Черв'яки можуть виготовлятися із одним або кількома витками. Стандартом на силові черв'ячні передачі передбачається застосування черв'яків із числом витків $z_1 = 1; 2; 4$.

Відстань між відповідними бічними сторонами двох суміжних профілів, що виміряна паралельно осі черв'яка (рис. 1.2), називається осьовим кроком витків і позначається P_x . Така ж відстань між суміжними профілями одного і того ж витка називається ходом гвинтової лінії витка P_z . Якщо $z_1 = 1$, то $P_z = P_x$, а в інших випадках $P_z = z_1 P_x$.

Відношення $P_x/\pi = m$ називається модулем. Для черв'яка він є осьовим, а для колеса – коловим. Стандартні значення модулів m мм, обираються з стандартного ряду.

Враховуючи стандартне значення q діаметр черв'яка (рисунок 1.2) визначається за формулою:

$$d_1 = qm, \quad (1.1)$$

де q - коефіцієнт діаметра черв'яка, m - модуль

Ділильний кут підйому у витка черв'яка (рис. 1.3, а) може бути встановленим шляхом розгортки витка на площину.

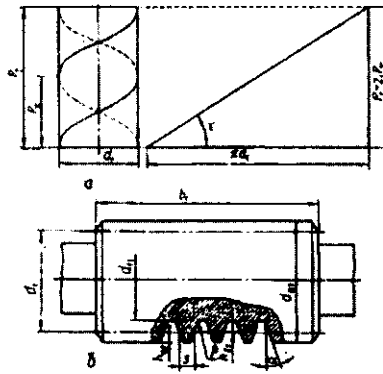


Рисунок 1.3 - Параметри черв'яка

Тому можна записати:

$$\operatorname{tg} \gamma = P_x \cdot (\pi d_1) = z_1 \cdot \pi \cdot m / (\pi \cdot m \cdot q) = z_1 / q \quad (1.2)$$

Розміри елементів витків черв'яка при модулі $1 \leq m \leq 25 \text{ мм}$ визначаються параметрами початкового черв'яка за ГОСТ 19036–81, які мають такі значення: кут профілю витків $\alpha = 20^\circ$ (для черв'яків ZA– в осьовому перерізі; для черв'яків ZN та ZI– у нормальному до витків перерізі); коефіцієнт висоти головки витка $h_a^* = 1$; коефіцієнт радіального зазору $c^* = 0,2$; коефіцієнт висоти ніжки витка $h_f^* = h_a^* + c^* = 1,2$; коефіцієнт радіуса кривини перехідної кривої витка $\rho_f^* = 0,3$; коефіцієнт розрахункової товщини витка $s^* = 0,5$

Згідно з параметрами стандартного початкового черв'яка розміри елементів витків (рис 1.3, б) визначають за формулами:

- висота головки витка $h_{a1} = h_a^* \cdot m = m$;
- висота ніжки витка $h_{f1} = h_f^* \cdot m = 1,2m$;
- радіус кривини перехідної кривої витка $\rho_f = \rho_f^* \cdot m = 0,3m$;
- розрахункова товщина витка $s = s^* \cdot m = 0,5\pi m$.

Інші розміри вінця черв'яка: діаметр вершин витків

$$d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} = d_1 + 2 \cdot m; \quad (1.3)$$

$$\text{діаметр впадин } d_{f1} = d_1 - 2h_{f1} = d_1 - 2,4 \cdot m; \quad (1.4)$$

довжина нарізуваної частини черв'яка (ГОСТ 19650–74)

$$b_1 \geq (11 + 0,06z_2) \cdot m \text{ при } z_1 = 1 \text{ або } 2; \quad (1.5)$$

$$b_1 \geq (12,5 + 0,09z_2) \cdot m \text{ при } z_1 = 4. \quad (1.6)$$

Тут z_2 – число зубців черв'ячного колеса. Формули для визначення b_1 записані для випадку, коли коефіцієнти зміщення $x=0$. Для черв'яків, робочі поверхні яких шліфують, знайдене за формулами (1.5) та (1.6) значення b_1 потрібно збільшити на 25 мм при $m < 10$ мм і на (35...40) мм при $m = (10...16)$ мм.

Обертання черв'яка і черв'ячного колеса відбувається у двох взаємно перпендикулярних площинах. Тому швидкості точок контакту витків черв'яка та зубців черв'ячного колеса неоднакові за модулем та напрямом (рис. 1.4).

Колова швидкість точки контакту А витка черв'яка:

$$v_1 = 0,5 \cdot \omega_1 \cdot d_1. \quad (1.7)$$

а колова швидкість точки контакту А зубця колеса (на рис. 1.4)

$$v_2 = 0,5 \cdot \omega_2 \cdot d_2. \quad (1.8)$$

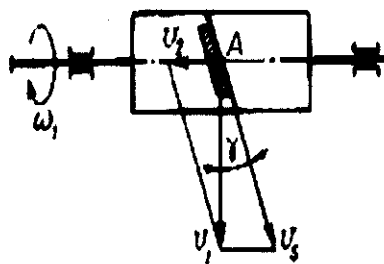


Рисунок.1.4 - Визначення швидкості ковзання у черв'ячній передачі.

Швидкість ковзання витків черв'яка по зубцях колеса спрямована вздовж дотичної до витка черв'яка, є відносною швидкістю і може бути визначена за формулою:

$$v_s = v_1 / \cos \gamma \quad (1.9)$$

Передаточне число черв'ячної передачі можна визначити за співвідношенням :

$$u = \omega_1 / \omega_2 = d_2 / (d_1 \operatorname{tg} \gamma) = z_2 / z_1. \quad (1.10)$$

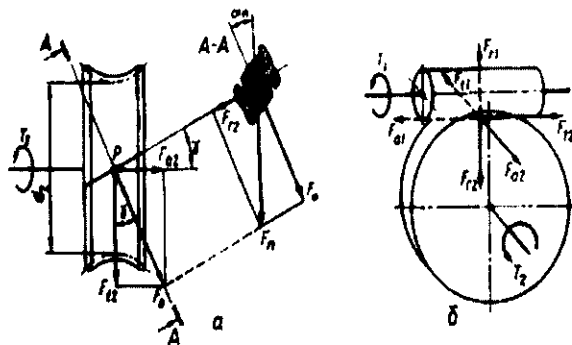
Оскільки кут підйому γ витків черв'яка практично менший від 30° , у черв'ячній передачі колова швидкість колеса v_2 завжди значно менша від колової швидкості черв'яка v_1 , а швидкість ковзання v_s у зачепленні більша від v_1 [5].

Значне ковзання у зачепленні передачі є причиною низького ККД, підвищеного спрацювання зубців та їхньої здатності до заїдання.

Для черв'ячних передач виконують такі розрахунки:

- 1) розрахунок активних поверхонь зубців черв'ячного колеса на контактну втому та міцність при дії максимального навантаження;
- 2) розрахунок зубців черв'ячного колеса на втому при згині та на міцність при згині максимальним навантаженням.

У навантаженій черв'ячній передачі сила взаємодії між витками черв'яка та зубцями колеса розподіляється вздовж лінії їхнього контакту. Таку розподілену силу замінимо зосередженою і прикладеною до зубця черв'ячного колеса у його середньому нормальному до осі перерізі. При цьому сили тертя у зачепленні не враховуються [6,7].



а) черв'ячне колесо; б) витки черв'яка;

Рисунок 1.5 - Зусилля на зубці черв'ячного колеса і витки черв'яка

Дія обертового моменту T_2 на валу черв'ячного колеса спричинює появу нормальної сили F_n з боку витка черв'яка на зубець колеса. Ця сила діє у площині А – А, що нормальна до лінії зубця (рис. 1.5, а), спрямована по нормалі до профілів витка та зубця у точці їх контакту і утворює кут зачеплення α_n з перпендикуляром до лінії центрів черв'яка і черв'ячного колеса.

Колова сила на черв'ячному колесі визначається через обертовий момент T_2

$$F_{t2} = 2T_2/d_2. \quad (1.11)$$

Осьова сила на черв'ячному колесі подається через колову силу F_{t2}

$$F_{a2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \gamma. \quad (1.12)$$

Радіальна сила визначається:

$$F_{r2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (1.13)$$

Нормальна сила F_n на зубець колеса дорівнює сумі складових сил F_{t2} , F_{r2} і F_{a2} , а її модуль визначається за формулою:

$$F_n = F_0 / \cos \alpha_n = F_{t2} / (\cos \alpha_n \cdot \cos \gamma) \quad (1.14)$$

На витки черв'яка з боку зубців колеса діють такі самі сили, але в протилежному напрямі (рис. 1.5, б), до того ж деякі з них міняють свою назву.

Колова сила на черв'яку дорівнює осьовій силі на черв'ячному колесі:

$$F_{t1} = F_{a2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \gamma \quad (1.15)$$

Осьова сила на черв'яку дорівнює коловій силі на колесі:

$$F_{a1} = F_{t2} = 2T_2/d_2 \quad (1.16)$$

Радіальна сила на черв'яку дорівнює радіальній силі на колесі:

$$F_{r1} = F_{r2} = F_{t2} \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (1.17)$$

За розрахункове навантаження на зубці черв'ячного колеса беремо максимальне значення питомої сили, розподіленої по лінії контакту,

$$q = (F_n / l_{\Sigma}) \cdot K_{\beta} \cdot K_v. \quad (1.18)$$

де F_n – нормальна сила на зубці згідно з формулою (1.18);

l_{Σ} – сумарна довжина контактних ліній у зачепленні.

Коефіцієнт K_{β} , що враховує розподіл навантаження по ширині вінця черв'ячного колеса, та коефіцієнт K_v динамічного навантаження мають той самий зміст, що і в зубчастих передачах [7-9].

Наближено сумарну довжину контактних ліній у зачепленні черв'ячної передачі можна визначити за формулою:

$$l_{\Sigma} = b_2 \cdot \varepsilon_{\alpha} / \cos \gamma. \quad (1.19)$$

де b_2 – ширина вінця черв'ячного колеса;

γ – кут нахилу зубців, який дорівнює ділильному куту підйому витків черв'яка;

ε_{α} – торцевий коефіцієнт перекриття який у середній площині черв'ячного колеса становить 1,8–2,2.

Стійкість проти втомного викривлення та проти заїдання активних поверхонь зубців черв'ячного колеса забезпечується при виконанні загальної умови:

$$\sigma_H = Z_M \cdot \sqrt{q/(2\rho_{3B})} \leq [\sigma]_H. \quad (1.20)$$

Для черв'ячної передачі питоми розрахункове навантаження на зубці колеса визначають за виразом :

$$q = q_H = W_{Ht} / (\varepsilon_\alpha \cdot \cos \alpha_n). \quad (1.21)$$

Радіус кривини робочої поверхні витків в осьовому перерізі $\rho_1 = \infty$, а радіус кривини профілів зубців черв'ячного колеса ρ_2 , можна знайти за формулою (1.2) для зубців косозубого зубчастого колеса, замінивши кут β на γ . Тоді матимемо:

$$1/\rho_{3B} = 1/\rho_1 + 1/\rho_2 = 1/\rho_2 = 2 \cos \gamma / (d_2 \cdot \sin \alpha_n). \quad (1.22)$$

$$\sigma_H = Z_M \cdot \sqrt{(W_{Ht}/d_2) \cdot [\cos \gamma / (\varepsilon_\alpha \cdot \cos \alpha_n \cdot \sin \alpha_n)]} \leq [\sigma]_H. \quad (1.23)$$

Взявши $\cos \alpha_n \cdot \sin \alpha_n = 0,5 \sin 2\alpha_n$ та позначивши :

$$Z_H = \sqrt{2 \cos \gamma / \sin 2\alpha_n}; \quad Z_\varepsilon = \sqrt{1/\varepsilon_\alpha}, \quad (1.24)$$

будемо мати остаточну залежність для розрахунку активних поверхонь зубців на контактну втому у такому вигляді:

$$\sigma_H = Z_M Z_H Z_\varepsilon \sqrt{W_{Ht}/d_2} \leq [\sigma]_H, \quad (1.25)$$

де Z_M – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів черв'яка та черв'ячного колеса;

Z_H – коефіцієнт форми спряжених поверхонь витків черв'яка та зубців колеса,

$Z_H = 1,8$ для усереднених значень γ ;

Z_ε – коефіцієнт сумарної довжини контактних ліній у зачепленні;

Розрахунок активних поверхонь зубців черв'ячного колеса на контактну міцність при дії максимального навантаження виконується аналогічно зубчастим передачам:

$$\sigma_{H\max} = \sigma_H \sqrt{T_{2\max}/T_{2H}} \leq [\sigma]_{H\max}, \quad (1.26)$$

де σ_H – розрахункове контактне напруження, що визначається за виразом ;

$T_{2\max}$ – найбільше навантаження з числа короткочасно діючих на валу черв'ячного колеса;

$[\sigma]_{H\max}$ – допустиме граничне контактне напруження.

Розрахунок напружень згину зубців черв'ячного колеса ускладнюються змінною формою перерізів зубця по ширині колеса і тим, що зубець має угнуту форму. У розрахунках черв'ячне колесо розглядають як косозубе циліндричне.

$$\sigma_F = Y_F \cdot Y_\beta \cdot Y_\varepsilon \cdot W_{Ft} / m \leq [\sigma]_F. \quad (1.27)$$

де W_{Ft} – питома розрахункова колова сила на черв'ячному колесі;
 m – коловий модуль зубців черв'ячного колеса (осьовий модуль черв'яка).

Коефіцієнт Y_F форми та підвищеної міцності зубців черв'ячного колеса знаходять за табл. залежно від еквівалентного числа зубців $z_{V2} = z_2 / \cos^3 \gamma$ [10-13].

Коефіцієнт Y_ε перекриття зубців у розрахунках можна брати 0,75.

Коефіцієнт Y_β нахилу зубців черв'ячного колеса слід визначати за виразом $Y_\beta = (1 - \gamma/140) / \cos \gamma$, або його можна брати $Y_\beta \approx 0,95$ (для деякого середнього значення кута нахилу зубців $\gamma \approx 10^\circ$).

Перевірку міцності зубців при згині максимальним навантаженням можна виконати за умовою:

$$\sigma_{F\max} = \sigma_F \cdot (T_{2\max}/T_{2F}) \leq [\sigma]_{F\max}, \quad (1.28)$$

де σ_F – розрахункове напруження згину;

$[\sigma]_{\text{Fmax}}$ — допустиме граничне напруження на згин.

В процесі експлуатації зубці черв'яки піддаються за :

- згинанню при максимальному однократному навантаженні (при різкому гальмуванні, при прикладенні максимального крутного моменту);
- згинанням при багатократних циклічних навантаженнях;
- контактним напруженням;
- зношуванню контактних поверхонь [14].

1.2 Шляхи підвищення коефіцієнту корисної дії та черв'ячних передач

Черв'ячні передачі експлуатуються у середовищі мастила, що сприяє зменшенню коефіцієнту тертя та сприяє більш довготривалій експлуатації.

Черв'ячні передачі застосовуються в механізмах, де необхідні великі передавальні значення і висока кінематична точність (наприклад, ділильні пристрої, механізми наведення, повороту тощо); для передачі обертального руху між перехресними валами (кут схрещування осей зазвичай становить 90°); при невеликих і середніх потужностях, які не перевищують 50 кВт (через низький ККД і схильності до заїдання, а також при періодичній, короткочасній роботі). Застосування передач при великих потужностях неекономічне через порівняно низький ККД і вимагає спеціальних заходів для охолодження передачі щоб уникнути значного нагрівання [15-17].

Таблиця 1.1 – Значення ККД в залежності від числа заходів черв'яка

Передаточне число передачі U	Число заходів черв'яка Z_1	ККД передачі з врахуванням втрат на тертя в підшипниках
Більше 30	1	0,70-0,75
Від 14 до 30	2	0,75-0,82
До 14	4	0,82-0,92

Для зниження сили тертя застосовуються коштовні антифрикційні матеріали (найчастіше на мідній основі), з яких виготовляється зубчастий вінець черв'ячного колеса. Для зменшення температури слід збільшити зовнішню поверхню корпусу редуктора за рахунок виконання на ньому ребер, встановити додатково крильчатку на валу черв'яка або використовувати штучне охолодження мастила. Для зниження сили тертя в зачепленні і тим самим підвищення ККД передачі крім використання коштовного антифрикційного матеріалу необхідно при складанні редуктора домагатися отримання максимальної «плями контакту». «Пляма контакту» - це сума ліній контакту бічних поверхонь витків черв'яка і зубів черв'ячного колеса. Збільшення «плями контакту» призводить до зменшення питомого тиску на поверхні і тим самим до збільшення товщини масляного шару, зниження коефіцієнта тертя, зменшення сили тертя і в результаті до підвищення ККД. Зростання швидкості ковзання також сприяє збільшенню товщини масляного шару за рахунок того, що мастило в силу своєї пружності не встигає видавлюватися із зони контакту, і тим самим підвищенню значення ККД [17].

Ось чому черв'ячну передачу бажано встановлювати на швидкохідній ступені приводу (відразу після двигуна) або використовувати багатозаходний черв'як, що призводить до збільшення кута підйому гвинтової лінії (γ), підвищенню швидкості ковзання і збільшення ККД. Підвищенню ККД черв'ячного зачеплення сприяє застосування спеціальних мастил з противозадирмі добавками, а також циркуляційний змазування зачеплення, при якому менше енергії витрачається на розбризкування і перемішування

мастила Крім цього, для зменшення коефіцієнта тертя витки черв'яка при термообробці, шліфують і навіть полірують. В результаті знижується сила тертя і підвищується ККД.

Найбільшого поширення набули черв'ячні передачі з циліндричним черв'яком, які мають Архімедів профіль витка. Черв'яки виготовляють з вуглецевої або легованої сталі. Для збільшення ККД бічні поверхні черв'яка піддають термічній обробці, шліфують, а іноді і полірують. Черв'ячні колеса можуть бути виготовлені як цільними, так і розбірними. В останньому випадку колесо складається з чавунного або сталевого центру і закріпленого на ньому бронзового (або іншого антифрикційного матеріалу) ободу (вінця). При малих розмірах колеса з антифрикційних матеріалів, а також чавунні будь-яких розмірів виготовляють цільними [18].

1.3 Вибір матеріалів та допустимих напружень для виготовлення черв'ячних пар

З огляду на те, що в черв'ячному зачепленні переважає тертя ковзання, матеріали для виготовлення черв'ячної пари повинні володіти антифрикційними властивостями, підвищеною зносостійкістю і зниженою схильністю до заїдання. Для цього в черв'ячній передачі поєднують різномірні матеріали при малій шорсткості контактуючих поверхонь.

Для черв'яка характерними є відносно малий діаметр і значна відстань між опорами, його жорсткість і міцність забезпечують виготовленням його зі сталі. Оскільки при роботі черв'як служить в якості формотворного елемента, міцність і твердість його поверхні повинні бути вище відповідних властивостей колеса. Виготовлення та черв'яка, і колеса з твердих матеріалів не забезпечує достатньої зносостійкості і опору заїдання. Тому одну з деталей передачі виконують з антифрикційного матеріалу, добре чинить опір заїдання і зносу. Черв'яки виготовляють з середньовуглецевих сталей марок 40, 45, 50 або легуваних сталей марок 40X, 40XH тощо. З поверхневим або об'ємним гартуванням до твердості 45...55 HRC. При цьому необхідне шліфування та полірування робочих поверхонь витків. Задовільну роботу передачі забезпечують черв'яки з цементованих сталей (15X, 20X тощо) твердістю після гартування 58...63 HRC. Застосування азотованих сталей 38X2MЮА, 38X2Ю дозволяє виключити шліфування черв'яка. Черв'яки поліпшені і без термообробки застосовують лише у допоміжних малонавантажених передачах. Найбільш поширені марки сталей для виготовлення черв'яків та відповідні механічні властивості наведені в таблиці 1.2 [19,20]

Таблиця 1.2. – Механічні властивості сталей 20Х, 12ХН3А, 40Х, 40ХН2МА

Марка сталі	Режим термічної обробки	σ_T , МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	KCU, Дж/см	HB(HRC)
1	2	3	4	5	6	7	8
20Х	Цементация 920-950°C, повітря; Гарт 800°C, масло; відпуск 190°C	390	640	13	40	49	Серцевини 250 (поверхні 55-63)
12ХН3А	Цементация 920-950°C, пов.; Гарт 800-820°C; відпуск 160°C	830	980	12	55	118	Серцевини 350 (поверхні 59-64)
40Х	Гартування 850°C, Відпуск 600°C, Гартування СВЧ 1000°C, відпуск низький 180°C	720	860	14	60	147	Серцевини 265 (поверхні 53-55)
40ХН2М А	Гартування 850°C, Відпуск 600°C, Азотування 520-540°C	860	960	20	62	147	Серцевини 275 (поверхні 640-700HV)

Черв'ячне колесо зазвичай виготовляють із декількох складових: вінець - з антифрикційних, дорогих і маломіцних матеріалів; центр - зі сталі; при невеликих навантаженнях - з чавуну. Матеріали вінців черв'ячних коліс поділяють на групи (в порядку зниження опору заїдання і посиленому зношуванню); 1) олов'яні бронзи; 2) безолов'яні бронзи і латуні (БрА9ЖЗЛ, БрА10Ж4Н4Л, ЛАЖМц66-6-3-2 тощо); 3) чавуни (СЧ15, СЧ20 тощо). Чим вищий вміст олова в бронзі, тим вона дорожча, але тим вище опір заїдання [21].

Орієнтовну швидкість ковзання $V_{\text{ков}}$, в залежності від якої обирають марку матеріалу вінця черв'ячного колеса розраховують виходячи із емпіричної формули:

$$V_{\text{ков}} = 4.5 \cdot 10^{-4} n_1 \sqrt{T_2}, \quad (1.29)$$

де n_1 – частота обертання валу черв'яка, хв^{-1} ;

T_2 – крутний момент на валу черв'ячного колеса, Н·м

Зубчасті вінці черв'ячних коліс виготовляють переважно з бронзи, причому вибір її марки визначається швидкістю ковзання V_s і тривалістю роботи. При високих швидкостях ковзання ($V_{\text{ков}} = 6 \dots 25 \text{ м/с}$) і при тривалій роботі рекомендуються олов'яні бронзи марок БрОФ10-1, БрОНФ (таблиця 1.3), які мають відмінні протизадирні властивості [22].

Таблиця 1.3 – Матеріали для вінців черв'яків першої групи

Матеріал	Спосіб лиття *	Допустима швидкість ковзання $[V]_{\text{ков}}$, м/с	Модуль пружності $E \cdot 10^{-5}$, МПа	Границя плинності σ_T , МПа	Границя тимчасового опору σ_b , МПа
1	2	3	4	5	6
БрОНФ	Ц	35	0,98	170	290
БрО10Н1Ф1	Ц	25	0,98	165	285

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6
БрО10Ф1	К	12	0,75	200	245
БрО10Ф1	П	12	0,75	140	215
БрО10Ц2	К	8	1,00	250	300
БрО10Ц2	П	8	1,00	160	250
БрО5Ц5С5	К	8	0,88	90	200
БрО5Ц5С5	П	8	0,88	80	150

* Ц – центробіжне; К – в кокіль; П – в пісчані форми

При середніх швидкостях ковзання ($V_{\text{ков}} = 2-6$ м/с) застосовують алюмінієві бронзи та латуні. Алюмінієві бронзи мають знижені протизадирні властивості, в окремих випадках їх застосовують при $V_{\text{ков}}$ до 8 м / с. Також застосовуються латуні, які також задовільняють властивостям, які вимагаються (таблиця 1.3) [23].

Таблиця 1.4 – Матеріали для вінців черв'ячних колес другої групи

Матеріал	Спосіб лиття *	Допустима швидкість ковзання [V] _{ков} , м/с	Модуль пружності $E \cdot 10^{-5}$, МПа	Границя плинності σ_T , МПа	Границя тимчасового опору σ_B , МПа
1	2	3	4	5	6
БрА10Ж4Н4	Ц	5	1,15	280	700
БрА10Ж4Н4	П	5	1,15	280	650
БрА10Ж3Мц1.5	К	5	0,95	220	550
БрА10Ж3Мц1.5	П	5	0,95	220	450
БрА9Ж3Л	Ц	5	1,2	200	500
БрА9Ж3Л	К	5	1,2	195	490
БрА9Ж3Л	П	5	1,5	195	390
ЛАЖМц66-6-3	Ц	4	0,95	300	500

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6
ЛАЖМц66-6-3- 2	К	4	0,95	295	450
ЛАЖМц66-6-3- 2	П	4	0,95	260	400

* Ц – центробіжне; К – в кокіль; П – в пісчані форми

При невеликих швидкостях ковзання ($V_{\text{ков}} < 2$ м/с) черв'ячні колеса можна виготовляти з сірих чавунів СЧ12, СЧ15, СЧ18 тощо (таблиця 1.4).

Таблиця 1.5 – Матеріали для вінців черв'яків третьої групи

Матеріал	Спосіб лиття *	Допустима швидкість ковзання $[V]_{\text{ков}}$, м/с	Модуль пружності $E \cdot 10^{-5}$, МПа	Границя міцності $\sigma_{\text{зг}}$, МПа
СЧ 15	Будь-який	3	1,0	320
СЧ 18	Будь-який	2	1,1	360
СЧ 28	Будь-який	2	1,1	480

Слід зазначити, що олов'яні бронзи у 8 разів коштовніші ніж чавун, проте для більш відповідальних деталей слід обирати матеріали першої категорії.

Розрахункову формулу для визначення допускаються контактних напружень зубів черв'ячного колеса $[\sigma_H]$ обирають згідно по таблиці 1.6 в залежності від обраного матеріалу і твердості матеріалу виготовленого черв'яка HB (HRC) [24].

Таблиця 1.6 – Допустимі контактні напруження

Група	HB черв'яка ≤ 350	HRC черв'яка ≥ 45
I	$[\sigma_H] = 0.5 C_V \cdot K_{HL} \sigma_B$	$[\sigma_H] = 0.90 C_V \cdot K_{HL} \sigma_B$
II	$[\sigma_H] = 250 - 25V_{кон}$	$[\sigma_H] = 300 - 25V_{кон}$
III	$[\sigma_H] = 175 - 35V_{кон}$	$[\sigma_H] = 200 - 35V_{кон}$

де C_V – коефіцієнт, який враховує зношення матеріалу колеса, який обирається із таблиці 1.7;

Таблиця 1.7 – Значення коефіцієнту C_V

$V_{кон},$ м/с	1	2	3	4	5	6	7	≥ 8
C_V	1,33	1,22	1,11	1,02	0,95	0,88	0,83	0,80

K_{HL} – коефіцієнт довговічності, який визначається за формулою:

$$K_{HL} = \sqrt[8]{\frac{N_{Hlim}}{N_{HE}}} \quad (1.30)$$

де N_{Hlim} – базове число циклів навантаження 10^7 .

N_{HE} – еквівалентне число циклів навантаження, яке розраховується за формулою:

$$N_{HE} = 60 L_H n_2 \quad (1.31)$$

L_H – необхідна довговічність передачі, год (для черв'ячних передач зазвичай дорівнює 10000 год). n_2 – частота обертання валу черв'ячного колеса, $хв^{-1}$. При $N_{Hlim} \leq N_{HE}$ приймають K_{HL} рівного 1.

Основним критерієм оцінки експлуатаційних властивостей черв'ячних передач є зносостійкість і в меншій мірі міцність на згин зубців черв'ячного колеса.

Для робочих поверхонь зубців черв'ячних колес із олов'яних бронз характерне втомне руйнування, для інших матеріалів – задири та заїдання. В рідкісних випадках спостерігаються втомні руйнування витків або тіла черв'яка, а також розриви вінців черв'ячного колеса за впадиною.

При проектуванні черв'ячних передач необхідно виконувати наступні умови в зазвичай прийнятих позначеннях:

1. $\sigma_H \leq [\sigma_H]$ – умова контактної міцності поверхні зубців черв'ячного колеса (зношення, намазування, заїдання, задир);

2. $\sigma_F \leq [\sigma_F]$ – умова міцності зубців черв'ячного колеса на згин (деформація та поломка зубців в результаті значного зношення, накопичення втомних пошкоджень або перевантажень);

3. $y \leq [y]$ – умова достатньої жорсткості на згин валу черв'яка, де y – максимальний прогин під дією сил в заціплені;

4. $t \leq [t]$ – умова допустимої робочої температури;

5. $\sigma_H \leq [\sigma_H]$; $\sigma_F \leq [\sigma_F]$ – міцність зубців колеса при дії короткочасних перевантажень при пусках і зупинках із великими інерційними масами.

6. При високих вимогах до надійності червячної передачі проводять розрахунки на відсутність заїдання і на заданий ресурс (при наявності статистичних даних, отриманих при дослідженнях в конкретних умовах) [25].

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Хімічний склад досліджених матеріалів

В роботі досліджено виливки із сірого чавуна двох типів призначених для виготовлення черв'ячних вінців із необхідними антифрикційними властивостями. Матеріал першого типу є звичайним сірим чавуном, що виплавляється за стандартною методикою. Матеріал другого типу – сірий чавун із додаванням 5% Cu. Хімічний склад наведений в таблиці 2.1.

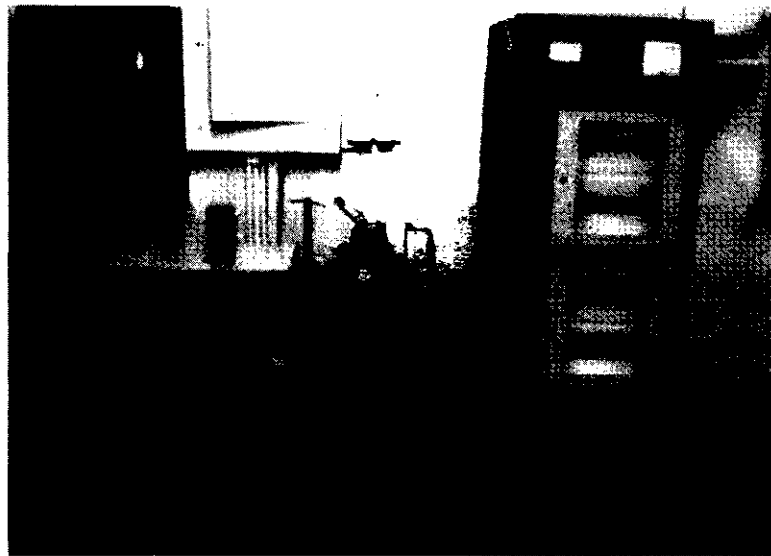
Таблиця 2.1 – Хімічний склад зразків із сірого чавуну, % мас.

Матеріал	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Cu
Матеріал 1	3,0	0,6	2,8	0,3	0,6	0,06	0,8
Матеріал 2	2,9	0,6	2,6	0,3	0,6	0,06	5,8

Лиття проводилось в пісчані – рідкоскляні форми. Температура при розливанні із ковша складала 1280°C.

2.2 Дослідження властивостей тертя

Випробування на зносостійкість проводились на стандартній машині тертя СМТ-1, яка наведена на рисунку 2.1 , за схемою «Диск - колодка». Колодки виготовлені зі сталі 40Х, з кільця із зовнішнім діаметром 70мм, внутрішній діаметр шліфований під розмір ролика. Поверхні тертя колодки вирізана канавка глибиною 2,0 мм овального перетину з нахилом до ширини зразка [26].



а



б

а) загальний вигляд; б) дослідна камера;

Рисунок 2.1 – Машина тертя СМТ-1

Дослідження проводились із використанням двох різних середовищ: мінеральної олії та води. Частота обертання диску складала 300 об/хв, навантаження на зразок підвищувалось поступово із кроком 100 Н в діапазоні 100...1500 Н. Антифрикційні властивості дослідних матеріалів порівнювались із властивостями зразків бронзи БрОС – 10-10, із дослідженнями в ідентичних умовах.

2.3 Дослідження мікроструктури

2.3.1 Приготування зразків для досліджень

Приготування металографічних шліфів зазвичай складається з наступних операцій: вирізання зразка і підготовки поверхні, шліфування, полірування, травлення.

Шліфування починається з абразивної обробки. Абразивна обробка шліфів полягає в тому, що зрізаються нерівності поверхні абразивними частинками; обробку проводять в декілька стадій, поступово зменшуючи зернистість цих частинок.

Шліфування починають на папері з більшим абразивним зерном (№ 60), потім переходять на шліфування папером з більш дрібним зерном і закінчують на папері № 220 ... 280. Шліфують зразок, злегка притискаючи його до шліфувального диску. Кожен раз при переході на більш тонкий папір зразок очищають від наждачним пилом, повертаючи на кут 90° , і шліфують до тих пір, поки не зникнуть сліди попередньої обробки.

Після тонкої шліфовки зразок промивають струменем води для видалення частинок абразиву і піддають поліруванню.

Механічне полірування проводять на спеціальному полірувальному верстаті, диск якого обтягнутий фетром або сукном. Диск верстата змочують полірувальною рідиною, що складається з води, в якій в підвішеному стані знаходяться частинки полірувального порошку (окису алюмінію або окису хрому). Зразок не слід сильно притискати до диска. Полірування триває 8 ... 10 хвилин, іноді і дещо більше, що залежить від стану поверхні до полірування, а також властивостей сплаву і поліруючої рідини.

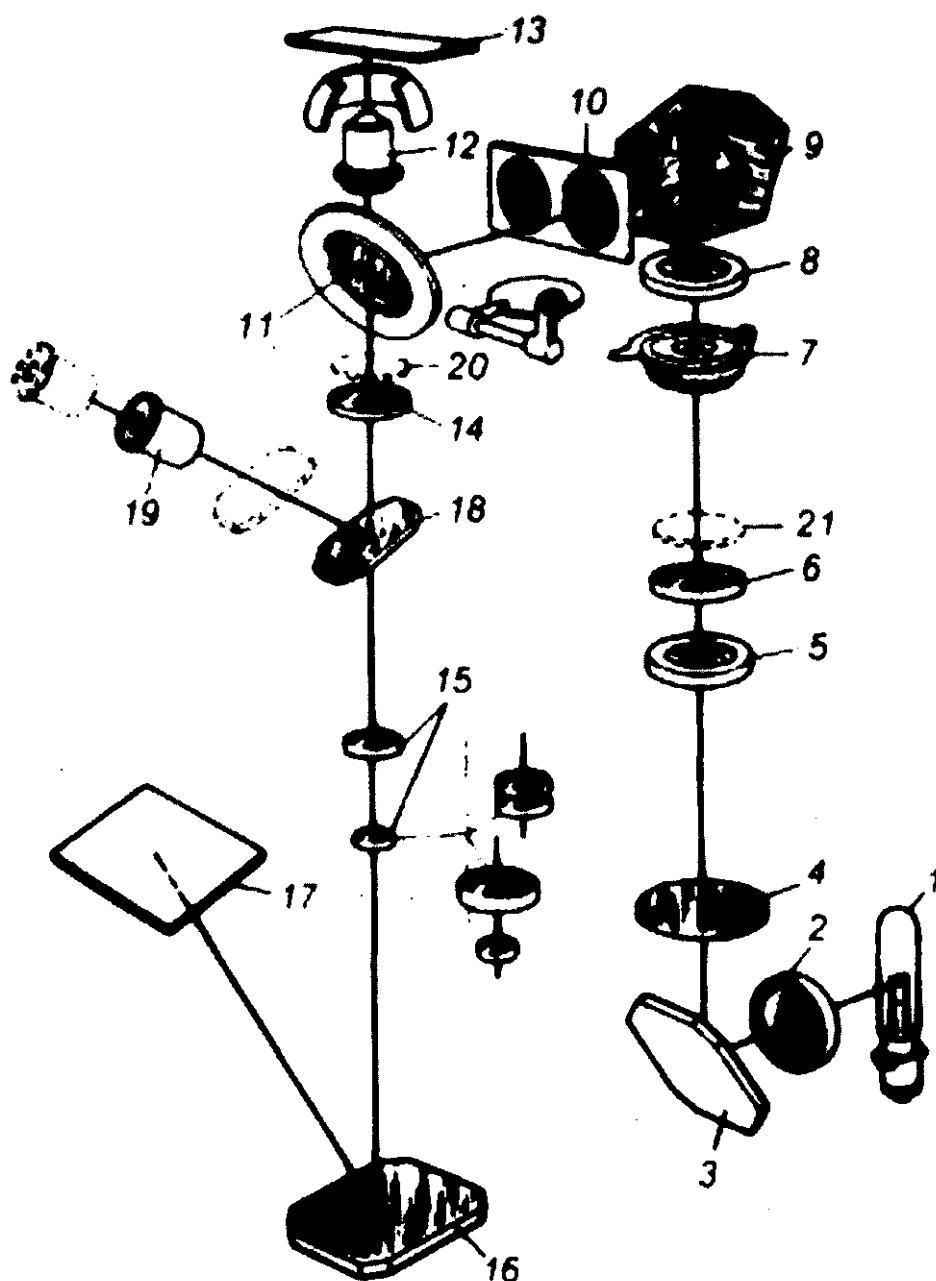
Полірування закінчують після того, як мікрошліф набуває дзеркальної поверхні. Потім шліф промивають водою, витирають фільтрувальним папером і розглядають під мікроскопом при збільшенні в 100 ... 150 разів. На полірованому шліфі добре виявляються неметалеві включення, мікропори і

тріщини, а також фази, твердість яких значно відрізняється від твердості основною структурною складовою [27].

2.3.2 Дослідження мікроструктури на оптичному мікроскопі

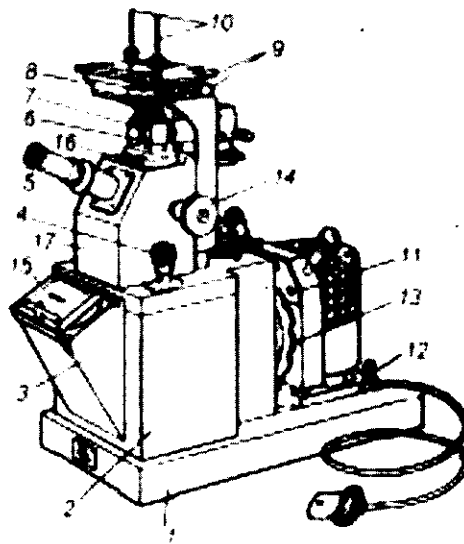
Проводить металографічний мікроскоп МІМ-7 дозволяє вивчати непрозорі тіла в відбитому світлі. Корисне збільшення мікроскопа МІМ- 7 знаходиться в межах 70 - 1440 разів.

На рисунку 2.2 наведена оптична схема мікроскопа, а на рисунку 2.3 наведено загальний вигляд мікроскопу. Світлові промені від джерела світла 1, проходять через колектор 2, відбиваються від дзеркала 3, проходять через світлофільтр 4 і апертурну діафрагму 5 (що обмежує світловий пучок для отримання більш чіткого зображення), лінзу 6, фотозатвор 7, польову діафрагму 8 (обмежує розмір освітленого поля на мікрошліф), пентапризму 9, лінзу 10 і потрапляють на напівпрозору відбивну пластину 11. Від цієї пластини світлові промені направляються в об'єктив 12 і на об'єкт (мікрошліф) 13. Відображаються від мікрошліфа, світлові промені потрапляють знову в об'єктив 12, проходять через відбивну пластину і ахроматичну лінзу 14 і дзеркалом 18 направляються в окуляр 19 для візуального спостереження. Для фотографування об'єкта дзеркало 18 вимикається, світлові промені проходять через окуляр 15, відображаються дзеркалом 16 і потрапляють на фотопластину 17.



1 - лампа; 2 - колектор; 3, 16, 18 - дзеркала; 4 - світлофільтр;
 5- апертурна діафрагма; 6, 10 - лінзи; 7 - фотозатвор; 8 - польова діафрагма;
 9 - пентапрізма; 11 - відбивна платівка; 12 - об'єтив; 13 - площина предмета;
 14 - ахроматична лінза; 15 - окуляр; 17 - матова платівка; 19 - окуляр;
 20 - вкладний аналізатор; 21 - поляризатор.

Рисунок 2.2 – Оптична схема мікроскопа MIM-7



1 - підставка мікроскопа; 2 - корпус; 3- фотокамера; 4 - баранчик мікрометричної подачі об'єктива; 5 - візуальний тубус; 6 - рукоятка діафрагми темного поля; 7 - ілюмінатор; 8 - предметний столик; 9 - рукоятки переміщення столика; 10 - клеми; 11 - освітлювач; 12 - рукоятка стопорного пристрою освітлювача; 13 - диск з набором світлофільтрів; 14 - рукоятка грубої подачі столика; 15 - матова платівка в рамці; 16 - аналізатор; 17 - корпус центральної частини.

Рисунок 2.3 – Загальний вигляд мікроскопу МИМ-7

При дослідженні металів і сплавів часто необхідно знати величину якого-небудь елемента структури, наприклад, розмір зерна або часток другої фази, відстань між ними, глибину цементованого або азотованого шару і тощо. Найбільш важливою структурною характеристикою металів і сплавів є розмір зерна, від якого залежать механічні властивості виробів, поведінка матеріалу в різних процесах обробки тиском, термічної й механічної обробки. Відомо, що зі зменшенням розміру зерна збільшується границя текучості гомогенних сплавів. При однаковій твердості й міцності ударна в'язкість дрібнозернистої сталі значно перевершує ударну в'язкість грубозернистої сталі [28].

2.3.3 Дослідження мікроструктури на растровому електронному мікроскопі

Растровий електронний мікроскоп (РЕМ) призначається для дослідження і аналізу мікроструктурних характеристик сплавів. Він дозволяє одержувати зображення мікрорельєфу поверхні зразків з високою роздільною здатністю і значною глибиною різкості, а також проводити аналіз хімічного складу дослідженої ділянки зразка з використанням рентгенівського мікроаналізатора. Електроннооптичну схему РЕМа зображено на рис. 2.3.

Електрони з вольфрамового катода, розжареного до 2430 С, прискорюються в електричному полі, створеному різницею потенціалів (до 50 кВ) між катодом 1 і анодом 3. За допомогою конденсорних лінз 5 і 6 та об'єктивної лінзи 9 пучок електронів формується у вузький зонд розміром 0,1-3 мкм. Змінюючи струм у лінзах, здійснюють регулювання інтенсивності та фокусування зонда на поверхні зразка 14 за рахунок взаємодії магнітного поля лінз з пучком електронів.

Вузький сфокусований пучок електронів може бути нерухомим, або розгортатися в растр за допомогою генератора сканування 13 та відхиляючої системи 7. Синхронно із скануванням зонда на екрані електроннопроменевої трубки (ЕПТ) 18 формується зображення.

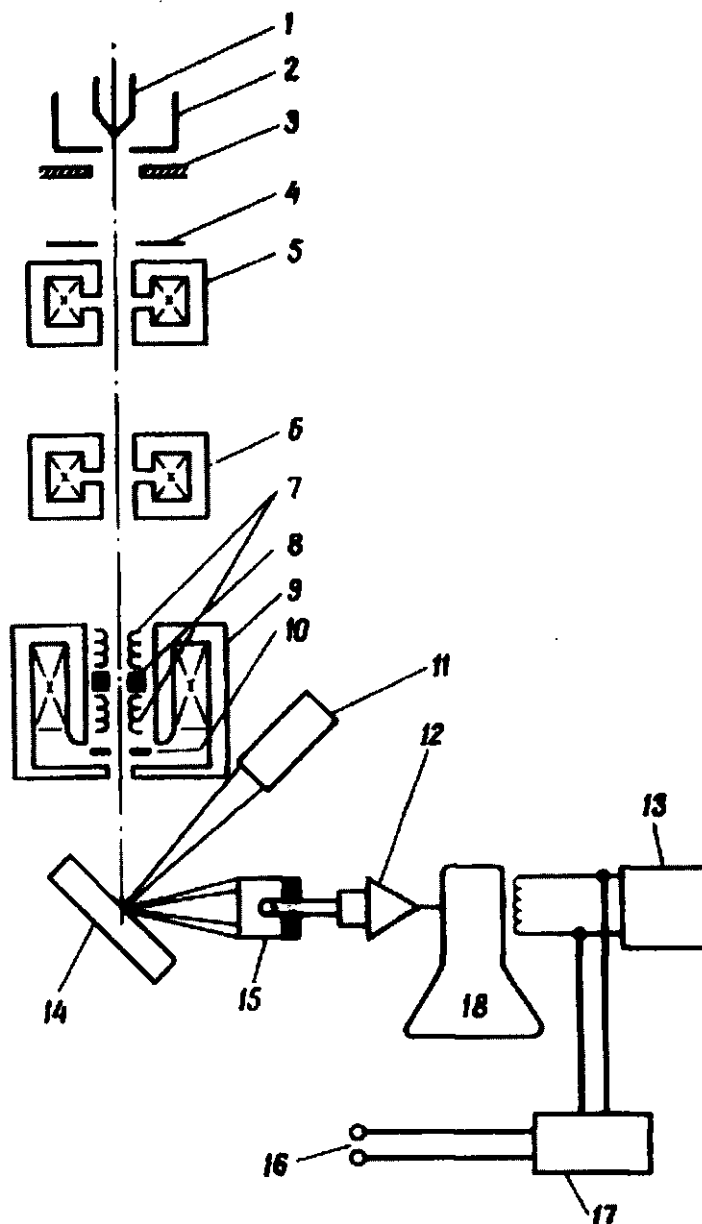


Рисунок 2.3 – Схема електронної оптики растрового електронного мікроскопа з мікроаналізатором

При взаємодії первинних електронів із зразком відбуваються такі процеси: відбиття електронів внаслідок пружного розсіяння, поглинання електронів, поява вторинних електронів та утворення характеристичного рентгенівського випромінювання.

Відбиті електрони – це пружнорозсіяні електрони з такою ж довжиною хвилі, як і у первинних, бо зміна траєкторії їх розповсюдження у зразку

відбувається із незначною втратою енергії. Слабозв'язані електрони, після непружної взаємодії з первинними електронами, емітують із зовнішніх оболонок атомів зразка, тому їх називають вторинними електронами. При взаємодії первинних електронів із електронами внутрішніх оболонок атомів зразка також виникає характеристичне рентгенівське випромінювання. Енергія рентгенівських квантів електронів, а саме довжина хвилі, є характеристикою хімічного елемента.

Вторинна електронна емісія виникає поблизу місця падіння зонда від усіх точок складного рельєфу. За допомогою детектора 15, встановленого біля зразка, сигнали від електронів, що виходять з поверхні зразка, перетворюються в електричні імпульси. Після проходження через підсилювач 12, вони передаються в модулятор електроннопроменевої трубки 18. Сканування електронного зонда по поверхні об'єкта і променя на екрані ЕПТ здійснюється синхронно від генератора сканування 13 і тому кожній точці на зразку відповідає точка на екрані ЕПТ.

При переміщенні зонда, у відповідності зі зміною локальних властивостей зразка (частинки інших фаз, рельєф поверхні і т. інше), змінюється кількість розсіяних електронів і відповідно змінюється яскравість точки на екрані ЕПТ, тобто виникає контраст і створюється зображення поверхні зразка.

В РЕМі використовують два види контрасту: контраст від хімічного складу, що залежить від атомного номеру елементів, і топографічний контраст, який визначається рельєфом поверхні зразка.

Контраст від хімічного складу виникає тому, що ділянки з великим атомним номером будуть більш яскравішими, бо кількість розсіяних електронів пропорційна атомному номеру елемента. Топографічний контраст, на відміну від попереднього, пов'язаний з розташуванням рельєфної поверхні під різними кутами до напрямку падіння зонда. Більша кількість електронів буде реєструватися від тих ділянок рельєфу, що мають більший кут між

нормаллю до поверхні ділянки (в точці падіння первинного пучка) і його напрямком.

Враження об'ємності структури поверхні пояснюється великою глибиною зображення РЕМа. Цей вид контрасту використовується при вивченні зламів.

При реєстрації струму поглинання контраст зображення буде протилежним контрасту у відбитих (розсіяних) та вторинних електронах.

Збільшення зображення, одержаного в РЕМі, дорівнює відношенню лінійних розмірів растра на екрані ЕПТ і растра на зразку. Розмір растра на об'єкті можна регулювати зміною сили струму в растрових котушках. Загальне збільшення коливається в широкому діапазоні від 50 до 200 тис. разів і значно перебиває діапазон збільшення світлового мікроскопа [29].

Метод РСМА призначений для визначення елементного (хімічного) складу досліджуваного об'єкта. Метод дозволяє проводити якісний і кількісний аналіз. Завданням якісного аналізу є визначення всіх хімічних елементів, що входять до складу досліджуваного об'єкта. Якісний аналіз застосовується, коли про склад об'єкта нічого невідомо, і необхідний для подальшого кількісного аналізу. Кількісний аналіз визначає, в яких кількісних співвідношеннях знаходяться елементи. Тобто результатом кількісного аналізу може бути хімічна формула речовини або частки (відсотку) кожного хімічного елемента. При РСМА аналізується склад мікрооб'ємах, в якому відбувається збудження рентгенівського випромінювання (область генерації) електронним пучком (зондом). Розміри в мікрооб'ємах визначаються діаметром електронного пучка і властивостями досліджуваної речовини. Проте мінімальний розмір області генерації становить близько одного мікрона і не змінюється при подальшому зменшенні діаметра пучка.

Досліджуваний зразок бомбардується високоенергетичними електронами (1-50 кеВ, зазвичай 10-15 кеВ), в результаті чого з його поверхні відбувається емісія рентгенівського випромінювання. З аналізу характеристичного рентгенівського випромінювання визначається, які

елементи входять в його склад і в яких кількісних співвідношеннях вони складаються.

Характеристичне випромінювання обумовлено переходами електронів між внутрішніми або зовнішньої і внутрішніми оболонками атома. Коли електрон високої енергії взаємодіє з атомом, він може вибити один з електронів внутрішньої оболонки. В результаті атом переходить в іонізований, або збуджений стан, з вакансією в оболонці. Мінімальна енергія, необхідна для вибивання електрона з певного рівня відома під назвою «Критична енергія іонізації E_c ». Таким чином, для того щоб відбувся такий перехід в збуджений стан, енергія падаючого електрона повинна бути більше або дорівнювати критичній енергії. Критична енергія має величину строго певну для будь-якого конкретного рівня електронної оболонки атома - K, L, M, N. Перехід в нормальний стан відбувається, коли один з електронів зовнішньої оболонки заповнює цю вакансію. Величина зміни енергії визначається унікальною для кожного хімічного елемента електронною структурою атома.

Якісний рентгеноспектральний мікроаналіз можливий завдяки тому, що кожен хімічний елемент має набір характеристичних ліній з унікальними довжинами хвиль. Процедура якісного аналізу полягає в отриманні спектра рентгенівського випромінювання зразка і подальшого його розшифрування. Якщо спектрометр не може отримати спектр всього діапазону характеристичного випромінювання, отримують декілька спектрів на різних спектрометрах, які разом перекривають весь діапазон. Розшифрування спектрів полягає в ідентифікації ліній. Положення (довжини хвиль) всіх ліній для кожного елемента відомі. Тому ідентифікація являє собою порівняння спектра до положень ліній різних елементів в спеціальній таблиці. Кількісний рентгеноспектральний мікроаналіз – це відносний метод, заснований на порівнянні вимірюваної інтенсивності рентгенівських ліній, що генеруються

в зразку з інтенсивностями відповідних ліній в належному стандартному зразку (стандарті) відомого складу, при відомих токах зонда і ідентичних

інших аналітичних умовах (однакове напруження, однакова геометрія установки зразка і стандарту, однаковий стан поверхні).

Установка РСМА повинна включати в себе, як мінімум, джерело електронів заданої енергії і спектрометр для реєстрації рентгенівського випромінювання. В даному випадку використовується растровий електронний мікроскоп з можливістю проведення мікроаналізу.

Гіпс має високий коефіцієнт тертя і достатню стійкість проти сприйнятих тертях. Антифрикційні властивості гіпсу відзначаються, якщо вміст в ньому до 1,5 % вільного фериту й дрібні включення фосфіду та оксиду вуглецю в вигляді пластинчастого графіту. Під час роботи зразка графітові пластинки на поверхні утворюють загущення (графітові гнізда), у яких зберігається мастило. Під час роботи діє механізм підтримки пари, що зменшує тертя.

Найважливіший процес, який визначає структуру сірого чавуну, є вміст, і його властивості, - це графітізація, яку слід зазначити як головну кількість і характер графіту, як в значній мірі і структура зернистості. Зокрема, що найважливішим фактором, що визначає структуру і властивості сірого чавуну, є вміст вуглецю, який присутній в металі в той чи інший кількості. Вуглець в чавунних сплавах може перебувати у вигляді вільного зчлену графіту і в вигляді мікронної структури в чавуні Fe-C, який називається карбідом заліза або цементитом. Чим більше вуглецю в чавуні, тим більше виділяється графіту. Графіт в сірому чавуні розташовується в формі пластинок, які розділяють основну металеву масу і зберігають надлишок чавуну. Чим менше вуглецю і чим дрібніша за величиною пластинки його, тим вище механічні властивості чавуну. В той же час вуглець зображує вплив на властивості. При виготовленні сплаву вміст вуглецю коливається в значних межах, в загальному сірому чавуні - від 3,2 до 3,7%. Для забезпечення високих лінійних властивостей (доброю рідкоплавністю) має бути не менше 2,4% C. Процес виділення графіту з цементиту від час затвердіння і

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Вплив хімічного складу на властивості сірих чавунів

В якості антифрикційного матеріалу використовується сірий чавун, хімічний склад якого наведено в таблиці 2.1. Сірі чавуни мають низький коефіцієнт тертя і достатню стійкість проти спрацювання тертям. Антифрикційні властивості чавуну підвищуються, якщо металева основа містить до 15 % вільного фериту й дрібні включення фосфідної евтектики за наявності вуглецю у вигляді пластинчастого графіту. Під час роботи вузла графітові пластинки на поверхні утворюють заглибини (графітові гнізда), у яких затримується мастило. Це поліпшує роботу ділянок підшипникової пари, що зазнає тертя.

Найважливіший процес, який визначає структуру сірого чавуну, а значить, і його властивості, - це графітизація, від якої залежать не тільки кількість і характер графіту, але в значній мірі і структура матриці. Загальновизнано, що найважливішими елементами, що визначають структуру і властивості сірого чавуну, є вуглець і кремній, завжди присутні в металі в той чи іншій кількості. Вуглець в чавунних виливках може перебувати у вигляді вільного вуглецю- графіту і в вигляді хімічної сполуки з залізом Fe_3C , який називається карбідом заліза або цементитом. Чим більше вуглецю в чавуні, тим більше виділяється графіту. Графіт в сірому чавуні розташовується в формі пластинок, які роз'єднують основну металеву масу і знижують міцність чавуну. Чим менше вуглецю і чим дрібніші за величиною пластинки його, тим вище механічні властивості чавуну, в той же час вуглець покращує ливарні властивості. При виготовленні виливків вміст вуглецю коливається в значних межах: в звичайному сірому чавуні – від 3,2 до 3,9%. Для забезпечення високих ливарних властивостей (доброю рідкотекучістю) має бути не менше 2,4% С. Процес виділення графіту з цементиту під час затвердіння і

охладження виливки супроводжується збільшенням об'єму, що знижує усадку чавуну.

На структуру чавунів, що крім заліза і вуглецю містять і інші елементи, сильно впливає хімічний склад. Елементи кремній, титан, нікель, мідь, алюміній, що сприяють виділенню графіту, називають графітізуючими. Елементи марганець, молібден, сірка, хром, ванадій, вольфрам, навпаки, сприяють утриманню вуглецю у зв'язаному стані у виді цементиту. Їх називають антиграфітізуючими чи гальмуючими графітізацію.

Зазвичай, на виробництві для отримання заданої структури регулюють вміст кремнію, марганцю, вуглецю. Чим більше кремнію в чавуні, тим менше в ньому зв'язаного вуглецю і тем м'якше чавун. У сірі чавуни вводять 1,5...3,5% Si. З залізом кремній утворює стійке хімічне з'єднання FeSi . Змінюючи вміст кремнію в чавуні, можна регулювати співвідношення між зв'язаним вуглецем і графітом. Кремній підвищує рідкотекучість чавуну і зменшує його усадку. При вмісті кремнію до 1,5% механічні властивості сплаву підвищуються.

При вмісті марганцю в межах 0,5...1,0% кількість зв'язаного вуглецю збільшується. Крім того, марганець зв'язує сірку в MnS , що зменшує вибілюючу дію сірки. У звичайному сірому чавуні фосфору міститься 0,3...0,4%.

При виготовленні художніх виливків для підвищення рідкотекучості в чавун вводять фосфор (до 1,0%). При надлишку фосфору утворюється подвійна і потрійна фосфідну евтектика ($\text{Fe} + \text{Fe}_3\text{P}$ і $\text{Fe} + \text{FeP} + \text{Fe}_3\text{C}$) з температурою плавлення близько 950°C . Фосфідна евтектика має високу стійкість. При вмісті фосфору до 0,7% вона виділяється у вигляді окремих включень, при більшому вмісті - у вигляді суцільної сітки по границях кристалів. Вона збільшує крихкість (холодноламкість) чавуну. Фосфор сприяє графітізації і збільшує його рідкотекучість.

Сірка - шкідлива домішка, вона сприяє збільшенню зв'язаного вуглецю (так називане відбілювання чавуну), знижує рідкорухомість, збільшує усадку і схильність до утворення тріщин. Сірка допускається в мінімальній кількості

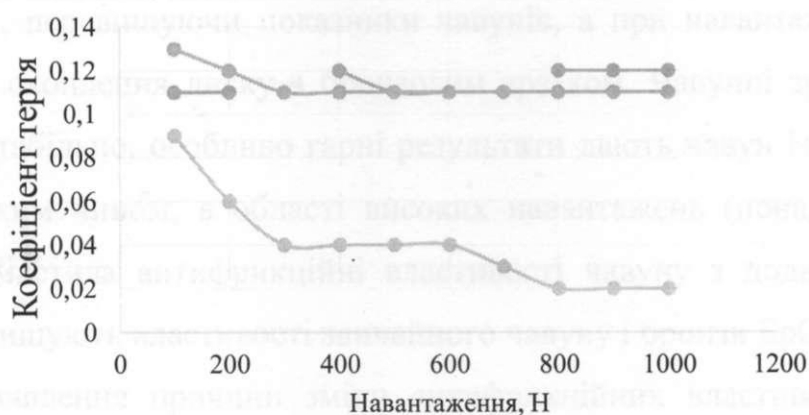
(не більш 0,08-0,1%). Якщо в чавуни вводять такі елементи, як алюміній, мідь, хром, чи нікель кремній - понад 3,5%, марганець - понад 1%, то їх називають легованими чи спеціальними. Сульфід заліза (II) утворює з залізом легкоплавке з'єднання Fe-FeS з температурою плавлення 985°C. Це з'єднання при затвердінні виливка кристалізується останнім по межах кристалів і знижує механічні властивості чавуну, спричиняючи червоноламкість. При модифікуванні чавунів магнієм сірка з ним утворює сульфід магнію, скупчення якого призводить до утворення чорних плям, які ослаблюють перетин виливків. Зменшення вмісту сірки можна досягти процесом десульфурації. Основним джерелом підвищення вмісту сірки в чавуні є паливо, яке містить 0,5-2% сірки. Насичення чавуну сіркою можливо шляхом прямого контакту з твердим паливом і через газову фазу. Прямий перехід сірки з твердого палива в чавун залежить від величини поверхні палива. Сірка, що міститься в паливі, розподіляється між чавуном, шлаком і газовою фазою в наступному співвідношенні: $S_{\text{чавун}} : S_{\text{шлак}} : S_{\text{газ}} = 25 : 25 : 50$.

Неметалеві включення в чавуні є найчастіше ендегенними, виникаючими за рахунок хімічних реакцій, що відбуваються в розплаві, або особливостей технологічних процесів приготування сплавів і їх подальшої кристалізації. Можуть бути включення і екзогенними, які потрапили в виливок з зовнішнього середовища після приготування рідкого розплаву. Вміст включень в сірому чавуні з врахуванням графіту може досягати 5...6%. У легованих чавунах і в чавунах, що містять домішки кольорових металів, можуть бути присутніми найрізноманітніші включення, що представляють з'єднання цих металів з киснем та іншими елементами. Багато включення містяться у вигляді надзвичайно тонких утворень колоїдного розміру (1см³ звичайного сірого чавуну може перебувати: до 5млн стійких оксидних включень, в числі яких міститься близько 70% включень розміром від 0,2 до 1 мкм; близько 43 млн сульфідів; близько 5 млн. карбонітрідів).

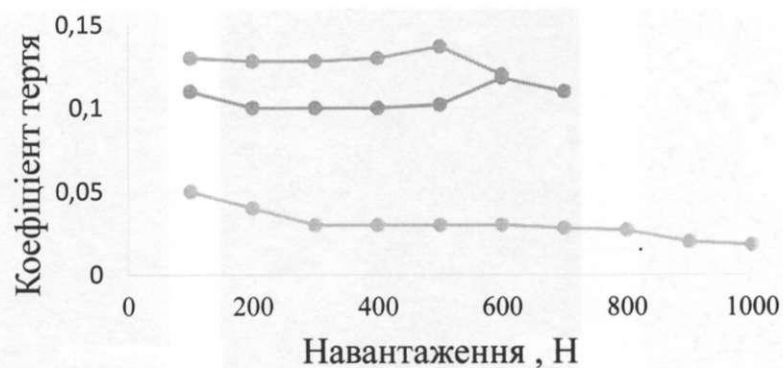
Рисунок 3.1 – Габаритні розміри сірки чавуну та сталі
BrOC 10-10 в умовах контактного тиску

3.2 Вплив міді на антифрикційні властивості сірих чавунів для виготовлення вінців черв'яка

На рисунку 3.1 представлені результати проведених досліджень.



а



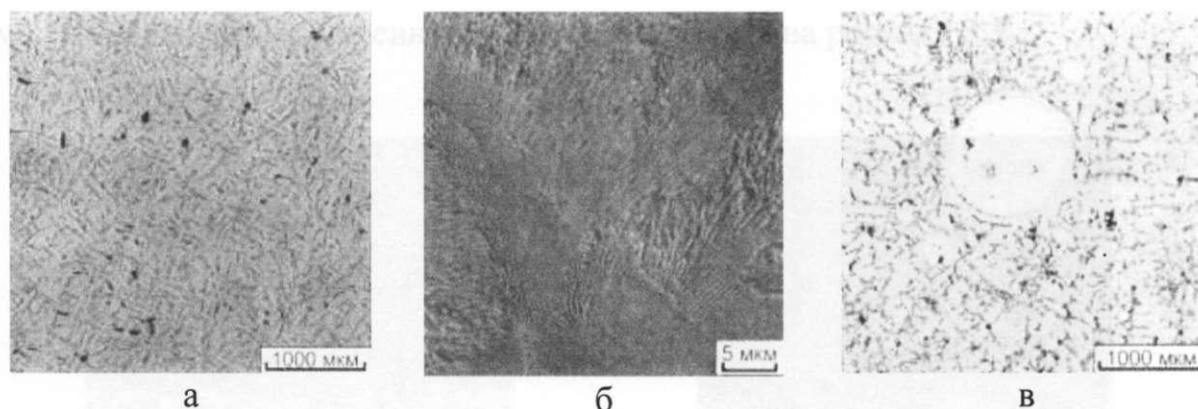
б

а – в масляному середовищі; б – в олії.

Рисунок 3.1 – Результати досліджень сірих чавунів та бронзи БрОС 10-10 в умовах контактного тертя

За результатами фрикційних досліджень видно, що в середовищі мінеральної олії (рисунок 3.1 а) та води (рисунок 3.2 б) зразки сірого чавуну починають схоплюватись із диском внаслідок нагрівання при значних навантаженнях 600...700 Н. Таким чином у умовах рідкого змащування бронза має більш високі антифрикційні властивості. Проте при збільшених навантаженнях тертя між диском та бронзовою колодкою значно збільшується, перевищуючи показники чавунів, а при навантаженні 1500 Н відбувається схоплення диску з бронзовим зразком. Чавунні зразки ведуть себе більш стабільно, особливо гарні результати дають чавун із додаванням купруму. Таким чином, в області високих навантажень (понад 1000 Н) в середовищі мастила антифрикційні властивості чавуну з додаванням міді значно перевищують властивості звичайного чавуну і бронзи БрОС 10-10.

Для виявлення причини зміни антифрикційних властивостей сірого чавуну, виплавленого з додаванням міді, були проведені структурні дослідження із застосуванням методів оптичної та растрової електронної мікроскопії.



а) – нетравлена мікроструктура чавуна без додавання міді;

б) – перлітна основа дослідних сірих чавунів;

в) – мідні включення в сірому чавуні, виплавленому з додаванням 5% Cu

Рисунок 3.2 – Структура дослідних матеріалів

Сірий чавун, виплавлений за стандартною методикою, має перлітну основу з графітними пластинчастої форми, розподіленими рівномірно за обсягом матеріалу і мають середній розмір 230 мкм (рисунок 3.2, а). Сірий чавун з пластинчастим графітом має високу текучість, але виливки з нього володіють вкрай низькими пластичними характеристиками. Утворення графіту пластинчастої форми відбувається при дуже повільному охолодженні чавуну як в процесі самої кристалізації, так і при подальшому охолодженні затверділої виливки.

Структура основи чавуну, виплавленого з додаванням 5% міді, ідентична матеріалу № 1 і складається з колоній перліту (рисунок 3.2, б). Поряд з графітними включеннями в матеріалі № 2 виявлено також наявність включень округлої форми, що в великих кількостях містять мідь, про що свідчить характерний золотистий відтінок (рисунок 3.2 в). Розміри великих включень досягає 1000 мкм, в той час як основна маса мідних виділень має розміри до 200 мкм.

Проведення енергодисперсійного рентгенівського мікроаналізу дозволило виявити розподіл хімічних елементів в об'ємі сірого чавуну, що містить зазначені включення, результати наведені на рисунку 3.3.

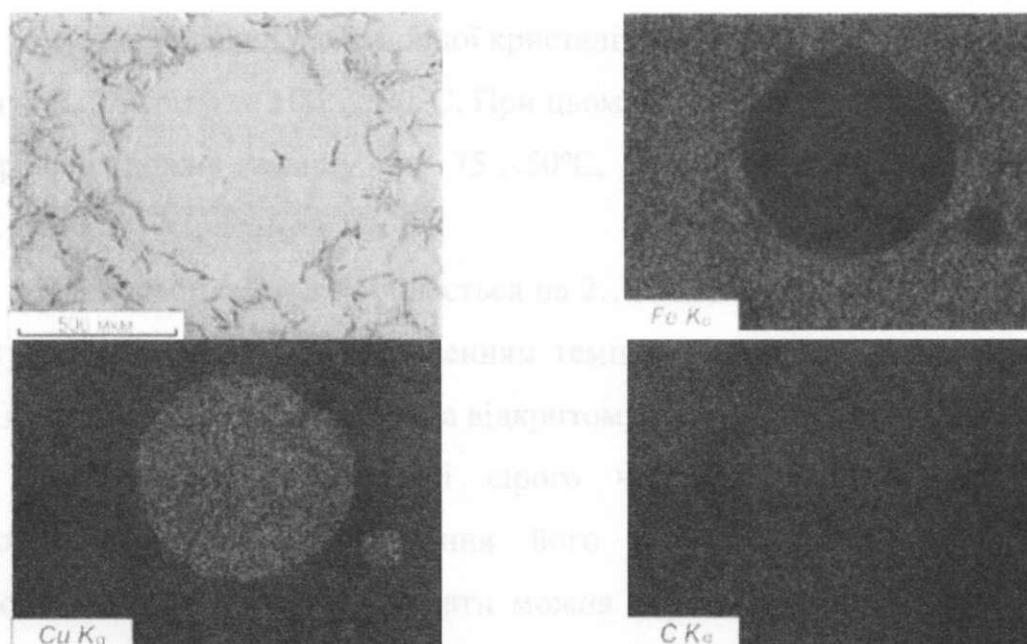


Рисунок 3.3 – Розподіл елементів в характеристичному спектрі

За результатами проведеного аналізу видно, що деяка кількість міді (близько 5%) міститься в основі чавуну, формуючи твердий розчин на основі α -заліза, проте найбільша кількість міді зафіксована у включеннях мідної фази. В її складі присутні більше 90% даного елемента. Очевидно, що наявність мідних включень є причиною різниці у поведінці сірого чавуну в умовах контактного тертя.

3.3 Термічна обробка черв'ячних вінців виготовлених із сірих чавунів

Для усунення внутрішніх напружень і відновлення заготовки з сірого чавуну в розмірах, використовують природне старіння або відпал при низьких температурах.

Метод природного старіння є непопулярним, оскільки присутня тривала витримка металу після остаточного охолодження, яке може становити 3...5 місяців, а в ряді випадків, і кілька років. Такий підхід визначається тоді, коли відсутнє необхідне устаткування для здійснення відпалу.

Зазвичай застосовують метод низькотемпературного відпалу. Полягає він у тому, що виливки після повної кристалізації складають в охолоджену піч або в піч, розігріту до 100...200°C. При цьому проводять повільне нагрівання, набираючи кожну годину по 75...50°C, поки температура не досягне 500...550°C.

Після цього метал залишається на 2...5 годин, після чого проводиться підстужування до 200°C зі зниженням температури щогодини на 30...50°C. Далі проводиться охолодження на відкритому повітрі.

Для збільшення міцності сірого чавуну, проводять гартування, розробленого шляхом нагрівання його до 850...900°C з наступним охолодження в воді. Загартувувати можна перлітні і феритні чавуни. Цей процес дозволяє отримати твердість HB 450...500. Вироби згодом набувають

структуру мартенситу з достатнім включенням залишкового аустеніту і графітового виділення. Відмінним способом збільшення міцності і зносостійкості сірого чавуну вважається ізометричний гартування, розробленого за принципом гартування сталі.

При нагріванні чавуну вище критичної точки можна очікувати переходу в розчин не тільки зв'язаного вуглецю, але і графіту, при чому останній процес буде тим сильніше, чим вище температура і час нагрівання. Керуючи цими останніми факторами, теоретично можна регулювати в чавуні кількість зв'язаного вуглецю, зупиняючи процес на потрібному відсотку пов'язаного вуглецю в чавуні відповідної швидкості охолодження і надавати чавуну в результаті різні структури, а отже і властивості.

Підвищення зносостійкості чавунних виливків досягається і при ізотермічному гартування по режиму: температура нагрівання $840...870^{\circ}\text{C}$ з наступним охолодженням в розплавленій селітрі при температурі $280...340^{\circ}\text{C}$. Витримка в селітрі становить $40...90$ хв. При цьому відбувається ізотермічний розпад аустеніту і утворення структури голчастий троостит + графіт. Ізотермічне гартування підвищує твердість і міцність при збереженні пластичності (рисунок 3.4)

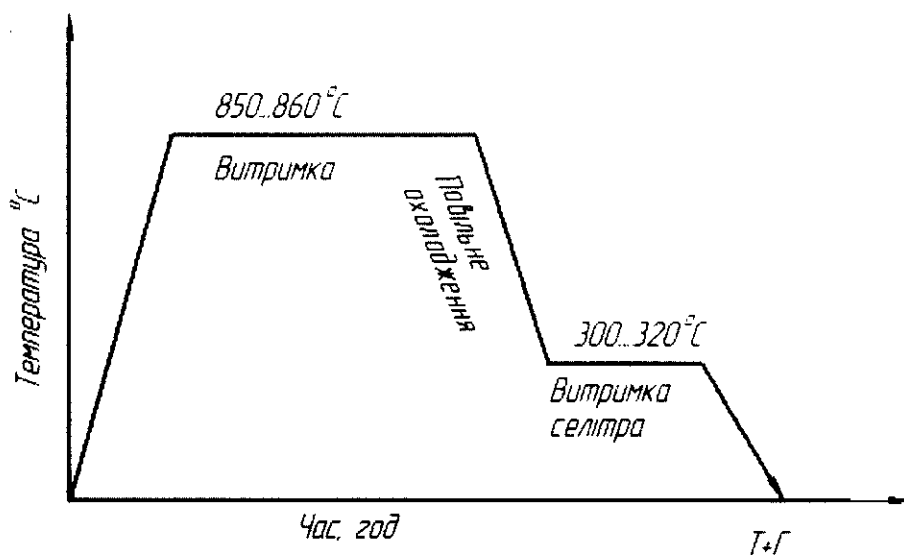


Рисунок 3.4 – Схема ізотермічного відпалу сірого чавуну

Для усунення напружень, отриманих внаслідок гарту, проводиться відпустку. Деталі, які в майбутньому будуть піддаватися високим навантаженням на зношення, піддаються відпустку при температурі 200...250°C. Під час такого процесу, у чавунів, які попередньо пройшли гартування, твердість зменшується не так сильно, як при відпусканні сталей.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Аналіз ринку автозапчастин

Ринок технологій є найважливішим фактором сучасної міжнародної економіки. Сучасна ринкове середовище характеризується тим, що технології, безперервно розвиваючись, змінюють ринок, формуючи нові потреби і видозмінюючи зв'язані технологічні ланцюжки. Світові ринки технологій служать своєрідним полігоном, на якому проходять вирішальні випробування і здійснюється відбір нововведень, що розробляються в науково-дослідних і виробничо-технічних підрозділах різних країн. На думку деяких західних учених, економічний підйом після енергетичної кризи 70-х рр. XX ст. був викликаний не досягненнями фундаментальної науки, а зростаючою роллю нововведень у підвищенні промислової конкурентоспроможності та розвитком світових ринків технологій. Технологічні нововведення породжують нові способи виробництва та споживання, зачіпають всі сектори економічного і соціального життя і мають за основу свого втілення гнучкі і централізовані підприємства, здатні швидко пристосовуватися до ринку і відповідати на потреби кінцевого споживача.

Ринок автозапчастин багатий асортиментом, як нових деталей, так і б / у деталей з розборок. Б / у автозапчастини як і раніше користуються попитом в Україні по ряду декількох причин:

1. В Україні досить багато іномарок 90-их років і старше, оригінальні запчастини на які практично не продаються. Тому власники даних авто набувають справжні б/у запчастини, незважаючи на те, що дані деталі вже частково зношені.

2. Підвищення цін, зокрема з росту курсу валют. Велика частина автозапчастин в Україні, є імпортними. У 2020 році автозапчастини імпортували більше 1600 українських компаній. Компанії ТОВ "Еліт-Україна"

та ПП фірма "Юнікс ТРЕЙД КО" є найбільшими дистриб'юторами імпортованих автозапчастин в Україні, які також займаються роздрібними продажами.

Експорт автозапчастин з України не сильно розвинений, в порівнянні з імпортом. В першу чергу це пов'язано з тим, що за кордоном частка авто вітчизняного виробництва досить низька, а багато країн СНД також виробляють автозапчастини для подібних авто. Обсяг імпорту автозапчастин перевищує виробництво більш ніж в 7 разів і з кожним роком стрімко зростає. Найбільший приріст у грошовому вираженні показали гальмівні системи, ходові колеса і системи підвіски, виходячи з чого можна зробити висновок про якість автомобільних доріг України.

Загострення конкуренції на ринку може привести до деякого скорочення числа компаній, які реалізують продукцію на ринку. В умовах кризи компанії більше часу необхідно приділяти новим сегментам - розширювати клієнтську базу, планувати і розвивати нові напрямки.

Таким чином покращення властивостей такої запчастини як черв'як рульової передачі є надзвичайно актуальною проблемою в розвитку автомобільної промисловості в Україні.

Основна ідея розгляду даної роботи викладена у таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Актуалізація виробництва

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для споживачів (користувачів)
Покращення антифрикційних властивостей черв'ячних пар	1. Виготовлення елементів рульових передач	Збільшення експлуатаційної стійкості двигуна ДВЗ
	2. Виготовлення антифрикційних елементів	Використання більш економічного мастила.

Для реалізації ідеї із найбільшою для підприємства вигодою, необхідно проаналізувати характеристику потенційного ринку. Дана характеристика представлена у вигляді таблиці 4.2:

Таблиця 4.2 - Попередня характеристика потенційного ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	2	3
1	Головні конкуренти	«АвтоВАЗ» - російська автомобілебудівна компанія, консолідована дочірня компанія французької Renault Group з 2016 року. Найбільший виробник легкових автомобілів в Росії і Східній Європі.
		БАТ «Мінський автомобільний завод» (МАЗ) - керуюча компанія холдингу «БЕЛАВТОМАЗ».
		Volkswagen Aktiengesellschaft Лідер європейського авторинку. Включає 345 дочірніх підприємств. .
2	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Покупна спроможність населення зростає, постає необхідність у виготовленні бюджетних сімейних автомобілів із якісними запчастинами та спроможність ці запчастини поставляти для ремонту.
3	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	1.Складне і вартісне устаткування; 2. Відповідно до цього великий обсяг інвестицій в устаткування та його обслуговування; 3. Складність організації технологічних процесів (складність розробки, введення та використання технології), якість підготовки персоналу; 4. Необхідність високого інтелектуального потенціалу задля якісного 5. Високі вимоги до стандартизації та сертифікації як самого виробника так і продукції, яку він виробляє.

Продовження таблиці 4.2

1	2	3
4	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Згідно з Ліцензійними умовами введений цілий ряд вимог, що стосуються нормативно-правової документації, проектної документації, вимог до санітарних норм, охорони праці, технологій і наявності необхідних складальних площ.

Визначаємо попередні характеристики потенційних груп клієнтів, їх та сформуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи у таблиці 4.3:

Таблиця 4.3 - Попередня характеристика потенційних клієнтів

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів (користувачів)
1	2	3	4
Потреба у надійному і економічному цивільному автоперевезенні (автобусний транспорт)	Автоперевізні компанії (приватні та державні)	Державні стандарти з автоперевезення, державні екологічні норми; Цінова політика;	- Висока економічність; - Мінімальне забруднення навколишнього середовища; - Якісне обслуговування після продажу (Надійність

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4
Приватні автомобілі	Фізичні особи	Гарантійні вимоги	- Можливість легкої заміни запчастин при поломці - Надійність вузлів - Легкість у експлуатації - Чистота та легкість

Черговим етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (таблиця 4.4) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін. Перелік ринкових можливостей та ринкових загроз складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками (результатами за прогнозом) впливу факторів, і, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку та мають певну ймовірність здійснення.

Таблиця 4.4 - SWOT- аналіз ПАТ Запорізький автомобілебудівний завод

Сильні сторони:	Слабкі сторони:
- виробництво автомобілів відносно невеликої вартості і гарними експлуатаційними характеристиками; - велика кількість досвідчених кваліфікаційних кадрів; - достатня забезпеченість власними коштами	- недостатня ємність внутрішнього ринку; - велика частка ринку у країнах третього світу; - відсутність контролю над операційною діяльністю з боку іноземних акціонерів;

Продовження таблиці 4.4

Можливості:	Загрози:
- вихід на міжнародний ринок; - підтримка з боку держави; - створення електромобілів нового покоління; - зростання попиту на автомобілі серед фізичних осіб;	- політична нестабільність (підстава сумнівів у інститутах правління); - нестабільність національної валюти; - загострення стосунків між Росією та Україною (складність виходу на ринки збуту у інших країнах СНД); - посилення конкуренції - дорожчання імпортової сировини

Розроблення ринкової стратегії проекту.

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 4.5):

Таблиця 4.5 - Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Автосалони	Середня	Зростаючий	Висока	Складний
2	Автоперевезення (таксі)	Середня	Зростаючий	Середня	Складний

Для візуалізації мети необхідно створити карту стейкхолдерів.

Створення карти має відбуватись у 4 етапи:

- 1) ідентифікація – окреслення актуальних груп стейкхолдерів;
- 2) аналіз – дослідження впливу та інтересів стейкхолдерів;
- 3) візуалізація – візуальна ілюстрація взаємодії зі стейкхолдерами;

4) пріоритезація – вибір ключових стейкхолдерів, які найкраще відповідали б істотним питанням, визначеним на попередньому етапі.

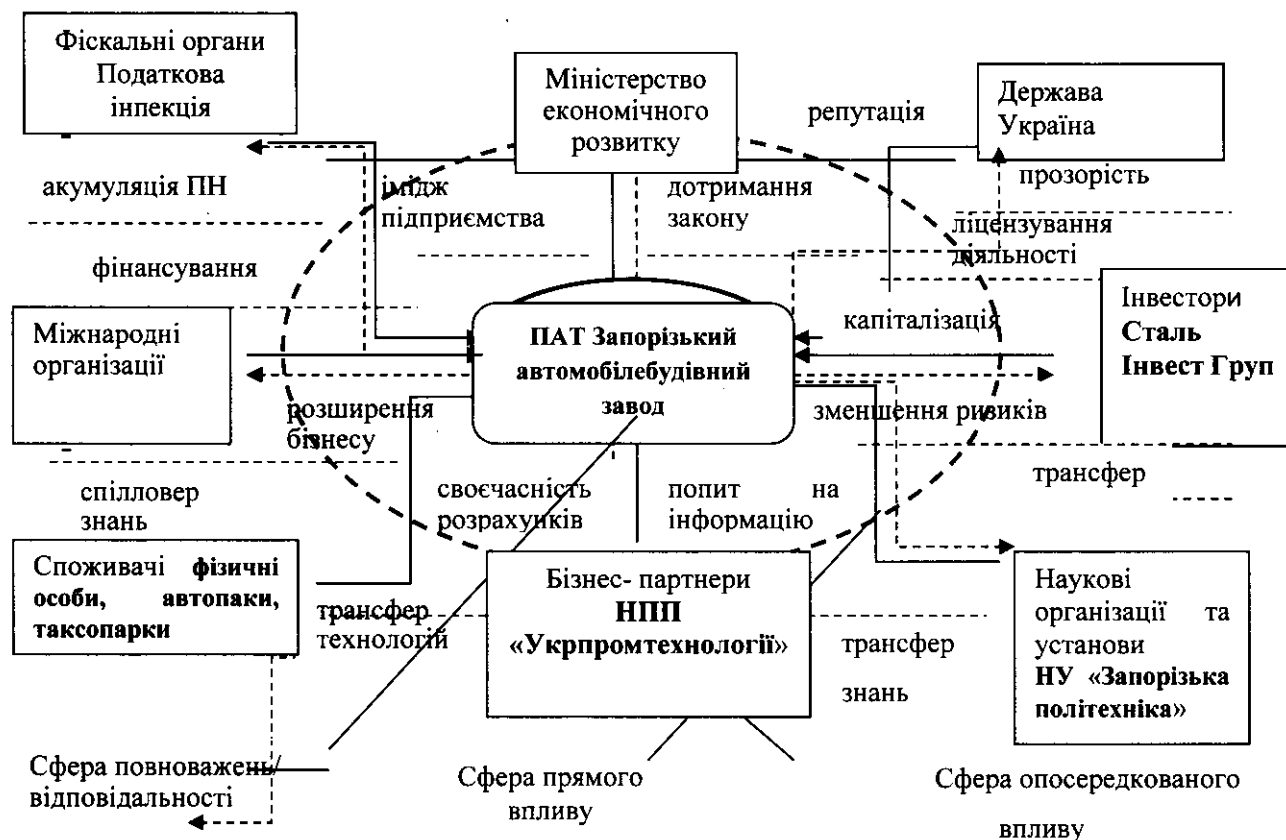


Рисунок 4.1 – Карта стейкхолдерів

4.2 Розрахунок кошторису витрат на проведення науково-дослідницької роботи

Основною проблемою висвітленою в дипломній роботі є покращення антифрикційних властивостей черв'яків рульової передачі, що в свою чергу значно покращує ресурсоспроможність автомобіля в цілому.

До складу витрат на виконання науково-дослідницької роботи включається вартість всіх ресурсів, необхідних для реалізації комплексу робіт.

Визначаємо витрати на оплату праці з урахуванням балансу робочого часу одного працівника (таблиця 4.6, 4.7), визначаємо суму ЄСВ.

При виробництві черв'яків рульової передачі застосовують виробничі потужності плавильної дільниці, дільниці токарної обробки, поверхневої обробки, термічної дільниці та дільниці травлення. Таким чином формується собівартість безпосередньо перед передачею до складального цеху, де здійснюється вузла.

Таблиця 4.6 - Склад, чисельність та фонд заробітної плати виробничих працівників

Категорії працівників	Наявна чисельність, осіб		Тарифна ставка за розрядом за виконуваних	Ефективний фонд робочого	Тарифний заробіток, грн.	Преміальний відсоток до тарифного заробітку	Розмір премії,	Річний фонд заробітної плати тис. грн.	ЄСВ, тис. грн.
	за зміну	на добу							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Виробничі працівники, в тому числі: 1. Основні працівники	30	45	40,52	190	346 446,0	30	103 933,8	450 379,8	76 218,1
2. Допоміжні працівники	20	25	36,50	198	180 675,0	30	54 202,5	234 877,5	39 748,5
3. Черговий та ремонтний персонал	15	20	42,10	206	173 452,0	30	52 035,6	225 487,6	38 159,4

Продовження таблиці 4.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Разом виробничих працівників	65	90	X	Всього	700 573,0	-	210 171,9	910 744,9	154 126,0

Таким чином фонд заробітної плати основних працівників з урахуванням преміальних виплат складає 910744,9 грн, тобто 50,6 грн. на одну деталь. Сума ЄСВ встановлена на рівні 22% від тарифного заробітку. Сума ЄСВ становитиме 154126 грн., тобто 8,56 грн на одну лопатку.

Визначаємо склад, чисельність та фонд заробітної плати адмінперсоналу (таблиця 4.7). Розраховуємо загальний посадовий оклад як добуток тарифу та 10% від річного фонду часу (186 годин) відповідної кількості працівників.

Таблиця 4.7- Склад, чисельність та фонд заробітної плати адмінперсоналу

Посада	Наявна Кількість осіб	Загальний Посадовий оклад, грн	Преміаль- ний відсото- к до окладу, %	Сума премії грн	Загальний фонд оплати праці, грн	ЄСВ, грн
1	2	3	4	5	6	7
Начальник цеху	1	17093,4	20,0	3418,7	20512,1	3760,6
Заступники	2	29760,0	20,0	5952,0	35712,0	6547,2
Керівники груп	5	51708,0	20	10341,6	62049,6	11375,76

Продовження таблиці 4.7

1	2	3	4	5	6	7
Майстри дільниць	5	42 408,0	20	8481,6	50 889,6	9329,76
Керівник ПДБ	1	11346,0	20,0	2269,2	13615,2	2496,1
Керівник ТБ	1	11904,0	20,0	2380,8	14284,8	2618,9
Керівник ФЕУ	1	10230,0	20,0	2046,0	12276,0	2250,6
Керівник БВ	1	11160,0	20,0	2232,0	13392,0	2455,2
Керівник БТЗ	1	9858,0	20,0	1971,6	11829,6	2168,8
Керівник ВТК	1	11160,0	20,0	2232,0	13392,0	2455,2
Механік цеху	1	9858,0	20,0	1971,6	11829,6	2168,8
Енергетик	1	9114,0	20,0	1822,8	10936,8	2005,1
Робітники ПДБ	3	22096,8	20,0	4419,4	26516,2	4861,3
Робітники ТБ	5	39060,0	20,0	7812,0	46872,0	8593,2
Робітники ФЕУ	2	15810,0	20,0	3162,0	18972,0	3478,2
Робітники БО	2	16963,2	20,0	3392,6	20355,8	3731,9
Робітники БТЗ	2	14359,2	20,0	2871,8	17231,0	3159,0
Керівники лабораторій	5	55800,0	20,0	11160,0	66960,0	12276,0

Продовження таблиці 4.7

1	2	3	4	5	6	7
Керівник відділу УК	1	11160,0	20,0	2232,0	13392,0	2455,2
Робітники УК	2	16740,0	20,0	3348,0	20088,0	3682,8
Голов. Інженер	1	15047,4	20,0	3009,5	18056,9	3310,4
Конструктор	1	14061,6	20,0	2812,3	16873,9	3093,6
Майстри КБ	5	54498,0	20,0	10899,6	65397,6	11989,6
Головний металург	1	15177,6	20,0	3035,5	18213,1	3339,1
Головний метролог	1	11122,8	20,0	2224,6	13347,4	2447,0
Старший метролог	1	9653,4	20,0	1930,7	11584,1	2123,7
Головний технолог	1	11160,0	20,0	2232,0	13392,0	2455,2
Майстер контролер	5	7179,0	20,0	1435,8	8614,8	1579,4
Всього	68	632566,8	-	126513,4	759080,2	139164,7

Таким чином, річний фонд заробітної плати адмінперсоналу складатиме 759080,2 грн. з урахуванням преміальних виплат, тобто 42,17 грн. на одну лопатку. Сума ЄСВ для адміністративних працівників на рік становитиме 139164,7 грн, тобто 7,73 грн на одну деталь. Загальний ЄСВ становить 16,29 грн на одну деталь або 293290,7 грн.

Розраховуємо матеріальні витрати на виконання річної виробничої програми виготовлення черв'яків рульової передачі виготовлених із сірого чавуну легованого міддю.

Річна програма випуску деталей для 120-ти автомобілів складатиме .

Таблиця 4.8 - Сировинні витрати

Матеріальні витрати	Норматив у розрахунку на один. Продукт, %	Обсяг сировини, кг	Ціна, грн/кг	Сума грн
1	2	3	4	5
Fe	83,71	600,4	3,3	1981,32
C	4,16	5,8	7,6	44,1
Si	3,3	10,8	42	453,6
Mn	3,3	10,8	40,5	437,4
S	0,015	0,54	25,2	13,6
P	0,015	0,54	30,8	16,6
Cu	5,5	378,0	201,2	76053,6
Разом	100	10006	-	

Таким чином, загальні сировинні витрати на 18 000 деталей, що становлять річну програму випуску, складають 648524,42 грн, тобто 36 гривень 3 копійки на кожну деталь.

Загалом сировини та матеріалів витрачається 998550 грн, що становить 55,475 грн на одну лопатку.

Розраховуємо вартість спожитих послуг, під час виробництва (табл. 4.9).

До розрахунку електропостачання необхідно віднести вартість електроенергії витраченої на переплавлення, токарну обробку, зачистку, полірування, термічну обробку у печах, травлення у електролітичних ваннах та освітлення відповідних ділянок.

Тариф на купівлю електроенергії ПАТ «Запоріжжяобленерго» складає 1,705 грн за кВт/год. Тариф на розподіл електроенергії для підприємств

другого класу складає 0,653 грн за кВт/год. Таким чином вартість одного кВт/год складає 2,356 грн.

Витрата електроенергії загальна на одну садку складає 600 кВт/год, що становить 1413,6 грн, тобто 18,848 грн на одну лопатку.

Витрати на освітлення на годину складають 23,56 грн.

Вартість електроенергії першої ділянки складає 19,7904 грн на одні деталь. Вартість електроенергії на токарну обробку складає 4,7832 грн на одну деталь. Вартість всієї поверхневої обробки складатиме 2,5601 грн на одну деталь. Вартість термічної обробки складатиме 4,4764 грн на одну деталь. Вартість електроенергії на травлення складатиме 1,8848 грн на одну деталь. Загальні витрати на електроенергію становлять 33,4949 грн на одну деталь. Тариф на водопостачання та водовідведення становить 54,888 грн на 12 м³. Вартість тепла становить 34,56 грн на 1м² у зимовий період. Вартість газу розраховується виходячи із використання аргону у термічній обробці та подачі кисню в охолоджувачі.

Таблиця 4.9 - Розрахунок вартості спожитих послуг

Вид послуг	Норматив у розрахунку на один. продук. (послуг)	Виробнича програма	Тарифи	Сума грн
1	2	3	4	5
Електропостачання	33,49	18 000	2,356	602 908,2
Водопостачання	3,21	18 000	54,888	57 841,2
Теплопостачання	5,76	18 000	34,56	103 680,0
Газопостачання	7,25	18 000	-	130 620,6
Разом	49,72	-	-	895 050,0

Визначаємо річну суму амортизації з урахуванням первісної вартості основних засобів та норми амортизації (табл. 4.10). Час використання становить 10% від загального річного на дільниці. Амортизація розраховується за наступною формулою:

$$B_p = (B_n - Z_n + \sum Z_{n-1}) * A^n / 100$$

де B_n – початкова вартість основних засобів n-ного періоду;

Z_n – вартість засобів, що вибули за відповідний період;

Z_n – вартість засобів, що надійшли за відповідний період;

Оскільки важко здогадатися в якому з місяців біли введені які кошти, зробимо загальний розрахунок витрат на рік за остаточною вартістю ОЗ із нормою амортизації, і віднесемо 10 % її до вартості випуску деталей

Таблиця 4.10 - Розрахунок амортизації

Група основних засобів	Норма амортизації, %	Первісна вартість ОЗ тис.грн	Надійшло ОЗ, тис. грн.	Вибуло ОЗ тис. грн.	Сума А, тис. грн.
1	2	3	4	5	6
Будівлі	2	23667	-	-	473,3
Споруди	3	7560	-	-	226,8
Передавальні пристрої	5	5 540	230	250	276,0
Машини та обладнання	8	93720	1200	5810	7128,8
Інструменти, інвентар	10	2250	150	-	240,0
Інші основні засоби	10	275	25	-	30,0
Тара	20	500	120	100	104,0

Продовження таблиці 4.10

1	2	3	4	5	6
Предмети прокату	10	1 280	120	200	120,0
Разом	-	134 792	1 845	6 360	8 598,9

Таким чином загальна амортизація складає 8598900 грн.

Амортизація, яку можна віднести на виробництво деталей відповідно становить 859890 грн, або 47,77 грн на одну деталь.

Визначаємо повну собівартість одиниці продукції.

Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів (поточний ремонт) приймаємо за 0,2% від фактичної вартості

Таблиця 4.11 - Кошторис витрат

Калькуляційні статті	Витрати	
	у розрахунку на одиницю продукції, грн.	у розрахунку на весь обсяг продукції, грн.
1	2	3
Сировина та матеріали	55,49	998550,00
Електропостачання	33,49	602908,20
Водопостачання	3,21	57841,20
Теплопостачання	5,76	103680,00
Газопостачання	7,25	130620,60
Разом	105,2	1 893600,00
Заробітна плата основних виробничих працівників	50,6	910744,90
ЄСВ	16,29	293290,70
амортизація	47,77	859890,00

Продовження таблиці 4.11

1	2	3
Витрати на утримання та експлуатацію основних засобів поточний ремонт	14,98	269 584,00
Загальновиробничі витрати	15,56	280 072,10
Виробнича собівартість	250,4	4 507 200
Адміністративні витрати	42,17	759 080,20
Інші витрати	2,11	37 980,00
Повна собівартість	294,68	5 304 240

Таким чином повна собівартість деталей 294,68 грн.

Очікувана ціна деталей складає 325 грн/шт.

Умовно спростимо інфляційні очікування та реальну зміну вартості сировини та послуг.

Визначаємо очікуваний дохід та фінансовий результат.

Таблиця 4.12 - Розрахунок фінансового результату

№ періоду	Обсяги виробництва	Обсяги реалізації	Залишок нерелізованої продукції	Ціна	Витрати	Дохід	Фінансовий результат
1	2700	1800	900	325	294,68	585000,0	210636,0
2	4550	4600	-50	325	294,68	1495000,0	+ 154206,0
3	6400	6400	0	325	294,68	2080000,0	+ 194048,0
4	4350	5200	-850	325	294,68	1690000,0	+ 408142,0
Σ	18000	18000	0	-	-	5850000,0	+ 545760,0

Таким чином, очікуваний дохід від реалізації деталей становить 5850000 гривень. Очікуваний фінансовий результат становить 545760 гривень.

Таким чином при виконанні плану з виробництва чистий прибуток складатиме в розмірі 545760 гривень.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі наводяться основні заходи із охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях при виконанні досліджень впливу хімічного складу та методів обробки на експлуатаційну стійкість черв'ячних пар.

5.1 Аналіз потенційних небезпек:

а) Небезпеки які пов'язані з порушеннями роботодавцями вимог НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників» [30], а саме:

- вимог щодо організації та забезпечення безпеки на робочих місцях, що може бути пов'язано з не проведенням організаційних заходів щодо навчання та перевірки знань з охорони праці, інструктажів, не наданням інформації про можливі небезпеки;

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

в) Можливість отримання механічних травм при підготовці зразків або дослідницьких виробів до термічної обробки що може бути пов'язано з порушеннями правил охорони праці під час роботи з абразивним інструментом зокрема: використання абразивного інструменту який не пройшов випробування, порушення правил експлуатації, що може призвести до тяжких травм.

г) Небезпеки, пов'язані з визначенням хімічного складу дослідних матеріалів методами спектрального аналізу з використанням спектрофотометрів, рентгенофлуоресцентного аналізу з використанням рентгено-флуоресцентного мікроаналізатора або дериватографії з використанням дериватографів. Основними небезпеками є: потужні електронне та оптичне випромінювання при спектральному аналізі, іонізуюче випромінювання при рентгенофлуоресцентному аналізі.

д) Небезпеки, які пов'язані з виконанням дослідницьких робіт з вибору режимів термічної обробки, зокрема термічні опіки, інтенсивне теплове випромінювання від нагрітих поверхонь та виробів.

е) Невідповідність вимогам ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» [31] освітлення робочих зон дослідницької лабораторії внаслідок виходу з ладу освітлювальних приладів або хибного розрахунку їх кількості та потужності, що може призвести до погіршення зору.

є) Можливість загоряння внаслідок порушень правил пожежної безпеки, а саме хибне визначення видів та кількості первинних засобів пожежогасіння відносно категорій приміщень с пожежної безпеки, що може привести до пожежі.

ж) Небезпеки, які пов'язані з можливим виникненням надзвичайних ситуацій техногенного походження.

5.2 Заходи щодо забезпечення безпеки

а) З метою виключення нещасних випадків або розвитку професійних захворювань обов'язковим є виконання вимог НПАОП (Нормативно правовий акт з охорони праці) 0.00-7.11-12 «Загальні вимоги стосовно забезпечення

роботодавцями згідно охорони праці працівників». Усі 52 працівники повинні пройти навчання та перевірку знань з питань охорони праці.

б) Для виключення можливості ураження електричним струмом згідно з ПУЕ — 2017 «Правила улаштування електроустановок - споживачів» передбачається: [32].

- всі співробітники лабораторії повинні пройти навчання та перевірку знань з електробезпеки та отримати 2-3 групу з електробезпеки.

- не рідше ніж два рази на рік, передбачається перевіряти справність контактів електроз'єднань, штепсельних вилок з'єднувальних провідників. Ремонт електричного обладнання проводять особи, котрі мають кваліфікаційну групу (не менше 3 групи) з електробезпеки.

- для захисту людей від ураження електричним струмом передбачено використовувати подвійну ізоляцію провідників.

- технічні заходи – розташування струмоведучих частин на недоступній висоті (до 1000В), не менше 3,5 м (більше 1000В – 6м). Всі не ізольовані струмопровідні лінії повинні бути надійно захощені суцільними огорожами. Відкриття або зйом яких можливий тільки за допомогою спеціальних пристроїв. Опір ізоляції електричних дротів повинен бути не менше 0,5 Ом.

- усі ремонтні роботи на електронних мікроскопах проводять тільки після повного відключення від електричної мережі. Ремонтні роботи або огляд високовольтних частин мікроскопу проводити не менш, ніж двома особами.

в) Для уникнення механічних травм при виготовленні зразків необхідно працювати на справному станку, своєчасно проводити заміну деталей, термін експлуатації яких вже закінчився та використовувати захисні окуляри та рукавиці; для виключення травмування органів зору передбачено застосування захисних окулярів, які служать для захисту очей від ушкоджень частками 41 твердих тіл, що летять попереду, знизу і збоку. Ці окуляри оснащені фігурними боковинами, що відкидаються. Застосовувати прозорий екран для захисту очей робітника від поранень частками, що відлітають. - Заходи безпеки при роботі на шліфувальних і заточувальних верстатах:

установка абразивних кіл на верстатах повинна проводитися тільки спеціально проінструктованими наладчиками; використання абразивних кіл з дефектами заборонено; абразивні кола повинні мати штамп або наклейку про випробування – порядковий номер кола і підпис особи, відповідальної за випробування; біля кожного верстата необхідно вивісити табличку із зазначенням допустимої роботи колової швидкості використовуваних кіл і частоти обертання шпинделя верстата в хвилину; при обертанні абразивного кола, виступаючі кінці шпинделя і кріпильні деталі захистити захисними кожухами; підручники повинні мати достатній за величиною майданчик для стійкого положення оброблюваного виробу. Зазор між краєм підручника і робочою поверхнею шліфувального круга повинен бути не більше 3 мм; заборонено працювати без підручника, захисного екрана або окулярів, якщо верстат не заземлений і не обладнаний установкою для відсмоктування абразивного пилу. ГОСТ 12.3.028–82 «Процесс обработки абразивными и эльборовым инструментом» [33].

г) Заходи безпеки при проведенні аналізу хімічного складу наступними методами:

при використанні спектрального методу використовується фізичний метод якісного та кількісного визначення атомного і молекулярного складу речовини який засновано на дослідженні її спектрів. Зокрема, при використанні атомного аналізу (атомний С аналіз АСА) визначають елементний склад зразка по атомним спектрам випускання та поглинення.

Потенційно рентгенофлуоресцентні аналізатори становлять небезпеку, тим що містять в конструкції джерела радіаційного (рентгенівського) випромінювання і високої напруги. Джерелом випромінювання є рентгенівська трубка потужністю 4 - 10 Вт. Живлення трубки здійснюється від високовольтного джерела живлення з номінальною напругою 40 кВ і вихідним струмом 0,5 мА.

Небезпека рентгенівського випромінювання полягає в спричинених ним негативні наслідки на здоров'я людини, а саме:

— зміна складу крові після опромінення в навіть невеликих надлишкових дозах. У цьому випадку зміни є оборотними;

— незворотні зміни складу крові під вплив тривалого надлишкового випромінювання;

— утворення катаракт;

— підвищення ризику захворювання на рак, в тому числі раки крові;

— раннє старіння;

В силу накладеного обмеження на потужність рентгенівського джерела портативних РФ-аналізаторів, їх енергія випромінювання не настільки висока як у стаціонарних, але при використанні цих приладів обов'язково беззастережно дотримання всіх правил експлуатації з керівництва користувача, «Норм радіаційної безпеки НРБ-99» і «Основних санітарних правил забезпечення радіаційної безпеки ОСПОРБ-99 » [34].

Друге джерело небезпеки - висока (40 кВ) напруга живлення рентгенівської трубки.

Ураження електричним струмом небезпечно тим, що викликає порушення координації, запаморочення з можливими травмами при падінні, спазми м'язів здатні спровокувати порушення дихання, і навіть зупинку серця. В силу особливостей поширення високої напруги, підвищена вологість, пил, мікротріщини в ізоляції і інші чинники здатні збільшити ймовірність ураження електричним струмом.

Конструкції мобільних рентгенівських спектрометрів провідних фірм-виробників розроблені з урахуванням жорстких вимог до безпеки, але гарантовано забезпечують захист тільки при строгому дотриманні персоналом всіх правил експлуатації і техніки безпеки. Проте, працівники, які експлуатують рентгенофлуоресцентні спектрометри, обов'язково повинні мати II групу допуску до робіт на електроустановках з напругою вище 1000 В. Санітарні правила і норми СанПіН відносять операторів рентгенівських спектральних установок (приладів) до категорії А з обов'язковим періодичним медичним оглядом. Вагітні та жінки повністю звільняються від роботи на

будь-яких рентгенівських приладах і установках від моменту підтвердження вагітності до закінчення грудного вигодовування.

д) Заходами захисту при проведенні операцій термічної та хіміко-термічної обробки є:

Організаційні заходи:

- дотримання чистоти і порядку на робочих місцях; використання індивідуальних засобів захисту, а саме брезентові захисні костюми, рукавиці брезентові, спеціальне взуття з металевим битком, на носку; при роботі з нагрітими матеріалами використовуються волочені костюми, азбестові фартухи і рукавиці згідно з ГОСТ 12.4.010-75 ССБТ «Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия» [35].

Технічні заходи:

- для мінімізації негативного впливу напруження та інтенсивної праці передбачено: оптимальний розподіл робочого часу (10 хв на 1 годину) та використання засобів автоматизації;

- для виключення опіків при виплесках гартувального мастила при гартуванні використовують спеціальний одяг (суконний чи брезентовий) згідно із ГОСТ 12.4.221-2002 ССБТ «Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения» [36] та інструктажі по техніці безпеки при роботі із гартувальним мастилом;

5.3 Заходи забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці

е) Освітлення в приміщенні повинно відповідати вимогам ДБН В.2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення» [32]: Освітленість від системи загального освітлення повинна складати не менше 200 лк при розрядних лампах і 100 лк при лампах розжарювання. Створювати освітленість більше

750 лк при розрядних лампах і 300 лк при лампах розжарювання дозволяється тільки за наявності обґрунтування;

Освітленість від світильників загального освітлення в системі комбінованого підвищувати на один ступінь за шкалою освітленості.

При суміщеному освітленні для приміщень громадських будинків з боковим освітленням при розрахунковому значенні КПО (коефіцієнт природного освітлення), яке дорівнює або менше 80 % від нормованого значення, освітленість від загального штучного освітлення слід підвищувати на один ступінь за шкалою освітленості.

Штучне освітлення може бути двох систем - загальне та комбіноване.

Робоче освітлення слід передбачати для всіх приміщень будинків, а також ділянок відкритих просторів, призначених для роботи, проходу людей та руху транспорту. Для приміщень, які мають зони з різними умовами природного освітлення та різними режимами роботи, повинно передбачатись окреме керування освітленням таких зон. За необхідності частина світильників робочого або аварійного освітлення може бути використана для чергового освітлення.

Нормовані характеристики освітлення в приміщеннях і зовні будинків може забезпечуватись як світильниками робочого освітлення, так і спільним з ним освітленням світильниками безпеки і (або) евакуаційного освітлення. Для освітлення приміщень слід використовувати, як правило, найбільш економічні розрядні лампи. Використання ламп розжарювання для загального освітлення допускається тільки у випадках неможливості або технікоекономічної недоцільності використання розрядних ламп. Для місцевого освітлення, крім розрядних джерел світла, рекомендується використовувати лампи розжарювання, в тому числі галогенні. Застосування ксенонових ламп у приміщеннях не дозволяється.

Освітленість робочої поверхні, створена світильниками загального освітлення в системі комбінованого, повинна складати не менше 10 % нормованої для комбінованого освітлення при таких джерелах світла, які

застосовуються для місцевого освітлення. При цьому освітленість повинна бути не менше 200 лк при розрядних лампах, не менше 75 лк - при лампах розжарювання. Створювати освітленість від загального освітлення в системі комбінованого більше 500 лк при розрядних лампах і більше 150 лк при лампах розжарювання допускається тільки за наявності обґрунтувань. Нормою освітлення для приміщень дослідницької лабораторії є 300лк.

Розрахунок освітленості приміщення дослідницької лабораторії

1. Визначаємо сумарний світловий потік освітлювальної установки Φ_{Σ}

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{E_n \cdot A \cdot B \cdot K_z \cdot Z}{\eta}$$

де E_n – рівень нормованого загального освітлення, лк;

A – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

K_z – коефіцієнт запасу;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

$$\Phi_{\Sigma} = \frac{300 \cdot 8 \cdot 15 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,62} = 31935 \text{ лм}$$

2. Вибір світильника та відповідної лампи

Обираємо світильник типу ЛПП та лампу ЛХБ ($\Phi_{\text{л}}=2840\text{лм}$).

3. Розрахунок кількості світильників та ламп

$$N_{\text{св}} = \Phi_{\Sigma} / \Phi_{\text{л}}$$

$$N_{\text{св}} = 31935 / 2840 = 11,24 = 12 \text{ штук}$$

4. За умови встановлення двох ламп в один світильник отримуємо 6 світильників по 2 лампи.

5. Перевірка емпіричним методом

На рисунку 5.1 зображено схему розташування світильників

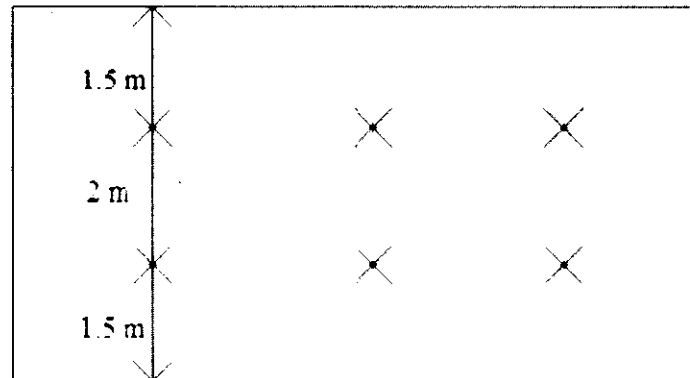


Рисунок 5.1 – Схема розташування світильників

6. Чисельна перевірка типу світильника і кількості стандартних ламп

$$E_p = (-10\% \dots +20\%) \cdot E_n$$

Розраховуємо загальну розрахункову освітленість

$$E_p = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N_{\text{л}} \cdot \eta}{A \cdot B \cdot K_z \cdot z}$$

$$E_p = \frac{2840 \cdot 12 \cdot 0,62}{8 \cdot 5 \cdot 1,5 \cdot 1,1}$$

Загальна розрахункова освітленість становить 320 лк, що потрапляє в інтервал $E_p = 270 \leq 320 \leq 360$ лк. Отже, рівень освітленості задовільний.

5.4. Заходи з пожежної безпеки

є) Заходи з пожежної безпеки для лабораторії розробляються відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [38].

Лабораторія рентгеноспектрального аналізу згідно НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» [39] відноситься до категорії «Д», а клас можливої пожежі, згідно ДБН В.1.1.7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [40], визначається, як «D». Відповідно до категорії виробництва з пожежної небезпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», лабораторія відноситься до I і II груп (неспалимі при загорянні предмети у середині будинку, які охоплюються вогнем не раніше ніж через 3-4 години; будівлі I групи мають підвищену вогнестійкість несучих конструкцій).

Відповідність обладнання, силових і освітлювальних мереж дослідницької лабораторії повинно відповідати вимогам пожежної безпеки, згідно вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок». Площа лабораторії складає 20 м

Виходячи з цього згідно НАПБ Б.03.001-2004 «Типові норми належності вогнегасників» [41] обирається два порошкових вогнегасника ємністю 5 літрів кожний. До переліку перших засобів пожежогасіння, крім вогнегасників, відносяться ящики з піском, пожежні покривала, гаки, лопати, ломы, сокири, бочки з водою, які розташовуються у складі пожежних щитів. Виробничі приміщення можуть бути обладнані стаціонарними установками автоматичного пожежогасіння.

Розробка заходів з пожежної безпеки полягає у визначенні порядку дій, які спрямовані на збереження обладнання, матеріальних ресурсів в умовах 60 виникнення загорянь, організації ліквідації осередків загорянь, евакуації персоналу, забезпечення можливої участі у попередженні пожежі

спеціалізованих пожежних підрозділів, мінімізації збитків виробництва. Крім інструкції, розробляється «План евакуації при пожежі або загрозі вибуху».

5.5 Режими функціонування системи цивільного захисту

ж) Система управління цивільного захисту в залежності від прогнозованої або реальної надзвичайної ситуації може функціонувати в наступних режимах:

- Режим повсякденного функціонування – встановлюється при нормальних виробничо-промислової, радіаційної, сейсмічної, гідрологічної, техногенної, пожежної обстановках та при відсутності епідемій.

- Режим підвищеної готовності – встановлюється тимчасово в частковому або повному обсязі у разі виникнення загрози НС (надзвичайної ситуації) для окремих територій.

- Режим НС – встановлюється тимчасово в частковому або повному обсязі у разі виникнення НС будь-якого характеру на окремих територіях.

- Режим надзвичайного стану – встановлюється тимчасово в повному обсязі на території усієї країни або на окремих територіях на котрих введений особливий правовий статус.

Для практичної реалізації заходів захисту населення законодавством

України передбачено:

- централізоване керівництво – централізовані органи виконавчої влади;

- забезпечення цивільного захисту на відповідних територіях – місцеві державні адміністрації;

- на об'єктах господарювання де чисельність працюючих більше 3000 осіб створені окремі підрозділи цивільного захисту; при чисельності 200 –

3000 чоловік призначаються посадові особи; до 200 осіб залучаються позаштатні фахівці; в учбових закладах при чисельності студентів більше 500 осіб – створюються штаби цивільного захисту де працюють посадові особи.

Сили цивільного захисту:

- Оперативно-рятувальна служба – складається з органів управління центрального підпорядкування, аварійно-рятувальних формувань спецпризначення.

- Аварійно-рятувальна служба – поділяється на державні, регіональні, комунальні та об'єктові. В залежності від специфіки виконуваних робіт поділяється на спеціалізовані та неспеціалізовані.

- Формування цивільного захисту – створюються для проведення великих обсягів робіт з ліквідації наслідків НС, а також для проведення відновлювальних робіт які потребують залучення великої кількості виконавців і техніки.

Поділяються на об'єктові та територіальні.

- Спеціалізовані служби цивільного захисту - об'єктові та територіальні та призначаються для проведення спеціальних робіт які потребують знання та досвіду кваліфікованих фахівців та наявність майна спеціального призначення.

ВИСНОВКИ .

В роботі розглянуті конструкційні та експлуатаційні особливості черв'ячних передач, визначено шляхи підвищення шляхи підвищення коефіцієнту корисної дії з урахуванням збільшення антифрикційних властивостей деталей. Розглянуто типові антифрикційні матеріали для виготовлення вінців черв'ячних передач. Запропоновано для збільшення антифрикційних властивостей використовувати сірий чавун із легуванням купрумом. Також для збільшення міцності без зниження властивостей пластичності в якості термічної обробки розглянутих матеріалів використовувати ізотермічне гартування. Розраховано економічну ефективність, розглянуті питання з охорони праці.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Блохин А. В., Лось А. М., Осоко С. А. Детали машин. «Белорусский государственный технологический университет» 2015. 173 с.
2. Иванов, М. Н. Детали машин: учебник. М.: Высшая школа, 2008. 408 с.
3. Гузенков, П. Г. Детали машин: учебное пособие для студентов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1982. 351 с.
4. Проектирование механических передач: учебное пособие для немашиностроительных вузов 5-е изд., перераб. М.: Машиностроение, 1984. 560с.
5. Решетов, Д. Н. Детали машин: учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. – 4-е изд., перераб. и доп.. М.: Машиностроение, 1989. – 496 с.
6. Сурус, А. И. Нормирование точности и технические измерения Минск, 2014. 198 с.
7. Сандлер А. И., Лагутин С. А., Гудов Е. А. Теория и практика производства червячных передач общего вида. 2016.
8. Поздняков В. М. Червячная передача. 1995.
9. Кулешов В. и др. Червячная передача. 2019.
10. Андриенко Л. А., Вязников В. А. Ресурс работы червячных передач по критерию изнашивания. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. 2011. №. 4.
12. Лукьянов А. С., Стариков А. И. К вопросу повышения эффективности расчёта зубчатых и червячных передач. *Известия Московского государственного технического университета МАМИ*. 2013. Т. 2. – №. 4.
13. Андриенко Л. А., Вязников В. А. Влияние изнашивания на динамические нагрузки в червячной передаче. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. 2011. №. 9.

14. Попов В. А. Цилиндрические червячные передачи с повышенными эксплуатационными свойствами. *Проблемы машиностроения и надежности машин*. 2010. №. 3. С. 105-110.4.

15. Киселев Б. Р. Повышение работоспособности червячных механизмов применением металлоплакирующих смазок. *Известия вузов. Технология текстильной промышленности*. 2010. Т. 54. С. 93-98.

16. Рогачевский Н. И., Подымако М. Э., Рогачевский С. Н. Геометрия двухвенцовых червячных передач : дис. Белорусско-Российский университет, 2014.

17. Андриенко Л. А., Вязников В. А. Ресурс работы червячных передач по критерию изнашивания. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*. 2011. №. 4.

18. Ахмедеев М. В. Увеличение ресурса червячной пары нанесением антифрикционного покрытия. *Будущее науки*. 2020. С. 58-61.

19. Березин К. Г. Повышение задиростойкости фрикционного контакта червячной пары трения : дис. Иван. гос. ун.-т. Иваново, 2012.

20. Поляков С. А., Лычагин В. В., Кулешова Е. М. Оценка влияния смазочных материалов на ресурс червячных передач по критерию предельного износа. *Сборка в машиностроении, приборостроении*. 2018. №. 8. С. 345-349.

21. Степанова Н. В. Влияние меди на антифрикционные свойства серых чугунов. *Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты)*. 2012. №. 1. С. 81-84.

22. Фомин М. В. Червячные передачи. Справочник. *Инженерный журнал. Приложение*. 2011. №. 4. С. 1-24.

23. Iain Le May, L. McDonald Schetky. Copper in iron and steel. *Wiley*, 1982. – 423 pages.

24. Бобров Ю.Г., Платонова Л.А. Некоторые особенности микроструктуры алюминиевых чугунов, легированных медью. *Новое в металлографии чугуна*. Киев, 1981. С. 94–99.

25. Сильман Г.И., Камынин В.В., Тарасов А.А. Антифрикционные чугуны с повышенным содержанием меди. *Металлургия машиностроения*. 2002. № 4. С. 17.

26. Салахутдинов И. Р. Результаты экспериментальных исследований износостойкости деталей с изменёнными физико-механическими характеристиками поверхности трения. *Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути их решения: материалы II-ой Международной научно-практической конференции*. 8-10 июня 2010 года.-Ульяновск: УГСХА, 2010.-Том III. Часть 1: Инженерно-техническое обеспечение АПК. Часть 2. Гуманитарные науки и образование. УГСХА, 2010.

27. Литовченко С. В. Приготовление образцов для металлографического исследования микроструктуры. 2012.

28. Конспект лекцій з дисципліни «Методи структурного аналізу матеріалів» для студентів спеціальності 132 «Матеріалознавство» денної і заочної форм навчання. Укл. О.А. Глотка, Л.П. Степанова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2018. 90 с.

29. Неежмаков К. П. Особенности калибровки растрового электронного микроскопа РЭМ-106. *Время*. 2012. Т. 20. №. 60. С. 360.

30. Типове положення про діяльність уповноважених найманими працівниками осіб з питань охорони праці : НПАОП 0.00-4.11-07. – На заміну НПАОП 0.00-4.11-93 ; чинний від 2007-03-21. – К. : Держгірпромнагляд, 2007. – 7 с. – (Нормативно-правовий акт охорони праці).

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

32. Правила улаштування електроустановок : ПУЕ-2017. На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с. (Правила)

33. ГОСТ 12.3.028–82 «Процесс обработки абразивными и эльборовым инструментом»

34. Норми радіаційної безпеки України. ДГН 6.6.1.- 6.5.001-98 (НРБУ-97). На заміну НРБ-76/87; чинний від 1998- 01-01. К.: МОЗ України, 1998. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0062282-97>. (Державний гігієнічний норматив).

35. ГОСТ 12.4.010-75 ССБТ «Средства индивидуальной защиты. Рукавицы специальные. Технические условия».

36. ГОСТ 12.4.221-2002 ССБТ «Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения».

37. Системи протипожежного захисту: ДБН В.2.5-56:2014. На заміну ДБН В.2.5-56:2010 СНиП 2.04.05-91 (розділи 5 та 22); чинний від 2015-07-01. К. : Мінрегіон України, 2014. 91 с. (Державні будівельні норми).

38. Правила пожежної безпеки в Україні: НАПБ А.01.001-14. –На заміну НАПБ А.01.001-04; чинний від 2014-12-30. К. : МВС України, 2014. 47 с. (Нормативний акт пожежної безпеки).

39. НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою»

40. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги : ДБН В.1.1-7:2016. На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01. – К.: Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми).

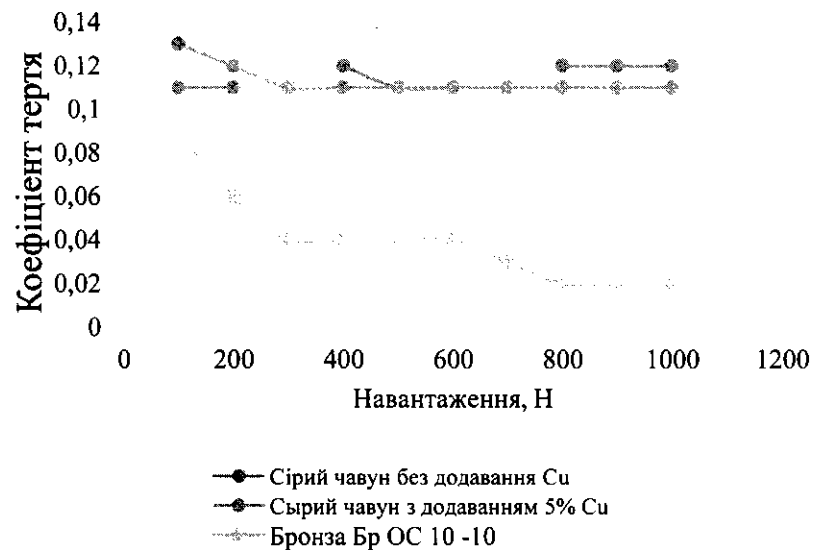
41. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників– На заміну НАПБ Б.03.001-2004 ; чинний від 2018-02-23. – К. : МВС України, 2018. 23 с. (Правила).

ДОДАТОК А

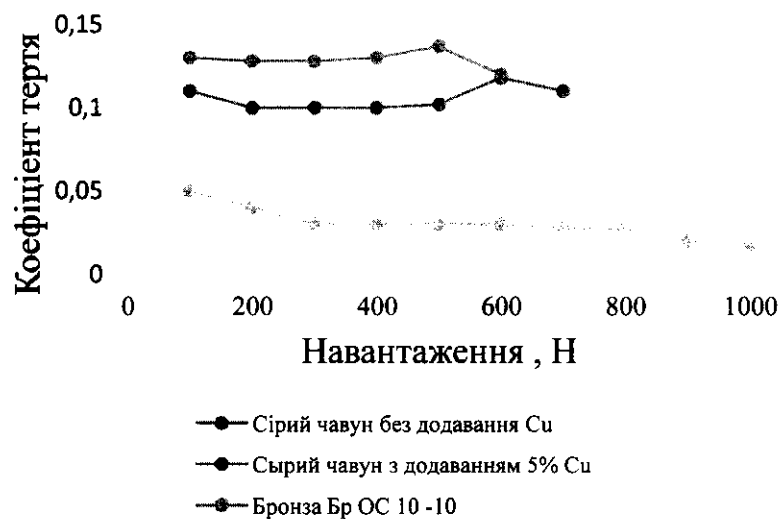
Хімічний склад зразків із сірого чавуну, % мас.

Матеріал	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Cu
Матеріал 1	3,0	0,6	2,8	0,3	0,6	0,06	0,8
Матеріал 2	2,9	0,6	2,6	0,3	0,6	0,06	5,8

Результати досліджень сірих чавунів та бронзи
БрОС 10-10 в умовах контактного тертя

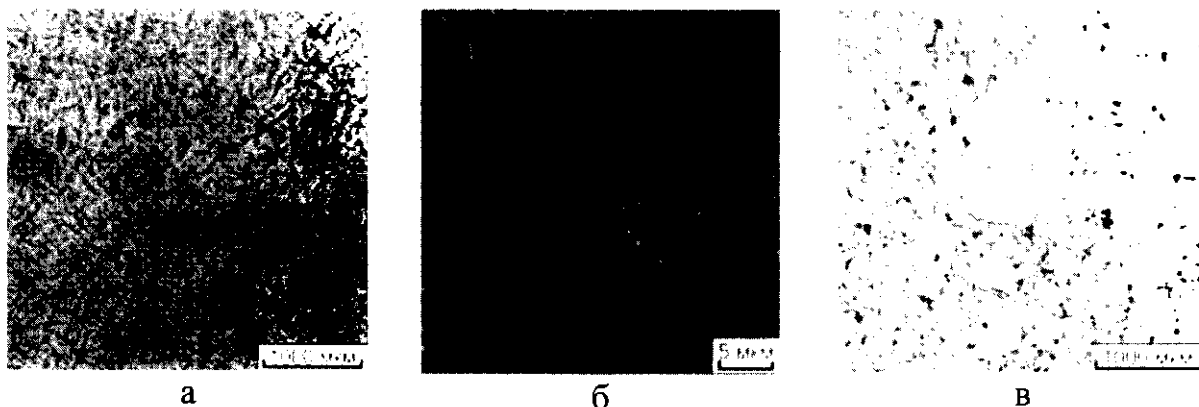


а – с масляному середовищі



б - в олії.

Мікроструктура дослідних матеріалів



- а) – нетравлена мікроструктура чавуна без додавання міді;
б) – перлітна основа дослідних сірих чавунів;
в) – мідні включення в сірому чавуні, виплавленому з додаванням 5% Cu

Розподіл елементів в характеристичному спектрі

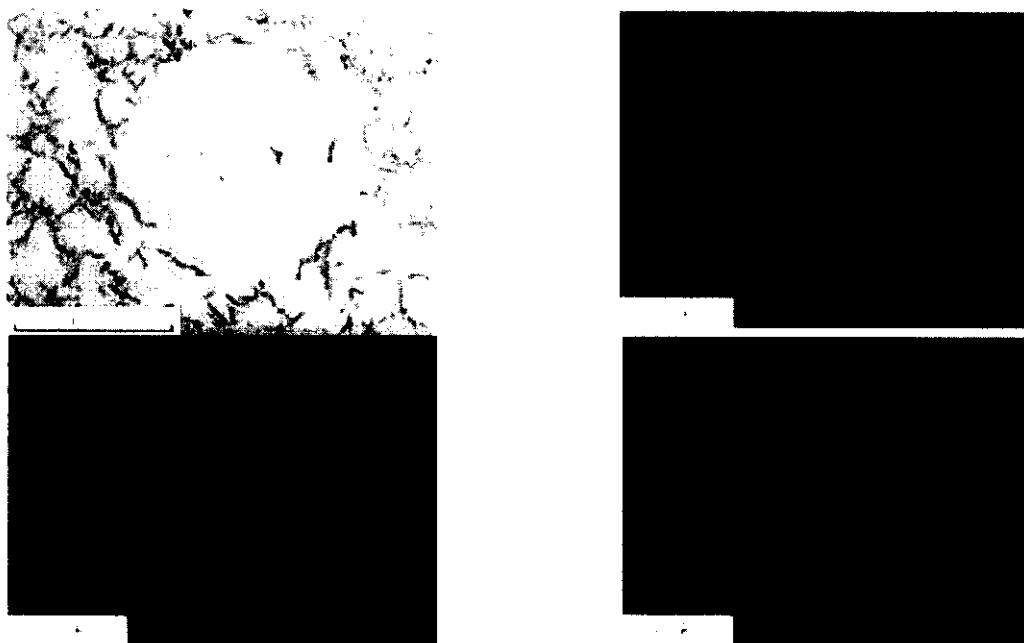


Схема ізотермічного відпалу сірого чавуну

