

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення корінних та шатунних шийок колінчастого валу 130-1005020 з дослідженням зносостійкості відновленої поверхні шийок розрахунковим та лабораторним дослідженнями*

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МАм-61
спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Козак Д.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Гупка А.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Гевко І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

Ляшук О.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2020

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ляшук О.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«29» вересня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Козак Дмитро Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення корінних та шатунних шийок колінчастого валу 130-1005020 з дослідженням зносостійкості відновленої поверхні шийок розрахунковим та лабораторним дослідженнями

Керівник роботи Гупка А.Б., к.т.н., ст.. викладач.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «29» вересня 2020 року № 4/7-690

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 грудня 2020

3. Вихідні дані до роботи Характеристика підприємства, базовий технологічний процес відновлення колінчастого валу ЗІЛ 130

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Карта ескізів – 2А1.

Пристрій для шліфувального станка, для шліфування шатунних шийок колінчастих валів– 1А1.

Схема балансуєчої машини з електромагнітними компенсаторами – 1А1.

Пристрій 9571 - 49 для комплексної перевірки колінчастого валу– 1А1.

Випробувальний стенд за схемою перехресні циліндри – 1А1.

Результати експериментальних досліджень – 1А1.

Ділянки по відновлюванню колінчастих валів– 1А1.

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		

6. Консультанти розділів роботи

7. Дата видачі завдання 29.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.10.2020	
2	Технологічний розділ	28.10.2020	
3	Конструкторський розділ	10.11.2020	
4	Науково-дослідний розділ	23.11.2020	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	08.12.2020	
6	Оформлення графічної частини	11.12.2020	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	21.12.2020	

Студент

_____ (підпис)

Козак Д.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Гупка А.Б.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

У переважній більшості випадків (80-90 %) вузли тертя машин, тобто вузли з рухливими елементами, виходять з ладу через знос. В машинобудуванні відбувається безперервний процес удосконалення машин, в тому числі їхніх вузлів тертя. Цей процес проходить дві основні стадії:

1) пошук і реалізація конструктивних або технологічних методів підвищення зносостійкості;

2) розрахункова й експериментальна оцінка ефективності методів удосконалення конструкції вузла, підвищення його зносостійкості і міцності.

Зі сказаного випливає що без моделей процесів зношування і їхніх використань, без розрахунків і випробовувань оцінка ефективності різних технологій і способів підвищення зносостійкості може не відповідати дійсності. Таким чином, розрахунки в поєднанні з випробуваннями є ефективним інструментом удосконалення вузлів тертя. При проектувальних розрахунках наявність моделей дозволяє визначити параметри конструкцій, які забезпечують мінімальний знос і максимальну надійність у заданих умовах, що дозволяє проектувати оптимальну конструкцію вузла.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	5
1.1. Опис конструкції шийок, її призначення і умови роботи.	5
1.2 Аналіз технічних умов на відновлення поверхні деталі і методи їх забезпечення	13
1.3 Висновки та постановка задач на магістерську роботу	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Розробка технологічного процесу відновлення поверхні шийок.	16
2.2 Розрахунок припусків аналітичним методом. Схема розташування припусків та допусків.	19
2.3 Вибір обладнання, режимів та розрахунок режимів механічної обробки відновленої поверхні шийок за нормативами.	23
2.4 Річний економічний ефект від відновлення деталей	31
2.5 Розрахункова частина для планування ділянки	31
2.5.1 Вихідні дані.	31
2.5.2 Визначення річного обсягу робіт.	31
2.5.3. Визначення кількості обладнання.	32
2.5.4. Визначення чисельності робітників.	34
2.6 Розрахунок площі поста	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	35
3.1 Розробка пристосування на задану операцію	35
3.2 Розрахунок вимірювального інструменту	36
3.3 Контроль макроструктури, мікроструктури, твердості відновленої поверхні шийок.	38
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	41
4.1. Оцінка зносостійкості відновленої поверхні шийок розрахунковим та лабораторним дослідженнями.	41
4.2 Розрахунки вузла на зносостійкість. Оцінка ефективності способів підвищення зносостійкості.	49

4.3 Розрахунки зносу і середнього ресурсу підшипника колінчастого вала	53
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	57
5.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів на ділянці відновлення.	57
5.2 Вентиляція ділянці відновлення.	59
ВИСНОВКИ	67
БІБЛІОГРАФІЯ	69
ДОДАТКИ	

ВСТУП

В сучасних умовах основними задачами автомобільного транспорту є своєчасне, якісне і повне задоволення вимог народного господарства і населення в перевозах при одночасному підвищенні економічної ефективності його роботи. В рішенні цих задач не останнє значення має забезпечення більш високого ресурсу роботи всіх вузлів автомобілів, у тому числі, і шляхом відновлення спрацьованих деталей.

Розробкою та застосуванням технологій відновлення деталей машин в Україні широко займаються на спеціалізованих підприємствах, в ремонтних майстернях, вузах та науково-дослідних інститутах. Їм систематично присвячують наради і конференції, з цих питань видають монографії і публікують численні журнальні статті. В них описуються загальні напрямки розв'язування задач з розробки технологічного процесу відновлення деталей, які відповідають вимогам науково-технічного прогресу, обґрунтовують актуальність розроблюваних тем, підтверджують їх значення для підвищення ефективності виробництва.

Повторне використання відновлених деталей дозволяє економити метал, електроенергію та інші матеріальні ресурси в народному господарстві.

При проектувальних розрахунках наявність моделей і розрахунках дозволяють знаходити слабкі місця в конструкції і намічати шляхи її удосконалення.

Дана магістерська робота присвячена розробці технології відновлення однієї з основних деталей двигуна вантажного автомобіля марки ЗІЛ-130 колінчастого вала. В роботі представлені та проаналізовані технології відновлення, які застосовуються на відповідних спеціалізованих підприємствах, а також дані експериментів, які виконаних у лабораторних умовах на кафедрі Тернопільського національного технічного університету. Розроблено проект дільниці з відновлення шийок колінчастих валів, виконані технічні та економічні розрахунки.

1. ЗАГАЛЬНО ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Опис конструкції шийок, її призначення і умови роботи.

Зусилля від шатунів сприймає колінчастий вал з перетворенням їх у крутний момент, а потім передається через маховик до механізмів трансмісії.

Під дією значних сил тисків газів та сил інерції, які різко змінюються, колінчастий вал підлягає деформаціям згину та кручення. Отже колінчастий вал повинен бути міцним для протидії великим ударним навантаженням. Крім цього він повинен бути достатньо жорстким для протидії деформації згину та скручування, а його шийки, крім цього, повинні бути твердими для забезпечення високої зносостійкості робочих поверхонь.

Як правило, колінчасті вали в основному виготовляються технологічними процесами кування або штампування. Матеріалом для виготовлення колінчастих валів служить в основному сталь 45. Після механічної обробки робочі поверхні колінчастих валів піддають термічній обробці – в основному гартуванню або відпуску. Із приміненням струмів високої частоти шийки колінчастого вала гартують на глибину 3-4мм, із подальшими процесами шліфування та полірування.

На рисунку 1.1 показана загальна будова колінчастого вала. В основному колінчасті вали складаються із корінних (11 і 15), шатунних (9), які з'єднанні щоками (10). Продовженням щок є противаги для розвантаження корінних підшипників від дії інерційних навантажень. Виготовляють шатунні шийки порожнистими. Передній кінець вала (1) містить масло відображувач (5), храповик (3) пускову рукоятку з шайбою (4), розподільну шестерню (28) з розпорно-упорною шайбою (6), а також шківом (2). Для пуску двигуна стартером на фланці (19) кінця вала за допомогою болтів (20) прикріплено маховик (17) із зубчастим вінцем (18).

Згідно класифікації підшипники колінчастих валів поділяються в основному на корінні та шатунні. Як правило, корінні підшипники – це підшипники

ковзання. У сучасних двигунах колінчастий вал п'ятиупорний – п'ять корінних підшипників у які встановлено вкладиші, які виготовлені із матеріалу аналогічного матеріалу шатуна. До блока підшипників чавунні кришки кріпляться, як правило двома або чотирма болтами і шплінтуються. Для V – подібних двигунів до кожної шатунної шийки колінчастого вала закріплюють два шатуни, які в подальшому з'єднують із поршнями лівого та правого ряду циліндрів двигунів. У таких двигунах шатунних шийок у двічі менше від кількості циліндрів. У V- подібних восьмициліндрових двигунах шатунні шийки розміщені одна до одної під кутом 90 градусів.

Корінні та шатунні підшипники оснащені тонкостінними вкладишами виготовленими із сталюї стрічки (55), яку в подальшому заливають шаром (57) антифрикційного сплаву на мідно-нікелевому підшарі (56). При ремонті заміна вкладишів відбувається без попередньої підгонки. Це досягається при достатньо високій степені точності та якості обробки робочих поверхонь шийок колінчастого вала.

В кожний підшипник, як правило встановлюється по два однакових вкладиша (8, 27), (12, 26), (16, 21), (53, 54), які оснащені отворами для масла, мастильними канавками і фіксаторами (58), завдяки яким вкладиші утримуються від переобертання та осового переміщення. Мастильні канавки (22, 25) призначені для змащування підшипників, а пастки (23) з пробками (24) для очищення шатунних шийок в середині від масла. Як правило один із корінних підшипників колінчастого вала являється опорним.

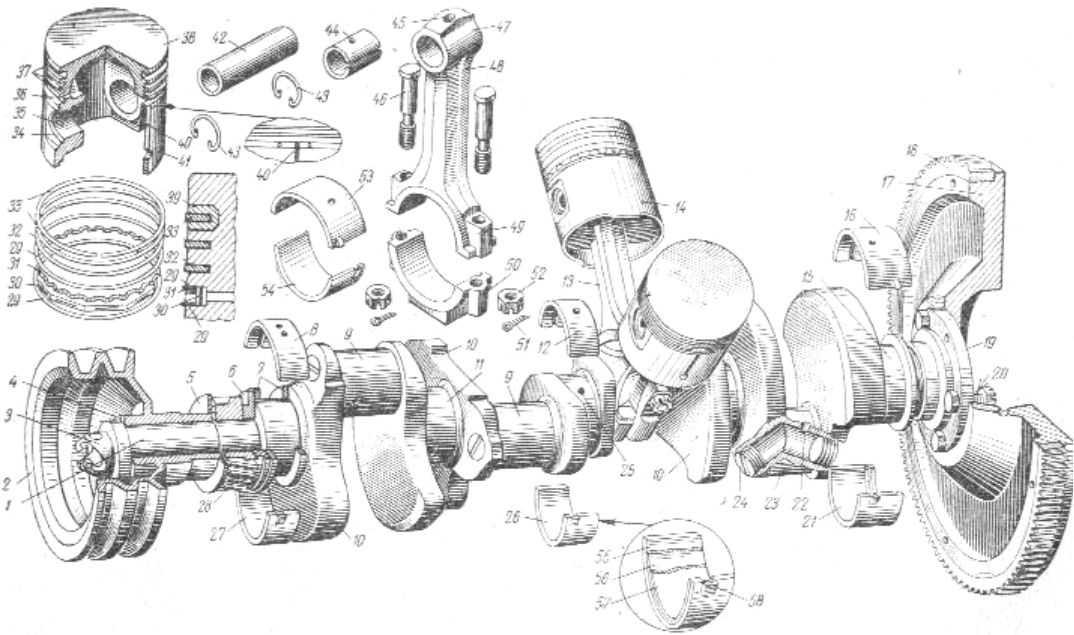


Рисунок. 1.1 – Загальна будова колінчастого валу

В конструкції двигуна автомобіля ЗІЛ-130 опорним підшипником являється передній, а основні осьові зусилля сприймають на себе упорні шайби (7). Для значного збільшення моменту інерції використовують маховик (17), що являє собою важкий чавунний диск основна маса якого зосереджена на ободі. Це дозволяє забезпечити більш рівномірне обертання колінчастого валу двигуна.

В таблицях 1.1 і 1.2 **(1, с.87), (1, с. 92)** наведено хімічний склад та основні фізико-механічні властивості сталі 45.

При роботі двигуна колінчастий вал піддається одночасно діючим навантаженням від тиску газів а також сили інерції зворотньо-поступального та обертового рухів частин. Дії ці відбуваються періодично.

Основні показники статичних характеристик процесу зношування наведено в таблиці 1.3 **(2, с.58).**

Класична діаграма характеристик процесу зношування представлена на рис. 1.2. При її побудові проводять окружність шатунної шийки, яку поділяють на однакову кількість ділянок струменями **О 1, О 2** і т.п.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 45 (ГОСТ 1050 – 74), у відсотках

C	SI	Mn	Cr	Cu	Ni	P	S
0,42-0,50	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25	0,3	0,3	0,035	0,040

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 після нормалізації (ГОСТ1050–74)

Температура, °С					
Нормалізація			Відпуск з охолодженням на повітрі		
860			-		
Границя текучості, МПА	Границя міцності при розтягу, МПА	Відносне видовження після розриву, %	Відносне звуження після розриву, %	КСУ* ² , Дж/см ²	НВ після відпалу, не більше
360	610	16	40	50	197

Таблиця 1.3 - Статичні числові значення характеристики процесу зношування, мм

Об'єм вибірки і статичні характеристики	Шийки	
	шатунні	корінні
Кількість деталей	100	100
Середньоарифметичний знос	0,142	0,11
Середньоквадратичне відхилення	0,092	0,080
Мода	0,10	0,06
Медіана	0,104	0,07
Точка А	0,12	0,11
Допустимий знос за ТУ	Не вказано	
Асиметрія	0,73	1,25

На діаграмі зношування $O_{шA}$ і $O_{шB}$, знаходять граничні точки (A'' і B'') діаграми зношування шатунної шийки, вісь масляного отвору повинна бути розташована між точками А і В.

Аналогічно будується діаграма зношування робочих поверхонь корінних шийок. Як показує практика інтенсивність зношування поверхонь шатунних шийок в середньому в 1,29 рази більше інтенсивності зношування поверхонь корінних шийок, при цьому величина зношування 3 та 4 шийок досягає відповідно 57 – 80 %.

Нерівномірність зношування поверхонь шатунних шийок по окружності зумовлена нерівномірністю навантаження за певний проміжок часу (цикл навантаження), який повторюється періодично через 720° . У порівнянні із корінними шийками неправильність геометричної форми шатунних шийок більш висока, що впливає із даних таблиці 1.4 [2, с. 59].

На виході із каналу, механічні частинки збираються у зоні верхньої кромки і виносяться потоком мастила в протилежний бік нахилу каналу. В подальшому вони розповсюджуються по ділянках шийки і підшипника.

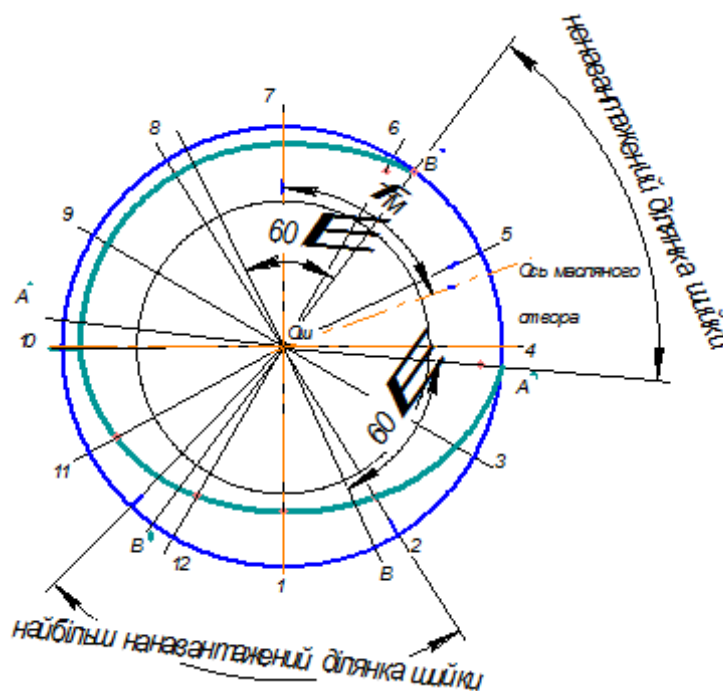


Рисунок 1.2 – Діаграма зносу шатунної шийки

Внаслідок цього обидві частини поверхні шийки змащуються не однаково. Ліва частина поверхні шийки змащується мастилом, яке містить абразивні частинки, права частина поверхні шийки змащується відносно більш чистим маслом. Це призводить до нерівномірного зносу шийок по їх довжині.

Нерівномірність зношування поверхонь шийок зумовлена наявністю в мастильному матеріалі твердих абразивних механічних частинок, які погано виносяться із зони тертя підшипника, а внаслідок дії високих питомих тисків деформують м'яку основу антифрикційного шару. Це призводить до механічного подряпування та інтенсивного зношування шийки. При цьому на вкладиші в районі отвору з якого виходить мастило утворюється кільцевий наліт із абразивних частинок, які під дією сил тертя утворюють кільцеву канавку.

Величини зносу та параметри геометричної форми шатунних шийок в більшості своїй майже однакові.

В порівнянні із шатунними шийками величини зносу та параметри відхилення геометричної форми корінних шийок значно менші.

Таблиця 1.4 - Характеристика овальності і конусності шийок

Об'єм вибірки і статичні характеристики	Шатунні шийки		Корінні шийки	
	Овальність	Конусність	Овальність	Конусність
Кількість деталей	100	100	100	100
Середня арифметична	0,024	0,025	0,021	0,018
Середня квадратична	0,023	0,023	0,018	0,017
Мода	0,015	0,005	0,005	0,005
Медіана	0,015	0,015	0,10	0,10
Точка А	0,02	0,02	0,0175	0,02
Допустимі за ТУ	0,01	0,01	0,01	0,01

Кращі умови роботи корінних шийок у порівнянні із шатунними зумовлені більшими опорними площами. Проте нерівномірність їх зношування порівняно велика із шатунними шийками і відповідно складає

$$k_u = \frac{u_{\max}}{u_{\min}} = \frac{0.14}{0.08} = 1,75. \quad (1.1)$$

де k_u – коефіцієнт нерівномірності зносу корінних шийок; u_{\max} – найбільший знос, перша корінна шийка; u_{\min} – найменший знос, четверта корінна шийка.

Для першої корінної шийки характерно найбільший знос – 0,14 мм, найменший знос характерний для четвертої шийки – 0,08 мм. Під дією великих абразивних частинок, які закріпились в бабітовому шарі підшипника на поверхні утворюються кільцеві риси, які призводять до значного зносу робочих поверхонь. У двигуні автомобіля ЗІЛ 130 вкладиші корінних підшипників мають кільцевий паз $7 \times 0,5$ мм із розміщеним в ньому масляним отвором. Як правило ця поверхня шийки практично не зношується і поверхня залишається у вихідному стані.

Параметри геометричної форми корінних шийок через нерівномірність викривлення складає:

за овальністю

$$k_o = \frac{u_{o\max}}{u_{o\min}} = \frac{0.036}{0.017} = 2,12. \quad (1.2)$$

де: k_o – нерівномірність геометричної форми корінних шийок по овальності; $u_{o\max}$ – найбільша овальність – на першої корінної шийки; $u_{o\min}$ – найменша овальність – на четвертої корінної шийки.

За конусністю

$$k_k = \frac{u_{k\max}}{u_{k\min}} = \frac{0.021}{0.016} = 1,31. \quad (1.3)$$

де: k_k – нерівномірність геометричної форми корінних шийок за конусністю; $u_{k\max}$ – найбільша конусність – на першої корінної шийки; $u_{k\min}$ – найменша конусність – на четвертої корінної шийки.

Надійність та довговічність колінчастих валів визначається величиною зносу робочих поверхонь шатунних шийок.

На перетині кривої (точка А) відповідає величині зносу 0,12 мм, а величина середньої арифметичної в межах 0,14 мм. Овальність та конусність не перевищує 0,02 мм. Для покращення умов експлуатації спряжень можлива проста заміна

вкладишів в процесі технічного обслуговування. При цьому необхідні вкладиші із зменшенням 0,12 мм, а не 0,05 мм. Це в принципі дозволяє збільшити термін експлуатації спряжень. Проте вкладишів з такими параметрами зменшення немає, а тому експлуатація спряжень із зростаючим зазором не ефективна. В результаті цього капітальному ремонту підлягають не менше 20% валів із критичним значенням зносу шатунних шийок 0,10 мм і до 25 %, а також корінних шийок із величиною зносу 0,06 мм. При цьому параметри овальності і конусності, не повинні перевищувати 0,015 мм. Подальше шліфування даних шийок під розмір відповідного вкладиша із зменшенням на 0,3 мм не є виправданим, це призводить до суттєвого зниження загального терміну служби деталей. Експлуатація вкладишів із зменшенням розмірів на 0,12 мм при роботі колінчастого вала, знос шийок в момент необхідності капітального ремонту двигуна був би значнішим. При цьому більш ефективним був би процес шліфування шийок.

Величина граничного зносу (величина зазору) характеризується змінами умов тертя. Як правило, це перехід від рідинного тертя до інших видів: граничного, сухого, змішаного, які описані в гідродинамічній теорії мащення вузлів тертя машин та механізмів.

Нормативні характеристики пробігу автомобіля ЗІЛ-130 до виходу на капітальний ремонт і середній річний коефіцієнт капітальних ремонтів наведено в таблиці 1.5 [3, с. 40]. Основні вихідні дані та параметри граничного зазору в парі тертя підшипник – колінчастий вал наведено в таблиці 1.6 [3, с. 165].

Таблиця 1.5- Норматив пробігу автомобіля ЗІЛ-130 до капітального ремонту і річний коефіцієнт охоплення капітальним ремонтом.

Середній пробіг, тис. км		Річний коефіцієнт обхвату капітальним ремонтом
Нові автомобілі до капітального ремонту	До міжкапітального ремонту	
230	180	0,11

Таблиця 1.6 - Вихідні дані і граничний зазор в спряженні підшипник-колінчастий вал

Абсолютна в'язкість масла, $\text{H} \times \text{c}/\text{m}^2$	0,03
Сума висот нерівності поверхонь вала і підшипника, мм.	0,002
Окреме навантаження на підшипник, МПа.	13,4
Частота обертання вала, ω, c^{-1}	120
Граничний зазор в спряженні, S_{max} , мм	0,20

Дані таблиць 1.5 і 1.6 – для умов експлуатації автомобільних доріг відповідно з твердим покриттям а також ґрунтових доріг, які оброблені зв'язуючими матеріалами.

1.2 Аналіз технічних умов на відновлення поверхні деталі і методи їх забезпечення

Колінчасті вали виготовляються відповідно технічним умовам, які приведені в таблиці 1.7, і показані на креслені.

Таблиця 1.7- Технічні умови при виготовленні колінчастих валів

Параметри технічних умов	Величини
Діаметр корінних шийок, мм	74,98...75,0
Діаметр шатунних шийок, мм [18]	74,98...75,0
Сума висот нерівності поверхонь вала і підшипника, мм	0,002
Граничний зазор в спряженні, мм, [3, с. 165].	0,20
Зазор в контакті (шийки валів шатунні, корінні), мкм, [17, с. 466].	0,0031
Зазор в контакті (вкладиші підшипників), мкм	0,0086

Продовження таблиці 1.7

При шліфування залишають припуск в межах, мм, на послідовне полірування	0,004...0,005
Шорсткість після обробки складає	$Ra_{0,1}^{0,3}$
Припуск на шліфування в межах, мм	0,3...0,5
Овальність і конусність шийок під підшипники не більше, мм	0,02
Биття шийки під шестерню і середніх корінних шийок відносно крайніх не більше, мм	0,03
Биття фланцю кріплення по торцю на крайніх точках не більш, мм	0,04
Шорсткість поверхонь шийок [4, с. 57]	не нище 9-го класу
Ширина шатунних шийок, мм	58
Ширина першої корінної шийки, мм	32,075...32,16
Ширина 2;3;4-ї корінної шийки, мм	30,80...31,39
Ширина п'ятої корінної шийки, мм, [18, с. 40]	44,83...45,39
Твердість колінчастого вала, [14, с. 9]	HRC 52...62
Окреме навантаження на підшипник, МПа.	13,4
Частота обертання колінчастого вала, ω, c^{-1}	120
Нові автомобілі до капітального ремонту, середній пробіг, тис. км	230

1.3 Висновки та постановка задачі на магістерську роботу

В магістерській роботі розглянуто проблему відновлення колінчастого вала. Дано короткий опис і схема вузла вала; виконаний аналіз експлуатаційних даних про відмови і кількісні показники надійності. Проаналізовано умови роботи колінчастого вала, що дозволило виявити причини його виходу з ладу.

Проаналізовано технічні умови на відновлення поверхні валу і методи їх забезпечення.

Метою даної роботи є підвищення довговічності шийок карданного валу.

В роботі розв'язуються наступні задачі:

1. Дати аналіз величини і характеру зношування деталей ЦПГ.
2. Охарактеризувати основні методи хромування гільз циліндрів.
3. Розробити методику та установку для лабораторних випробувань. Дослідити геометричні характеристики контактної площинки та запропонувати модель зношування. Отримати результати експериментальних випробувань.
4. Розробити технологічний процес відновлення корінних шийок карданого валу.
6. Дати оцінку економічній ефективності запропонованої технології відновлення гільз циліндрів.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розробка технологічного процесу відновлення поверхні шийок.

Після наплавлення вали перевіряють на биття. Для цього їх встановлюють в центрі станка і з допомогою індикатора визначають биття. При биття більш 0,4 мм вал підлягає правки під пресом типу ОКС-1670.

Правку вала виконують методом чеканки. Зниження втоми міцності не спостерігається, зберігається висока стабільність форми деталі в експлуатації.

Коли максимальний прогин знаходиться в плоскості, перпендикулярної кривошипам, правку вала здійснюють чеканкою двох симетрично розташованих галтелей відносно випрямляємої шийки. Ділянка наклепу розташовується під кутом 45° до плоскості кривошипа.

До наплавлення колінчастий вал попередньо шліфують для зняття нерівномірного зношеного загартованого шару.

Після наплавлення виконують послідовну обробку з залишанням необхідного припуску на кінцеве шліфування.

Шліфують шийки колінчастого вала на спеціальних шліфувальних верстатах: з початку корінні, потім шатунні. Пристрій для верстату для шліфування шатунних шийок показано на кресленні .

До основних вузлів комплексу відносять нерегульовані центрозміщувачі і фіксуючі пристрої. Центрозміщувачі складаються із скріплених болтів – стаканів (4), планшайби (5), противаги (6) і самоцентруючих трьохкулачкових патронів (7). Відрізняються вони один від одного лише внутрішніми отворами стаканів. В першому центрозміщувачу нарізають різьбу для навірчування на шпindel (2) передній бабки (1) верстату, в другому – це гладкий отвір під піноль (8) задній бабки (9). Відстань між осями стаканів і патронів відповідає радіусу кривошипа колінчастого вала. В планшайбах свердлять бокові отвори під фіксатори. Фіксуючі пристрої кріплять на станині. Кожне із них уявляє собою кронштейн (14), в щоках якого на осі (12) встановлено ексцентрик (11). Фіксатор (13) з'єднаний з ексцентриком вісю (10). На кінці осі (12) закріплюють важелі(3), при

русі яких вгору фіксатор входить в отвір планшайби. Обидві планшайби фіксуються під час чергової установки колінчастого вала, а після стискування вала в патронах, звільняються від фіксатора рухом важелів(3) вниз. Кожну пару співосних шатунних шийок виставляють по осі центрів верстату окремо. Попередньо шліфують після наплавлення, виконують послідовну обробку з залишенням необхідного припуску на кінцеве шліфування.

При шліфування шатунних шийок за установлені бази застосовують шийку під шестерню і зовнішню циліндричну поверхню фланця під маховик, або прошліфовані крайні корінні шийки.

Перед шліфуванням отвори масляних каналів зенкують на радіально-свердлильних верстатах або електродрілью. При шліфування залишаються припуски в межах 0,005...0,025 мм на послідовне полірування.

Перед шліфуванням шліфувальний круг підправляють алмазним олівцем, закріплений в оправку, при бильним охолодженням емульсією. Циліндричну частину круга правлять переміщенням алмазного олівця в горизонтальній площині, а галтелі – коченням оправки з олівцем в цій же площині. Бокові площини круга оброблюють до необхідної ширини при поперечної подачі шліфувального круга. Шліфувальні круги рекомендується виправляти після шліфування одного або двох колінчастих валів.

Для запобігання появи мікро тріщин при шліфуванні застосовують бильне охолодження. Струміль охолоджувальної рідини повинна повністю покривати робочу поверхню шліфувального круга. В якості охолоджувальної рідини використовують емульсію (10 г емульсійного масла на 1 л води).

Після чистового шліфування колінчасті вали балансують. Балансують на машині електромагнітними компенсаторами, в яких через обертаючий контактний пристрій посилається постійний струм. Поворотом щіток і регулюванням струму реостата добиваються до повного затухання вібрації рами, що відмічається індикатором. Величина нерівноваги моментів в вибраних площинах корекцій визначається з точністю 10...15 Гсм². Продуктивність машини до 30 шт. в годину. При балансуванні виникають труднощі з видалення дисбалансу в двох площинах

корекції. Може бути, що кутовий стан дисбалансу розташовується за конфігурацією щок вала. В даному випадку використовують чотири або навіть шість корегуючих площини, що дозволяє врівноважити дисбаланс при будь-якому його розташуванні рисунок 3, і в той час попереджує через мірне ослаблення щок вала при великому кількості знімання металу. При великій програмі випуску балансування поділяють на попереднє, кінцеве і контрольне з виділенням для кожної операції відповідного обладнання.

Після балансування, шийок полірують на верстаті моделі 3855. Його використовують для одночасного полірування двох колінчастих валів. На поліруючих шийках установлюють хомути з стяжними пружинами.

Шийки можна також полірувати з допомогою пристроїв до шліфувального верстату, на універсальному пристрої до токарного верстату або обжимають вручну.

Після механічної обробки колінчастого вала відправляють на мийку та на кінцевий контроль якості.

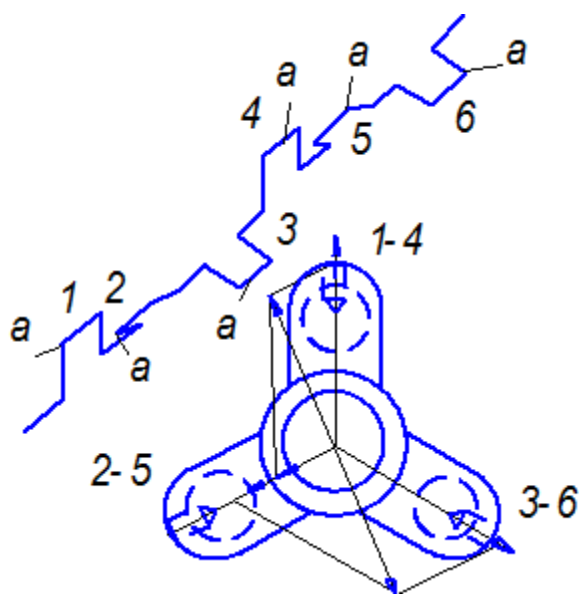


Рисунок 2.1 – Розположення площин корекції і місце знімання металу при балансуванні колінчастого вала: 1-6 – шатунні шийки вала, а площин корекції

2.2 Розрахунок припусків аналітичним методом. Схема розташування припусків та допусків.

Розрахуємо припуски аналітичним методом на обробку $\varnothing 75$, $\varnothing 65,5$ корінних та шатунних шийок колінчастого валу, на заготовку, яка виготовляється на ковочно-штампувальному пресі, на механічну обробку шийок на верстаті 16К20, на закріплення в центрах.

Припуск на обробку визначаємо за формулою

$$2Z_{\min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (2.1)$$

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей від попередньої операції; T_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньої операції; ρ_{i-1} – геометрична сума просторових відхилень на попередньої операції; ε_{yi} – похибка установки на виконуючій операції.

Висоту мікронерівностей Rz_{i-1} та глибину дефектного шару T_{i-1} заготовки на операції механічної обробки вибираємо за [7, с.815], і записуємо в таблиці 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 - Аналітичний розрахунок припусків $\varnothing 75_{(-0,02)}$

Найменування операції переходу	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, Rz_{\min} , мкм	Розрахунковий Розмір, мм	Допуск IT, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мм	
	Rz_{i-1}	T_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_{yi}				Min	Max	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	200	300	106	-	-	75,237	740	75,237	75,977	0,023	0,763
Шліфувати попередньо	50	50	6	-	$\frac{2 \times 106}{212}$	75,025	190	75,025	75,215	0,212	0,762
Шліфувати кінцево	5	10	-	-	$\frac{2 \times 15}{30}$	74,995	30	74,995	75,025	0,030	0,190
Полірування	2,5	5	-	-	$\frac{2 \times 7,5}{15}$	74,98	20	74,98	75	0,015	0,025

Таблиця 2.2 - Аналітичний розрахунок припусків $\varnothing 65,5_{(-0,02)}$

Найменування операції переходу	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, Rz_{min} , мкм	Розрахунковий Розмір, мм	Допуск IT, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мм	
	Rz_{i-1}	T_{i-1}	ρ_{i-1}	ε_{yi}				Min	Max	Z_{min}	Z_{max}
Заготовка	200	300	106	-	-	65,737	740	65,737	66,477	0,523	1,263
Шліфувати попередньо	50	50	6	-	$\frac{2 \times 106}{212}$	65,525	190	65,525	65,715	0,212	0,762
Шліфувати Кінцево	5	10	-	-	$\frac{2 \times 15}{30}$	65,495	30	65,495	65,525	0,030	0,190
Полірування	2,5	5			$\frac{2 \times 7,5}{15}$	65,48	20	65,48	65,5	0,015	0,025

Геометричну суму просторових відхилень визначається за формулою

$$\rho_{заг} = \Delta_k \times L, \quad (2.2)$$

$$\rho_{заг} = 0,12 \times 880 = 105,6 \text{ мкм.}$$

де Δ_k – питома кривизна, $\Delta_k = 0,12$ мкм/мм [8, с.186, таблиця 16];

L – відстань між опорами, $L = 880$ мм.

Залишкова кривизна заготовки при виконанні операції механічної обробки визначається за формулою

$$\rho_{ост} = K_y \times \rho_{заг}, \quad (2.7)$$

$$\rho_{ост} = 0,06 \times 105,6 = 6,3 \text{ мкм.}$$

де K_y – коефіцієнт уточнення, для попередньої обробки $K_y = 0,06$,
[9, с.61, таблиця 3,19];

На наступних операціях величина геометричної суми просторових відхилень на стільки мала, що нею можна знехтувати.

При обробці в центрах має місце принцип суміщення баз, тому похибка базування дорівнює нулю, $\varepsilon_6 = 0$. При використанні механізованого приводу сили затиску практично постійні, тому похибка закріплення дорівнює нулю, $\varepsilon_3 = 0$.

Тоді:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_3^2} = 0. \quad (2.3)$$

Визначаємо припуск на виконуючі операції:

– чистове точіння

$$2Z_{\min} = 2(50+50+6) = 2 \times 106 \text{ мкм.}$$

– фінішне шліфування

$$2Z_{\min} = 2(5+10) = 2 \times 15 \text{ мкм.}$$

– полірування

$$2Z_{\min} = 2(2,5+5) = 27,5 \text{ мкм.}$$

Визначаємо загальні припуски:

$$2Z_{\max} = \sum 2Z_{\max i} = 0,762 + 0,190 + 0,025 = 0,977 \text{ мм;}$$

$$2Z_{\min} = \sum 2Z_{\min i} = 0,212 + 0,030 + 0,015 = 0,257 \text{ мм;}$$

Проведемо перевірку вірності визначення числових значень припусків:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = IT_3 - IT_D, \quad (2.4)$$

$$0,977 - 0,257 = 0,740 - 0,02,$$

$$0,72 = 0,72.$$

Числові значення припусків визначені вірно.

Визначимо дійсний розмір заготовки:

Для корінних шийок

$$D_3 = 76_{-0,763}^{-0,023} \text{ мм.}$$

Для шатунних шийок

$$D_3 = 67_{-1,263}^{-0,523} \text{ мм.}$$

Згідно приведених розрахунків будемо і схему розташування полів припусків і допусків, показано на рисунках 2.1 і 2.2.

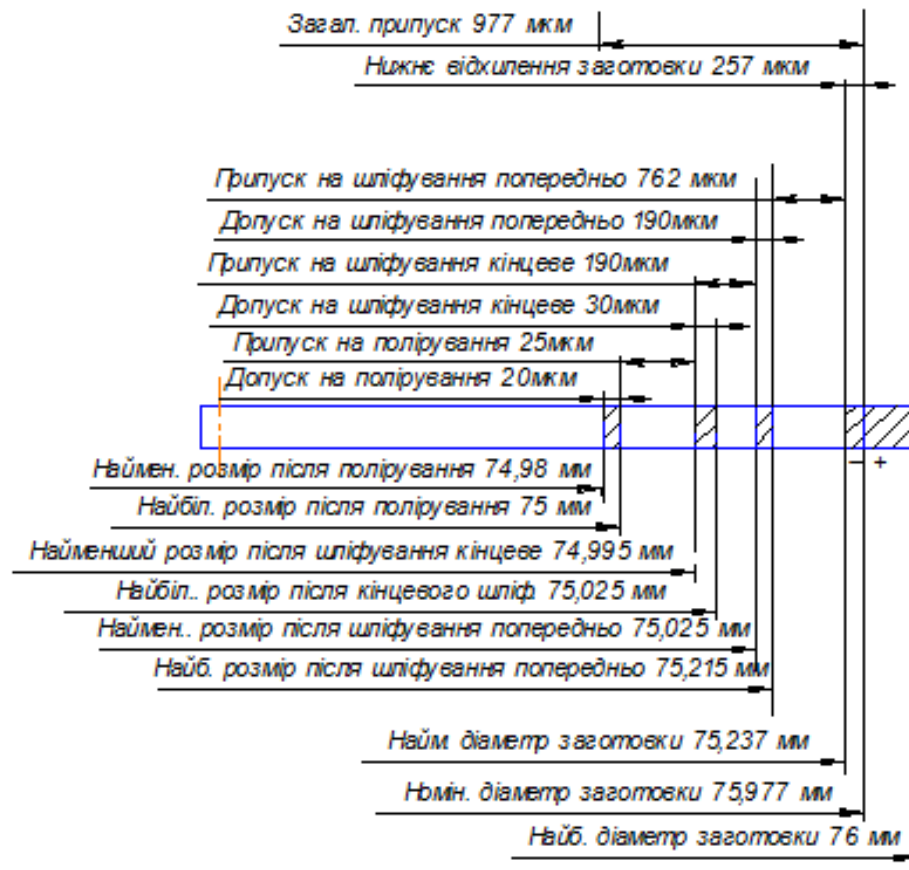


Рисунок 2.2 - Схема розташування полів припусків і допусків

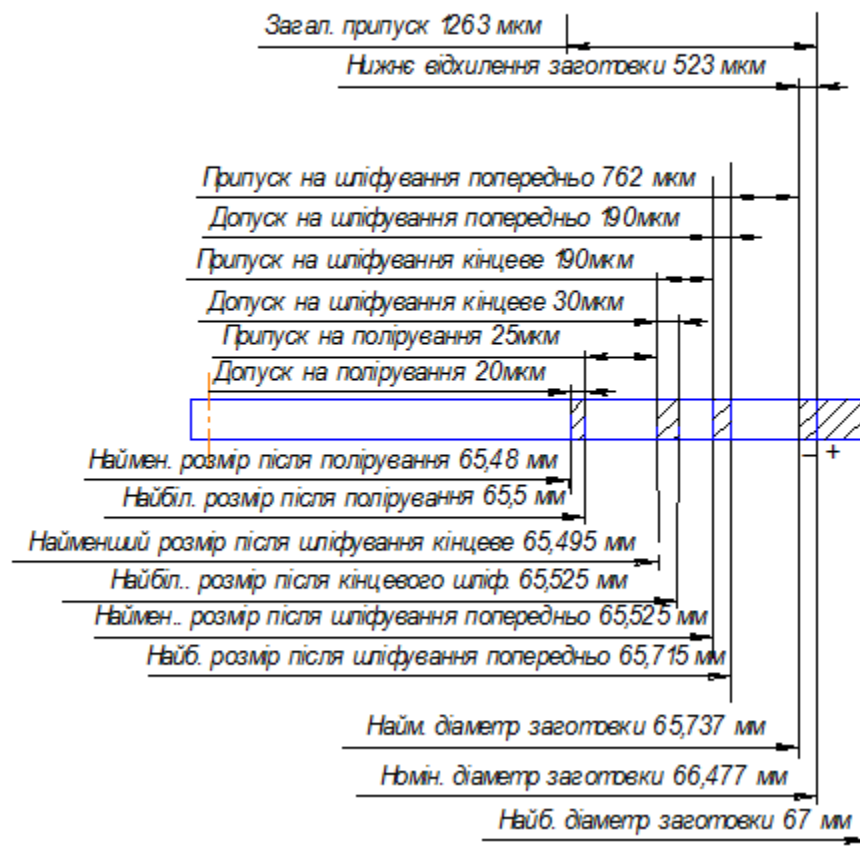


Рисунок 2.3 – Схема розташування полів припусків і допусків

2.3 Вибір обладнання, режимів та розрахунок режимів механічної обробки відновленої поверхні шийок за нормативами.

Розрахуємо режими різання за нормативами на операцію 020 круглошліфувальна, шліфувати відновлену поверхню шийок попередньо, показано на креслені.

Заготовка – деталь відновлена автоматичним наплавленням під шаром флюсу. Матеріал - зварювальний дріт Св-65Г.

Операція 020. Круглошліфувальна, шліфувати попередньо на верстаті типу 3У131М, базування – в центрах.

Вибираємо абразивний інструмент – абразивний круг плоского прямого профілю з розміром $D \times H \times d = 350 \times 60 \times 127$ мм, – для шатунних шийок, $350 \times 40 \times$

127 мм, для корінних 1,2,3,4 і шийки, 350×50×127 мм для 5 – і корінної шийки із монокорунда 34А зернистості 40, твердістю СМ2, зі структурою 5, на керамічній зв'язці К5, для роботи з окружною швидкістю до 35 м/с, клас точності А, нерівновагою 1-го класу: 350×60×127 34А 40 СМ2 5 К5 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83.

Призначаємо режими різання.

Глибина різання визначається за формулою

$$t = \frac{2Z_{\max}}{2} = \frac{0,762}{2} = 0,381 \text{ мм.} \quad (2.5)$$

Режими шліфування наведено в таблиці 2.3, [10, с.149].

Таблиця 2.3 - Режими шліфування

При шліфування корінних шийок частота обертання колінчастого вала, об/хв.	10...20
При шліфування шатунних шийок, об/хв.	8...15
Число оборотів круга в хвилину, n_k	1500

Призначаємо подачу на оберт заготовки для корінних та шатунних шийок $S = 0,02 - 0,07$ мм/об, [7, с.240].

Коректуємо подачу по паспортним даним станка, $S = 0,05$ мм/об.

Швидкість обертання шліфувального круга, м/с,

$$V_k = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \times 60} = 27,5 \text{ м/с} = 2932 \text{ м/хв.} \quad (2.6)$$

де D_k діаметр круга, мм; n_k – число обертів круга в хвилину.

Швидкість обертання шліфувальної поверхні для корінних шийок, м/хв.

$$V_d = \frac{\pi \times D_d n_d}{1000} = \frac{3,14 \times 75 \times 10}{1000} = 2,355 \text{ м/хв.}, \quad (2.7)$$

Швидкість обертання шліфувальної поверхні для шатунних шийок, м/хв.

$$V_d = \frac{\pi \times D_d n_d}{1000} = \frac{3,14 \times 65,5 \times 10}{1000} = 2,06 \text{ м/хв.}, \quad (2.8)$$

де D_d – діаметр оброблюваної деталі, мм; n_d – число обертів деталі в хвилину.

Частота обертання корінних та шатунних шийок $n_d = 10 \text{ об/хв}^{-1}$.

Сила різання, Н, для корінних шийок [7, с.250],

$$P_Z = C_P V_d^{0,7} s^{0,7} t^{0,6} = 21,6 \times 2,355^{0,7} \times 0,05^{0,7} \times 0,381^{0,6} = 2,7 \text{ Н} \quad (2.9)$$

Сила різання, Н, для шатунних шийок,

$$P_Z = C_P V_d^{0,7} s^{0,7} t^{0,6} = 21,6 \times 2,06^{0,7} \times 0,05^{0,7} \times 0,381^{0,6} = 2,47 \text{ Н} \quad (2.10)$$

де C_P – постійна для конкретної умов обробки, $C_P = 21,6$.

Потужність електродвигуна, якій приводить в рух шліфувальний круг для обробки корінних шийок,

$$N_K = \frac{P_Z v_k}{10^3 \times \eta_1} = \frac{2,7 \times 2932}{10^3 \times 0,85} = 9,3 \text{кВ} \cdot \text{А} \quad (2.11)$$

Потужність електродвигуна, який приводить в рух шліфувальний круг для обробки шатунних шийок

$$N_K = \frac{P_Z v_k}{10^3 \times \eta_1} = \frac{2,47 \times 2932}{10^3 \times 0,85} = 8,52 \text{кВ} \cdot \text{А} \quad (2.12)$$

Потужність електродвигуна для обертання оброблюваної деталі з корінними шийками

$$N_{д} = \frac{P_z \times v_{д}}{60 \times 10^3 \times \eta_2} = \frac{2,7 \times 2,355}{60 \times 10^3 \times 0,8} \approx 1 \text{ кВт.} \quad (2.13)$$

Потужність електродвигуна, для обертання оброблюваної деталі, шатунних шийок

$$N_{д} = \frac{P_z \times v_{д}}{60 \times 10^3 \times \eta_2} = \frac{2,47 \times 2,06}{60 \times 10^3 \times 0,8} \approx 1 \text{ кВт.} \quad (2.14)$$

де η_1 і η_2 – к. к. д. передач від електродвигуна, відповідно до шліфувального круга і оброблювальної деталі.

Обробка можлива, так як $N_{шп} \geq N_k$, ($20 \geq 9,3$), [2, с.319]

Нормування машинного часу на шліфування.

Основний час

$$T_o = H / (n_{д} \times C_{поп.} \times t). \quad (2.15)$$

де: H - припуск, 0,762 мм; $n_{д}$ - число оборотів деталі, 10 об/хв⁻¹; $C_{поп.}$ - поперечна подача на оборот деталі, або хід стола, 0,05 об / хв. = $75 \times 0,05 = 3,75$ мм/хв - для корінних шийок, 0,05 об/хв. = $65,5 \times 0,05 = 3,28$ мм/хв. - для шатунних шийок; t – глибина різання, 0,381мм.

Основний час для обробки корінних шийок,

$$T_o = 0,762 / (10 \times 3,75 \times 0,381) = 0,054 \text{ хв.}$$

Основний час для обробки шатунних шийок,

$$T_o = 0,762 / (10 \times 3,28 \times 0,381) = 0,061 \text{ хв.}$$

Операція 020 Шліфування, режими різання вводимо в таблицю 1.23.

Операція 040 Круглошліфувальна, шліфувати кінцево на верстаті типу ЗУ131М, базування - в центрах, показано на креслені.

Вибираємо абразивний інструмент, абразивний круг плоского прямого профілю з розміром $D \times H \times d = 350 \times 60 \times 127$ мм, - для шатунних шийок, $350 \times 40 \times 127$ мм, для корінних 1,2,3,4 – ї шийки, $350 \times 50 \times 127$ мм для 5 – ї корінної шийки із монокорунда 34А зернистості 25, твердості СМ2, зі структурою 5, на керамічній зв'язці К5, для роботи з окружною швидкістю до 35 м/с, клас точності А, нерівновагою 1-го класу: ПП 350×60×127 34А 25 СМ2 5 К5 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83.

Призначаємо режими різання.

Глибина різання визначається за формулою

$$t = \frac{2Z_{\max}}{2} = \frac{0,190}{2} = 0,095 \text{ мм.} \quad (2.16)$$

Режими шліфування наведено в таблиці 1.22, [10, с.149].

Призначаємо подачу на оберт заготовки для корінних та шатунних шийок $S = 0,02 - 0,07$ мм/об, [7, с.240].

Коректуємо подачу по паспортним даним станка, $S = 0,05$ мм/об.

Таблиця 2.4 - Режими шліфування.

При шліфування корінних шийок частота обертання колінчастого вала, об/хв.	10...20
При шліфуванні шатунних шийок, об/хв.	8...15
Число оборотів круга в хвилину, n_k	1500

Швидкість обертання шліфувального круга, м/с,

$$V_k = \frac{\pi D_k n_k}{1000 \times 60} = 27,5 \text{ м/с} = 2932 \text{ м/хв.} \quad (2.17)$$

де D_k – діаметр круга, мм; n_k – число оборотів круга в хвилину.

Швидкість обертання шліфувальної поверхні для корінних шийок, м/хв.

$$V_d = \frac{\pi \times D_d n_d}{1000} = \frac{3,14 \times 75 \times 10}{1000} = 2,355 \text{ м/хв.}, \quad (2.18)$$

Швидкість обертання шліфувальної поверхні для шатунних шийок, м/хв.

$$V_d = \frac{\pi \times D_d n_d}{1000} = \frac{3,14 \times 65,5 \times 10}{1000} = 2,06 \text{ м/хв.}, \quad (2.19)$$

де: D_d – діаметр оброблюваної деталі, мм; n_d – число оборотів деталі в хвилину.

Частота обертання корінних та шатунних шийок $n_d = 10$ об/хв⁻¹.

Сила різання, Н, для корінних шийок, [7, с.250],

$$P_Z = C_P v_d^{0,7} s^{0,7} t^{0,6} = 21,6 \times 2,355^{0,7} \times 0,05^{0,7} \times 0,095^{0,6} = 1,177 \text{ Н} \quad (2.20)$$

Сила різання, Н, для шатунних шийок,

$$P_Z = C_P v_d^{0,7} s^{0,7} t^{0,6} = 21,6 \times 2,06^{0,7} \times 0,05^{0,7} \times 0,095^{0,6} = 1,072 \text{ Н} \quad (2.21)$$

де: C_P – постійна для конкретної умов обробки, $C_P = 21,6$.

Потужність електродвигуна, який приводить в рух шліфувальний круг для обробки корінних шийок

$$N_k = \frac{P_Z v_k}{10^3 \times \eta_1} = \frac{1,177 \times 2932}{10^3 \times 0,85} = 4,06 \text{ кВ} \quad (2.22)$$

Потужність електродвигуна, який приводить в рух шліфувальний круг для обробки шатунних шийок

$$N_k = \frac{P_Z v_k}{10^3 \times \eta_1} = \frac{1,072 \times 2932}{10^3 \times 0,85} = 3,7 \text{ кВ} \quad (2.23)$$

Потужність електродвигуна для обертання оброблюваної деталі з корінними шийками

$$N_{\text{д}} = \frac{P_z \times v_{\text{д}}}{60 \times 10^3 \times \eta_2} = \frac{1,177 \times 2,355}{60 \times 10^3 \times 0,8} \approx 1 \text{ кВт.} \quad (2.24)$$

Потужність електродвигуна для обертання оброблюваної деталі з шатунними шийками

$$N_{\text{д}} = \frac{P_z \times v_{\text{д}}}{60 \times 10^3 \times \eta_2} = \frac{1,072 \times 2,06}{60 \times 10^3 \times 0,8} \approx 1 \text{ кВт.} \quad (2.25)$$

де η_1 і η_2 – к.к.д. передач від електродвигуна, відповідно до шліфувального круга і оброблювальної деталі.

Обробка можлива, так як $N_{\text{шп}} \geq N_{\text{к}}$, ($7,5 \geq 4,06$), [2, с.319].

Нормування машинного часу на шліфування

Основний час.

$$T_0 = H / (n_{\text{д}} \times C_{\text{поп.}} \times t). \quad (2.26)$$

де: H – припуск, 0,190 мм; $n_{\text{д}}$ – число оборотів деталі, 10 об/хв⁻¹; $C_{\text{поп.}}$ – поперечна подача на оборот деталі, або хід стола, 0,05 об / хв = $75 \times 0,05 = 3,75$ мм/хв. - для корінних шийок, 0,05 об/хв. = $65,5 \times 0,05 = 3,28$ мм/хв.- для шатунних шийок; t – глибина різання, 0,095мм.

Основний час для обробки корінних шийок,

$$T_0 = 0,190 / (10 \times 3,75 \times 0,095) = 0,054 \text{ хв.}$$

Основний час для обробки шатунних шийок,

$$T_0 = 0,190 / (10 \times 3,28 \times 0,095) = 0,061 \text{ хв.}$$

Операція 040 круглошліфувальна, режими різання зводимо в таблицю 1.23.

Операція 065. Полірування на верстаті типу 3855, базування – в центрах, показано на креслені

На поліруючих шийках установлюють хомути з стяжними пружинами. До внутрішньої поверхні хомута кріплять фетрові стрічки або шкіряні ремені, на які нанесений шар поліруючої пасти ГОИ № 20...30. Тиск полірувальних хомутів на шийці вала повинна бути в межах 100...120 Н/м². тривалість полірування при частоті обертання колінчастого вала 150 хв⁻¹ складає 3...5 хв. (10).

Шорсткість поверхні після обробки складає R_a 0,1 – 0,3.

Операція 040. Полірування, режими зводимо в таблицю 1.23.

Таблиця 2.5 - Зведена таблиця режимів різання

Найменування операції, переходу, позиції.	t, мм	$\frac{l_{\text{різ}}}{l_{\text{р.х}}}$, мм	λ	$\frac{T_m}{T_p} \text{ХВ}$	$\frac{S_p}{S_{\text{нр}}}$, мм/об	$\frac{n_p}{n_{\text{нр}}}$, ХВ ⁻¹	$\frac{V_p}{V_{\text{нр}}}$, м/с	$S_{\text{ХВ}}$, мм/ХВ	T_o , ХВ	$\frac{N_p}{N_{\text{wn}}}$ кВт
020 Круглошліфувальна Шліфувати попередньо Ø75	0,381	-	-	-	-	$\frac{1500}{10}$	$\frac{27,5}{2,355}$	0,05	0,054	$\frac{9,3}{1}$
						$\frac{1500}{10}$	$\frac{27,5}{2,06}$			$\frac{8,52}{1}$
Шліфувати попередньо Ø65,5	0,095	-	-	-	-	$\frac{1500}{10}$	$\frac{27,5}{2,06}$	0,05	0,061	$\frac{4,06}{1}$
						$\frac{1500}{10}$	$\frac{27,5}{2,355}$			$\frac{3,7}{1}$
040 Круглошліфувальна Шліфувати кінцево Ø75	0,095	-	-	-	-	$\frac{1500}{10}$	$\frac{27,5}{2,355}$	0,05	0,054	$\frac{120}{\text{Н/м}^2}$
						$\frac{1500}{10}$	$\frac{27,5}{2,06}$			$\frac{1}{1}$
Шліфувати кінцево Ø65,5	0,012	-	-	-	-	$\frac{1500}{10}$	$\frac{27,5}{2,06}$	0,05	0,061	$\frac{1}{1}$
						$\frac{1500}{10}$	$\frac{27,5}{2,06}$			$\frac{1}{1}$
065 Полірування	5	-	-	-	-	150	-	-	3	

2.4 Річний економічний ефект від відновлення деталей

Розрахунок річного економічного ефекту (грн.) при різних строках служби нових і відновлених деталей, виконують за формулою

- під шаром флюсу

$$E_p = \left[C_{\text{н}} \frac{P_2 + E_{\text{н}}}{P_1 + E_{\text{н}}} - (C_{\text{ш}} + E_{\text{н}}K) \right] N_{\text{від}}, \quad (2.27)$$

$$E_p = \left[1300 \frac{5 + 0,15}{3 + 0,15} - (94,2 + 0,15 \times 1,452) \right] \times 3000 = 6092937 \text{ грн.}$$

де $P_1 = 3$ роки і $P_2 = 5$ роки – величини, зворотні строкам служби відповідно нової і відновленої деталі ручне дугове наплавлення, $P_1 = 3$, $P_2 = 3$; C_H – оптова ціна нової деталі; $C_H = 1300$ грн.; $C_{Ш}$ – собівартість відновлення деталі; рівна 89 грн., ручне дугове наплавлення 33,51 грн.; $K = C_A + C_{П}$ - затрати, обумовлено капіталовкладень, $K = 1,452$ грн., ручне дугове наплавлення, $K = 1,292$ грн.; $N_{ВІД}$ – кількість відновлення деталей в розрахунковому році, $N_{ВІД} = 3000$; E_H – нормативний коефіцієнт порівняно ефективності капітальних вкладень, $E_H = 0,15$ [20, с. 242]. Величина, зворотна E_H , являє собою нормативний термін окупності капітальних вкладень: $T_{ОК. H} = 1 / E_H = 1 / 0,15 = 6,6$ років.

- ручне дугове наплавлення

$$E_p = \left[1300 \frac{3 + 0,15}{3 + 0,15} - (33,51 + 0,15 \times 1,292) \right] \times 3000 = 37988886 \text{ грн..}$$

2.5 Розрахункова частина для планування дільниці

2.5.1 Вихідні дані.

Річна виробнича програма відновлення колінчастих валів – 3000 штук.

Трудомісткість відновлення колінчастих валів – 17 хвилин.

Режим роботи дільниці по відновленню колінчастих валів в одну зміну.

Ефективний річний фонд робітника – 1776 годин.

Ефективний річний фонд наплавленого обладнання – 1965 годин.

Тип виробництва – багатосерійне.

2.5.2 Визначення річного обсягу робіт.

Річний обсяг робіт визначають за формулою

$$T_p = (N \times T) \times K_{ВП} \quad (2.28)$$

де: N – річна виробнича програма, $N = 3000$ штук;

T – трудомісткість відновлення, $T = 17$ хв.;

$K_{ВП}$ – коефіцієнт, який враховує власні потреби підприємства, $K_{ВП} = 1,1$.

$$T_p = (N \times T) \times K_{ВП} = (3000 \times 17) \times 1,1 = 56100 \text{ хв.} = 935 \text{ год./рік.}$$

2.5.3. Визначення кількості обладнання.

Розрахунок кількості технологічного обладнання ведеться на основі показників трудомісткості, верстатомісткості об'єктів ремонту, подовженості технологічних операцій, фізичних параметрів об'єктів ремонту (маси, площі поверхонь покриття і т.п.).

Розрахунок кількості технологічного обладнання розраховують за формулою

$$K_{об} = T_p / \Phi_{еф} = 935 / 1965 = 0,47, \quad (2.29)$$

де T_p – річний обсяг робіт; $\Phi_{еф}$ – розрахунковий ефективний фонд робочого часу обладнання при роботі в одну зміну. Прийнято $K_{об} = 1$.

Назва технологічного обладнання, яке необхідно для виконання робіт на дільниці наплавлення колінчастих валів та їх механічної обробки, приведено в таблиці 7.1.

Таблиця 2.6 - Технологічне обладнання дільниці відновлення колінчастих валів

№	Назва обладнання	Кількість	Марка	Габаритні розміри, мм	Потужність, кВт	Площа м ²
1	Круглошліфувальний напівавтомат	1	ЗТ161Е	3754×4675	8	17,55
2	Круглошліфувальний напівавтомат	1	ХШ2-12Н	3890×1850	10	7,20
3	Балансуючий стенд	1	КИ-4274	1830×1450	-	2,65
4	Радіально-свердлильний верстат	1	2М55	2665×1220	4	3,25
5	Полірувальний напівавтомат	1	3845К	1820×1640	7,8	3
6	Мийна машина	1	ОМ-3600	1895×1200	3	2,27
7	Пристрій для комплексної перевірки колінчастих валів.	1	9571-49	1640×1300	-	2,13
8	Установка для промивки масляних каналів	1	УП-3600	1520×1240	2,8	1,88
9	Круглошліфувальний напівавтомат	2	ЗМ152	3675×2337	11	8,59
10	Круглошліфувальний верстат	2	ЗВ423	2070×1520	13	3,15
11	Гідравлічний прес	1	П-6326	1265×1668	7	2,11
12	Верстат для наплавлення	1	У-652	2095×1590	26,9	3,33
13	Пристрій для правки	1	16-Ф-3256	1595×1290	-	2,06
14	Гідравлічний прес	1	П-6330	1265×1670	7	2,11
15	Консольний поворотний кран	1	КПК-0,5	450×450	2,8	0,20
16	Електрична шахтна піч	1	СШО-10.10/10М1	3475×2050	40	7,12
17	Підвісний електричний кран	1	2-17,4-15-6 220/380,		2,8	

2.5.4. Визначення чисельності робітників.

Кількість робітників визначають за формулою

$$Ч_p = T_p / \Phi_{\text{еф}} = 935 / 1776 = 0,52. \quad (2.30)$$

де: T_p – річний обсяг робіт; $\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний річний фонд робітника,
 $\Phi_{\text{еф}} = 1776$ год.

Прийнято $Ч_p = 1$ робітник.

2.6 Розрахунок площі поста

Укрупнений розрахунок визначають за формулою

$$F_{\text{gin}} = f_p \times X_p = 15 \times 2 = 30 \text{ м}^2, \quad (2.31)$$

де: f_p – питома площа на одного робітника на зварювально–наплавочній ділянці, $f_p = 15 \text{ м}^2$; X_p – кількість робітників, $X_p = 2$, [22].

Площу ділянці з використанням коефіцієнту приведення розраховують за формулою

$$F_g = \sum f_b \times K_n = 80,34 \times 5 = 401,7 \text{ м}^2, \quad (2.32)$$

де: $\sum f_b$ – сумарна площа верстатів і допоміжного обладнання на підлозі;
 K_n – коефіцієнт проведення, який враховує прохід зварювально–наплавочної ділянці, $K_n = 5$, [22].

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка пристосування на задану операцію

Проектування пристрою 9571-49 для контролю відхилення від співвісності колінчастих шийок. Згідно рекомендаціям [4, с.470], вибираємо наступну схему контролю.

Точність вимірювання

$$\Delta_{\text{вим}} = T - K \times \varpi, \quad (3.1)$$

де: T- допуск вимірювання, T= 0,003мм; K – поправочний коефіцієнт, K= 0,6; ϖ – похибка пристрою.

$$\varpi = \varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_b + \varepsilon_3 + \varepsilon_{np}}, \quad (3.2)$$

де: ε_b - похибка базування, $\varepsilon_b = 0$; ε_3 - похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 0$; ε_{np} - похибка пристрою.

$$\varepsilon_{np} = (1/4 \dots 1/10) \times T = (1/4 \dots 1/10) \times 0,003 = 0,00075 \dots 0,0003 \text{ мм.} \quad (3.3)$$

Приймаємо $\varepsilon_{np} = 0,0003$ мм.

$$\Delta_{\text{пр}} = \Delta_{\text{вим}} \times (0,5 \dots 0,75) = 0,01034 \times (0,5 \dots 0,75) = 0,005 \dots 0,008 \text{ мм.} \quad (3.4)$$

Приймаємо $\Delta_{\text{пр}} = 0,006$ мм.

Отже, вибираємо індикатор годинникового типу 5ИГП ГОСТ 9038-83 з ціною поділки 5 мкм та допустимою похибкою вимірювання 0,002 мм.

Принцип роботи пристрою. Провіряємо колінчастий вал крайніми корінними опорами за допомогою призм, які установлені на плиті. На цій же плиті змонтовані індикатори часового типу, з допомогою яких при обертанні вала на 360° вимірюються всі вказані параметри. Для вимірювання радіуса кривошипа індикатори установлюють за еталоном вала.

3.2 Розрахунок вимірювального інструменту

Проектування і розрахунок калібр-скоби для контролю $\varnothing 75g6_{(-0,020)}$, і $\varnothing 65,5g6_{(-0,020)}$. Граничні розміри вала: корінних шийок $D_{\max} = 75$ мм; $D_{\min} = 74,98$ мм; шатунних шийок $D_{\max} = 65,5$ мм; $D_{\min} = 65,48$ мм. За [27, с.57, таблиця 6]. Знаходимо дані для розрахунку: $\alpha_1 = 0$; $Z_1 = 4$ мкм; $Y_1 = 3$; $H_1 = 5$ мкм.

де: Z_1 – відхилення середини поля допуску на виготовлення калібр-скоби ПР відносно найбільшого граничного розміру вала; H_1 – допуск на виготовлення калібрів-скоб; α_1 – компенсація похибки контролю калібрами-скобами; Y_1 – допустимі виходи розміру зношеного прохідного калібру відповідно для вала за границю поля допуску виробу.

Схема розташування полів допусків для корінних шийок $\varnothing 75g6_{(-0,020)}$, (рис. 3.1 і рис. 3.2).

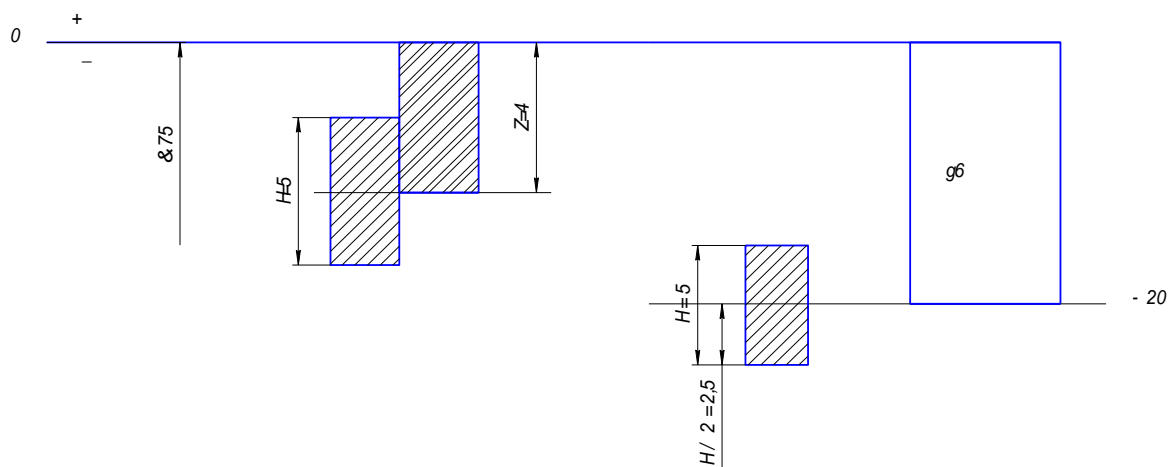


Рисунок 3.1 - Схема розташування полів допусків, $\varnothing 75g6_{(-0,020)}$.

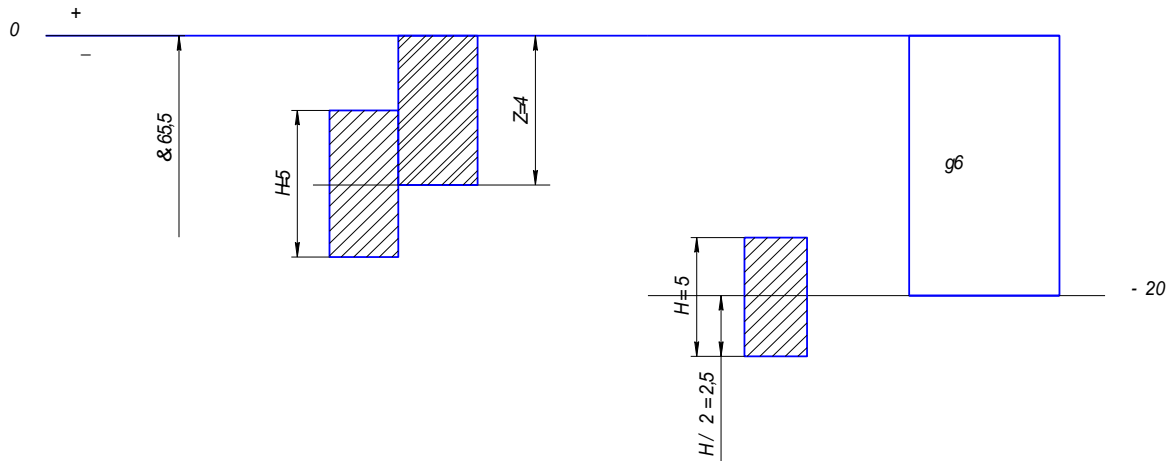


Рисунок 3.2 - Схема розташування полів допусків, $\text{Ø}65,5\text{g}6_{(-0,020)}$.

Найменший розмір, прохідного калібру скоби визначаємо за формулою (2.5), для вимірювання корінних шийок.

$$\text{ПР}_{\min} = D_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} = 75 - 0,004 - \frac{0,005}{2} = 74,9935 \text{ мм.} \quad (3.5)$$

Найменший розмір, прохідного калібру-скоби, для вимірювання шатунних шийок.

$$\text{ПР}_{\min} = D_{\max} - Z_1 - \frac{H_1}{2} = 65,5 - 0,004 - \frac{0,005}{2} = 65,4935 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір калібру-скоби для корінних шийок, $\text{ПР} = 74,9935^{+0,005}$.

Виконавчий розмір калібру-скоби, для шатунних шийок, $\text{ПР} = 65,4935^{+0,005}$.

Найбільший розмір зношеного прохідного калібру-скоби визначаємо за формулою (3.9) для вимірювання корінних шийок.

$$\text{ПР}_{\text{зн}} = D_{\max} + Y_1 = 75 + 0,003 = 75,003 \text{ мм.} \quad (3.6)$$

Найбільший розмір зношеного прохідного калібру-скоби для вимірювання корінних шийок.

$$PP_{\text{зн}} = D_{\text{max}} + Y_1 = 65,5 + 0,003 = 65,5003 \text{ мм.}$$

Коли калібр досягне цього розміру, його вилучають з експлуатації.

Найменший розмір непрохідного калібру скоби визначається за формулою (3.10) для вимірювання корінних шийок.

$$HE_{\text{min}} = D_{\text{min}} - \frac{H_1}{2} = 74,98 - \frac{0,005}{2} = 74,9775 \text{ мм.} \quad (3.7)$$

Найменший розмір непрохідного калібру-скоби для вимірювання шатунних шийок.

$$HE_{\text{min}} = D_{\text{min}} - \frac{H_1}{2} = 65,48 - \frac{0,005}{2} = 65,4775 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір калібру скоби для корінних шийок, $HE_{\text{min}} = 74,9775^{+0,005}$.

Виконавчий розмір калібру-скоби для шатунних шийок, $HE_{\text{min}} = 65,4775^{+0,005}$.

3.3 Контроль макроструктури, мікроструктури, твердості відновленої поверхні шийок.

З допомогою металографічного контролю виявляють структуру металу. Металографічні випробовування в загальному випадку передбачають вивчення мікро- і макроструктури металу шва і біля шовної зони. Зразки для металографічного випробовування вирізають поперек шва, потім площини розрізу підлягають механічній обробці: шліфування, полірування, травлення.

Зразки для контролю структури виготовляють з допомогою механічної обробки, абразивним інструментом, а також газовим різанням при умови, що припуски на обробку будуть достатніми для запобігання структурних змін в металі після нагріву.

Вимірювання твердості дає можливість без руйнування виробу судити про його властивості, метод отримав широке застосування при контролі якості металу в металічних виробах і деталях.

Визначення твердості по Роквеллу. Суть методу полягає у вдавлюванні наконечника з алмазним конусом з кутом при вершині 120° (шкала С) у випробувальний зразок (виріб) під дією навантаження.

Під навантаженням F_0 індикатор приладу вдавлюється в виріз на глибину h . Потім на випробовуваний зразок подається повне навантаження $F = F_0 + F_1$ і глибина проникнення наконечника зростає. Після зняття основного навантаження F_1 прилад показує число твердості по Роквеллу HRC. Чим менша глибина h , тим вища твердість випробовувального матеріалу.

При використанні алмазного конуса – по шкалі С - $F_0 = 100$ Н (кгс), $F_1 = 1373$ і $F = 1471$. число твердості виражається формулою $HRC = 100 - e$, де $e = (h - h_0)/0,002$ мм (0,002 мм – ціна ділення шкали індикатора приладу для випробовування твердості по Роквеллу).

Одиниця твердості по Роквеллу – безрозмірна величина, відповідає осьовому переміщенню індикатора на 0,002 мм.

Таблиця 3.1- Структура, мікротвердість і чистота поверхні покриття

Матеріал	Структура	Мікротвердість		Чистота поверхні	
		N_{μ}^{100}		H_{cp} , мк	Клас чистоти по ГОСТ
		кГ/мм ²	Мн/м ²		
Наплавлення під шаром флюсу	мартенсит	572	5720	3,4	7

Продовження таблиці 3.1

Макроструктура наплавленого матеріалу		
Матеріал	Структура	Мікротвердість, HRC
Наплавлення під шаром флюсу	Троостосорбіт	56

Таблиця 3.2 - Границя витривалості наплавленого матеріалу.

Матеріал	Границя витривалості		Коефіцієнт витривалості, $\beta = \sigma_{-1n} / \sigma_{-1}$
	кгс/мм ²	Мн/м ²	
Наплавлення під шаром флюсу	18	180	0,75

Пониження границі витривалості під впливом всіх видів на плавки виникає із-за виникнення внутрішніх напруг, а також структурної неоднорідності наплавленого матеріалу, в особливості по границі наплавлення з основним матеріалом. Наплавлення під шаром флюсу забезпечує меншу швидкість нагріву і охолодження наплавленого матеріалу. При цьому пониження границі витривалості наплавлення майже однакова.

Підвищення мікротвердості покриття виникає завдяки зміцненню поверхневих шарів металу в результаті наклепу. Більш значне підвищення мікротвердості (наклеп), пояснюється підвищенням вмісту марганцю в покритті. Дані наведено в таблиці 4.3 [2, с.592].

Таблиця 3.3- Мікротвердість покриття до і після припрацювання.

Матеріал	Мікротвердість N^{100}_{μ}				Зміни
	До припрацювання		Після припрацювання		
	кГ/мм ²	Мн/м ²	кГ/мм ²	Мн/м ²	
Наплавлення під шаром флюсу	572	5720	597	5970	+22

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1. Оцінка зносостійкості відновленої поверхні шийок розрахунковим та лабораторним дослідженнями.

Методи експериментального дослідження, як правило стендові і полігонні випробовування, являються прискореними і при їх проведенні, необхідну інформацію про надійність виробу отримують в більш короткі строки, чим при нормальних випробовуваннях.

При розрахунку ресурсу колінчастого вала по зносу корінних і шатунних шийок вала використовують лінійну модель зношування

$$u = m_u R = 1,43 \times 317 = 453,31 \text{ мкм}, \quad (4.1)$$

де m_u – випадкова величина інтенсивності зношення мкм/тис. км, R – пробіг автомобіля, тис. км. Так як в двигуні є вісім гільз, то по формулах для мінімальних значень

$$R_{\min} = R - \sigma_R \sqrt{L_R \Pi} \quad (4.2)$$

$$\sigma_{\min} = \pi \sigma_R / \sqrt{6 L_R \Pi}, \quad (4.3)$$

де R_{\min} , σ_{\min} – відповідна оцінка мінімальних середнього і середнього квадратичного відхилення, тис. км., Π – число гільз циліндрів двигуна; R – середнє відхилення; σ_R – середня квадратична відхилення ресурсу.

Вихідні дані, результати розрахунків і фактичні ресурси автомобільного двигуна ЗІЛ-130, показано в таблиці 5.1 [3, с. 179, 206].

Таблиця 4.1- Вихідні дані, результати розрахунків і фактичні ресурси двигуна автомобіля ЗІЛ-130.

Число гільз	m_u , МКМ/Т.КМ.	σ_u , МКМ/Т.КМ	Граничний знос, МКМ	R	σ_R	Rmin	σ_{min}	Інтенсивність зносу, МКМ/Т. КМ.		Шийки
								h	$\nu h = \sigma_h/h$	
8	1,43	0,52	400	Тис. км.				h	$\nu h = \sigma_h/h$	Корінні
				317	107	163	95	0,7	0,3	
								0,3	0,33	
Примітка, νh – коефіцієнт варіації інтенсивності зносу										

При проведенні лабораторних випробовувань на знос з визначенням параметрів моделей зношення вибрано два способи наплавлення: автоматичне наплавлення під шаром флюсу (наплавочний дріт Нп-65Г, флюс-суміш АН-348А з додаванням ферохрому, феромарганцю і графіту); наплавочні електроди спеціального призначення марки Т-590. Випробовування на знос проводилися за схемою перехресних циліндрів.

Автоматичне наплавлення під шаром флюсу.

Випробовування проводилися за наступними умовами:

- частота обертання робочого вала $n = 600$ об/хв.;
- діаметр контр тіла $d_b = 120$ мм;
- швидкість ковзання вала по втулці $V = 0,5$ м/с;
- діаметр зразка $d = 75$ мм;
- загальне навантаження на контакт $Q = 0,300$ кг.

Під час випробовувань через визначений проміжок часу по заданому шляху тертя S вимірялися розміри осей еліптичної плями контакту, що позначаються $2a^*$ і $2b^*$ рисунок 5.1.

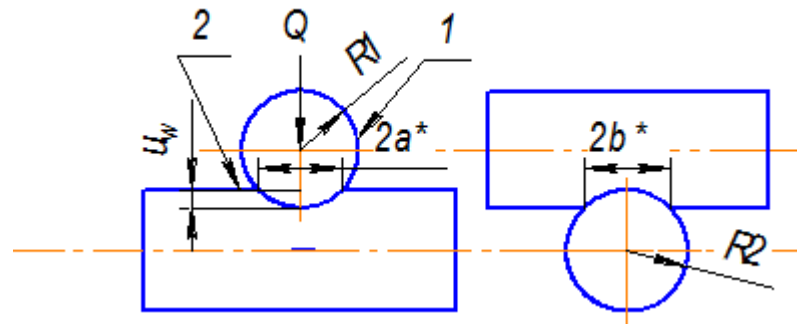


Рисунок 4.1 – Схема контакту перехресних циліндрів
 1 – зразок (випробувальний матеріал), нерухомий
 2 – контр тіла (сталь $HV_2 > HV_1$), обертаючий

Еквівалентний радіус кола визначався за співвідношенням:

$$a = (a^* b^*)^{1/2} \quad (4.4)$$

Визначення параметрів моделей зношення виконується за методикою [19, с. 42, таблиця 2.1].

При визначенні параметрів апроксимації експериментальної кривої використовується метод найменших квадратів. Основні співвідношення методу для визначення параметрів степеневі апроксимації приведені в [19].

Приведемо ці співвідношення:

$$a(s) = cs^\beta \quad (4.5)$$

або

$$y = b_0 + b_1 x, \quad (4.6)$$

де

$$y = \lg a, \quad x = \lg s, \quad b_0 = \lg c, \quad b_1 = \beta; \quad (4.7)$$

$$b_0 = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}; \quad (4.8)$$

$$c = 10^{B_0} \quad (4.9)$$

$$b_1 = \beta = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}. \quad (4.10)$$

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{75 \times 120}{75 + 120} = 46,154 \text{ мб}, \quad (4.11)$$

Результати випробовувань і обробка їх МНК для автоматичного наплавлення під шаром флюсу наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Результати випробовувань і обробка їх МНК для автоматичного наплавлення під шаром флюсу

№ п/ п	$S \times 10^3$, мм	a, мм	τ , хв	$2a^*$	$2b^*$	$Y = \lg a$	$x = \lg S$	xy	x^2
1	706500	0,7487	5	2,741	0,8021	-0,1257	5,85	-0,735	34,22
2	1413000	0,863	10	3,146	0,947	-0,064	6,15	-0,39	37,82
Σ						-0,1897	12	-1,125	72,04
Примітка: $S_5 \text{ хв} = \pi \times d \times n \times \tau = 3,14 \times 75 \times 600 \times 5 = 706500 \text{ мм} = 7065 \text{ м} = 7,065 \text{ км}$									
$S_{10 \text{ хв}} = \pi \times d \times n \times \tau = 3,14 \times 75 \times 600 \times 10 = 1413000 \text{ мм} = 14130 \text{ м} = 14,130 \text{ км}$									

Визначення параметрів степеневі апроксимації β , ведеться за формулою (4.9) з врахуванням даних таблиці 5.2. Знаходимо:

$$\beta = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{2 \times (-1,125) - (-0,1897 \times 12)}{2 \times 72,04 - 12^2} = \frac{0,0264}{0,08} = 0,33$$

За залежністю (4.9) маємо:

$$B_0 = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{-0,1897 \times 72,04 - (-1,125) \times 12}{0,08} = -2,075,$$

$$c = 0,0084.$$

Визначення параметрів моделі зношення ведемо по (4.9) і (4.10) [19, с. 42, таблиця 2.1].

$$m = \frac{1 - 2\beta}{2\beta} = \frac{1 - 2 \times 0,33}{2 \times 0,33} = 0,515, \quad (4.12)$$

$$k_w = \frac{c^{2m+2}\beta}{\left(\frac{Q}{\pi}\right)^m \times R} = \frac{0,0084^{3,03} \times 0,33}{(0,300/3,14)^{0,515} \times 46,154} = 12 \times 10^{-9} \text{ мм}^2/\text{кг} \quad (4.13)$$

Чисельні значення цієї функції приведені в таблиці 5.2 і на рисунку 5.2.

Наплавочні електроди спеціального призначення марки Т-590.

Методика випробовування цього матеріалу та сама, що і при випробовуванні зразків з автоматичним наплавленням під шаром флюсу.

Результати випробовувань представлені в таблиці 4.3 і на рисунку 4.2.

При визначенні параметрів апроксимації експериментальної кривої 1 також використаний метод найменших квадратів, а результати розрахунків представлені в таблиці 5.3.

Таблиця 4.3 - Результати випробовувань і обробка їх МНК для зразків з наплавленням електродами Т-590

№ п/п	S × 10 ³ , мм	a, мм	τ, хв.	2a*	2b*	y = lg a	x = lg S	xy	x ²
1	706500	0,7934	5	2,761	0,912	-0,1	5,85	-0,585	34,22
2	141300	0,9161	10	3,256	1,031	-0,038	6,15	-0,234	37,82
Σ						-0,138	12	-0,820	72,04

Примітка: $S_{5 \text{ XB}} = \pi \times d \times n \times \tau = 3,14 \times 75 \times 600 \times 5 = 706500 \text{ мм} = 7065 \text{ м} = 7,065 \text{ км}$

$S_{10 \text{ XB}} = \pi \times d \times n \times \tau = 3,14 \times 75 \times 600 \times 10 = 1413000 \text{ мм} = 14130 \text{ м} = 14,130 \text{ км}$

Виконуючи розрахунок параметра β апроксимації, маємо:

$$\beta = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{2 \times (-0,82) - 12 \times (-0,138)}{2 \times 72,04 - 12^2} = \frac{0,016}{0,08} = 0,2$$

Другий параметр апроксимації:

$$b_0 = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = \frac{-0,138 \times 72,04 - (-0,82) \times 12}{0,08} = -1,269,$$

$$c = 10^{-1,269} = 0,054.$$

Параметри m і k_w моделі зношення визначаємо за формулою (4.9) і (4.10) [19, с. 42, таблиця 2.1]:

$$m = \frac{1 - 2\beta}{2\beta} = \frac{1 - 2 \times 0,2}{2 \times 0,2} = 1,5,$$

$$k_w = \frac{c^{2m+2}\beta}{\left(\frac{Q}{\pi}\right)^m \times R} = \frac{0,054^5 \times 0,2}{(0,300/3,14)^{1,5} \times 46,154} = 66 \times 10^{-9} \text{ мм}^2 / \text{кг}.$$

Залежність інтенсивності зносу від тиску для матеріалу має вигляд:

$$I \text{ (наплавлення електродами Т-590)} = 66 \times 10^{-9} \times \sigma^{1,5}$$

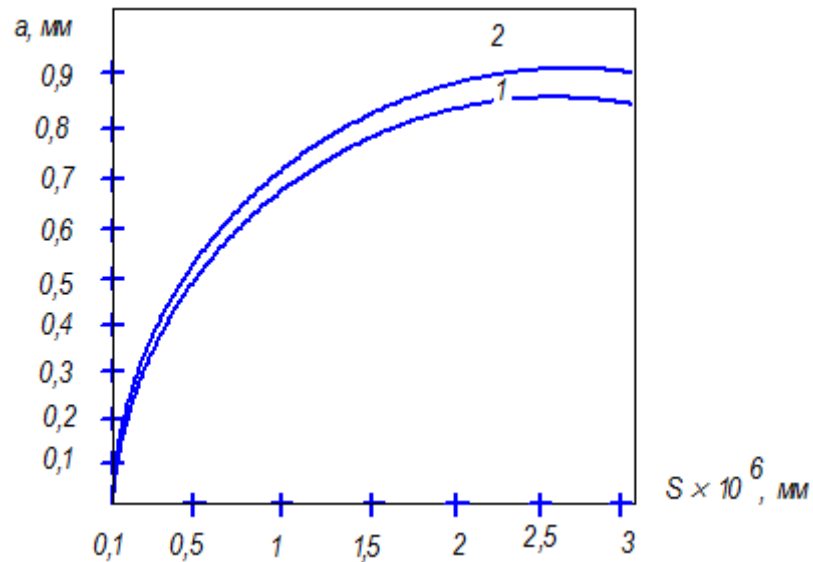


Рисунок 4.2 – Результати випробувань

1 – Автоматична наплавка під шаром флюсу

2 – наплавка електродом Т-590

Порівняння матеріалів за зношенням.

Для порівняння матеріалів одержимо чисельне значення для значень σ таблиця 4.4.

Таблиця 4.4- Порівняння інтенсивності зношення матеріалу

σ , кг/мм ²	I (наплавлення під шаром флюсу) $\times 10^{-9}$	I (наплавлення електродом Т-590) $\times 10^{-9}$	$\frac{T-590}{Hn-65G}$
1	12	66	5,5

Об'єктивне порівняння матеріалів за зношенням в заданому діапазоні тисків при наявності параметрів k_w , m моделі усталеного зношення:

$$\frac{du_w}{dS} = k_w \sigma^m. \quad (4.14)$$

де k_w , m – параметри моделі, відомі з випробувань.

Порівняння проводиться при деякому фіксованому тиску

$$\sigma_c = \frac{Q}{2ab}, \quad (4.15)$$

обраному в заданому діапазоні.

$$\sigma_c = \frac{Q_1}{2a_1b_1} = \frac{0,3}{2 \times 1,573 \times 0,4735} = 0,2014 \text{ кг/мм},$$

$$\sigma_c = \frac{Q_2}{2a_2b_2} = \frac{0,3}{2 \times 1,628 \times 0,5155} = 0,1787 \text{ кг/мм}.$$

Знос, що відповідає цьому тискові, визначається за залежністю:

$$u_w = k_w \sigma_c^{m_s} S_c. \quad (4.16)$$

Порівняння проводиться при деякому фіксованому шляху тертя $S = S_c$.

Порівняємо два матеріали з параметрами моделей k_{w1} , m_1 і k_{w2} , m_2 . Запишемо вираз для зносу кожного матеріалу:

$$u_{w1} = k_{w1} \sigma_c^{m_1} S_c = 12 \times 10^{-9} \times 0,2014^{0,515} \times 1413000 = 7,4 \times 10^{-3} \text{ мм},$$

$$u_{w2} = k_{w2} \sigma_c^{m_2} S_c = 66 \times 10^{-9} \times 0,1787^{1,5} \times 1413000 = 7 \times 10^{-3} \text{ мм},$$

З відношення цих величин, одержуємо порівняльний критерій зносу:

$$\frac{u_{w2}}{u_{w1}} = \frac{\sigma_c^{m_2}}{\sigma_c^{m_1}} = \frac{7 \times 10^{-3}}{7,4 \times 10^{-3}} = 0,95 \quad (4.17)$$

За цим співвідношенням оцінюють зносостійкість того або іншого матеріалу. Зносостійкість наплавленого вала під шаром флюсу вище за зносостійкість наплавленого вала електродами Т-590, тобто $u_{w2} > u_{w1}$.

4.2 Розрахунки вузла на зносостійкість. Оцінка ефективності способів підвищення зносостійкості.

Розглянемо контактну взаємодію вала і підшипника ковзання з урахуванням його податливості при наявності зазору, під дією сили Q . Залежність інтенсивності усталеного зношення від тиску визначаємо за формулою (4.14).

Вихідні дані для розрахунку:

- номінальний радіус вала і внутрішньої робочої контактної поверхні підшипника: $R_1 = R_2 = R = d/2 = 75/2 = 37,5$ мм;
- зазор у спряженні визначається рухомою посадкою H8/h8, відповідно до якої для даного підшипника маємо максимальний зазор $\Delta = 2 \times 27 = 54$ мкм = 0,054 мм;
- розмір підшипника по твірній $z = 32,16$ мм;
- зовнішній радіус підшипника $R_3 = 78$ мм;
- товщина підшипника $h = R_3 - R_2 = 78 - 75 = 3$ мм.

Розрахункова схема вузла тертя показано на рисунку 5.3.

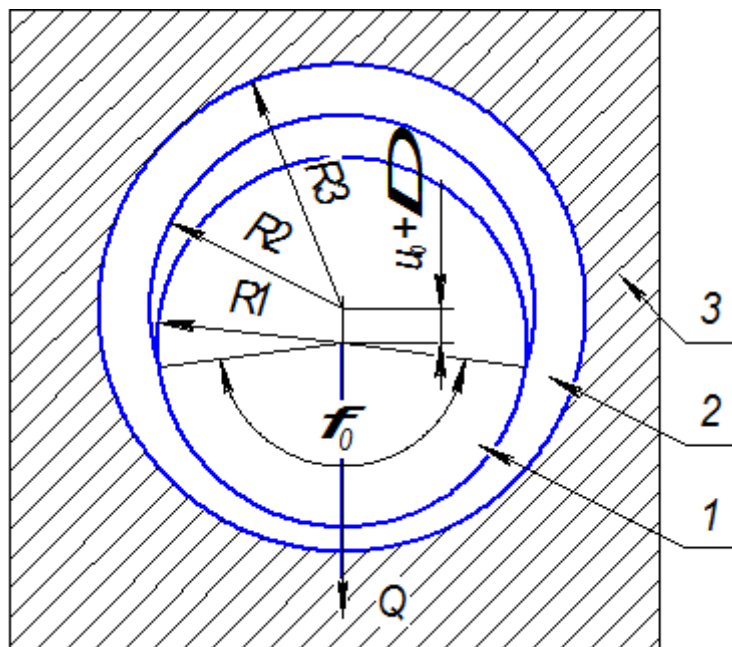


Рисунок 4.3 – Розрахункова схема вузла:

1 – вал, 2 – вкладиш (підшипник), 3 – корпус

Навантаження:

- повне на підшипник $Q_{\text{п}} = 1340$ кг, [3, с. 165];

– питоме на одиницю довжини лінії контакту по твірній:

$$Q = Q_{\text{II}} / z = 1340 / 32,16 = 41,66 \text{ кг/мм}^2.$$

Механічні характеристики матеріалів:

– для матеріалу вала (наплавлений електродами Т-590):

$$E_1 = 2,1 \times 10^4 \text{ кг/мм}^2; \mu_1 = 0,3;$$

– для матеріалу вала (наплавлений під шаром флюсу):

$$E_3 = 2,2 \times 10^4 \text{ кг/мм}^2; \mu_1 = 0,3;$$

– для матеріалу підшипника (бабіту Б88):

$$\sigma = 15 \text{ кг/мм}^2; \sigma_T = 11,0 \text{ кг/мм}^2; \text{HB} = 16,7 \text{ кг/мм}^2; E_2 = 0,67 \times 10^4 \text{ кг/мм}^2; \mu_1 = 0,35.$$

Розрахунок контактних тисків:

Визначаємо кут контакту $2\varphi_0$:

Усереднені коефіцієнти податливості кільцевого шару підшипника.

$$k_2 = \frac{(1 - 2\mu_2)(1 + \mu_2)[(\frac{R_3}{R_2})^2 - 1]R_2}{E_2[1 + (1 - 2\mu_2)(\frac{R_3}{R_2})^2]}, \quad (4.18)$$

$$k_2 = \frac{(1 - 2 \times 0,35)(1 + 0,35)[(78/75)^2 - 1]75}{0,67 \times 10^4 [1 + (1 - 2 \times 0,35)(78/75)^2]} = 2,79 \times 10^{-4} \text{ мм}^3 / \text{кг};$$

Усереднений коефіцієнт податливості для вала, напавленого електродами Т-590.

$$k_1 = \frac{(1 - 2\mu_1) \times (1 + \mu_1) \times R_1}{E_1}, \quad (4.19)$$

$$k_1 = \frac{(1 - 2 \times 0,3) \times (1 + 0,3) \times 75}{2,1 \times 10^4} = 18,57 \times 10^{-4} \text{ мм}^3 / \text{кг}$$

Усереднений коефіцієнт податливості для вала, наплавленого під шаром флюсу.

$$k_1 = \frac{(1 - 2\mu_1) \times (1 + \mu_1) \times R_1}{E_3},$$

$$k_1 = \frac{(1 - 2 \times 0,3) \times (1 + 0,3) \times 75}{2,2 \times 10^4} = 17,7 \times 10^{-4} \text{ мм}^3 / \text{кг}$$

Визначаємо параметри безрозмірного навантаженням для наплавленого вала електродами Т-590.

$$\bar{Q} = \frac{Q(k_1 + k_2)}{R_2 \Delta} = \frac{41,66(18,57 + 2,79) \times 10^{-4}}{75 \times 0,054} = 0,022. \quad (4.20)$$

Визначаємо параметри безрозмірного навантаженням для наплавленого вала під шаром флюсу.

$$\bar{Q} = \frac{Q(k_1 + k_2)}{R_2 \Delta} = \frac{41,66(17,7 + 2,79) \times 10^{-4}}{75 \times 0,054} = 0,021.$$

За таблицею А 1-го додатку А [19, с. 144] знаходимо кут контакту для наплавленого вала електродами Т-590: $(\varphi_0) = 18,2^\circ$.

За таблицею А 1-го додатку А [19, с. 144] знаходимо кут контакту для наплавленого вала під шаром флюсу: $(\varphi_0) = 18^\circ$.

Визначаємо значення контактних тисків.

Максимальні контактний тиск для наплавленого вала електродами Т-590, визначаємо підстановкою k_1 , k_2 , Δ і φ_0 .

$$\sigma = \frac{\Delta}{k_1 + k_2} \left(\frac{1}{\cos \varphi_0} - 1 \right), \quad (4.21)$$

$$\sigma = \frac{0,054}{(18,57 + 2,79) \times 10^{-4}} \left(\frac{1}{\cos 18,2^\circ} - 1 \right) = 1,33 \text{ кг} / \text{мм}^2 = 133 \text{ кг} / \text{см}^2.$$

Максимальний контактний тиск для наплавленого вала під шаром флюсу, визначаємо підстановкою k_1 , k_2 , Δ і φ_0 .

$$\sigma = \frac{\Delta}{k_1 + k_2} \left(\frac{1}{\cos \varphi_0} - 1 \right) = \frac{0,054}{(17,7 + 2,79) \times 10^{-4}} \left(\frac{1}{\cos 18^\circ} - 1 \right),$$

$$\sigma = 1,356 \text{ кг} / \text{мм}^2 = 135,6 \text{ кг} / \text{см}^2.$$

Максимальний знос визначається для наплавленого вала електродами Т-590.

$$u_w = \Delta \left(\frac{1}{\cos \varphi_0} - 1 \right) = 0,054 \left(\frac{1}{\cos 18,2^\circ} - 1 \right) = 2,844 \times 10^{-3} \text{ мм} \quad (4.22)$$

Максимальний знос визначається для наплавленого вала під шаром флюсу.

$$u_w = \Delta \left(\frac{1}{\cos \varphi_0} - 1 \right) = 0,054 \left(\frac{1}{\cos 18^\circ} - 1 \right) = 2,78 \times 10^{-3} \text{ мм}$$

Задавши максимальний припустимий зазор Δ^* , маємо граничний припустимий знос:

$$u_w = \Delta - \Delta = 0,20 - 0,054 = 0,146 \text{ мм}$$

(4.23)

Граничний припустимий кут контакту:

$$\varphi_{os}^* = \arccos\left(\frac{\Delta}{u_{w^*} + \Delta}\right) = \arccos\left(\frac{0,054}{0,146 + 0,054}\right) = 0,27. \quad (4.24)$$

4.3 Розрахунки зносу і середнього ресурсу підшипника колінчастого вала

Вихідні дані:

Режим роботи на основі даних п. 4.1 приймаємо:

а) тривалість:

– етап зрушення $t_1 = 0,1$ с;

– етап прокручування $t_2 = 1,0$ с;

б) сили на підшипник, з врахуванням п. 4. (питома сила на підшипник):

$$Q_1 = 125 \text{ кг/мм}^2;$$

$$Q_2 = 41,66 \text{ кг/мм}^2.$$

в) швидкість ковзання в підшипнику за п.4.1:

$$V_1 = \pi d n = 3,14 \times 0,075 \times 16 = 3,768 = 3768 \text{ мм/с}; \quad (4.28)$$

$$V_2 = \pi d n = 3,14 \times 0,075 \times 120 = 28,26 = 28260 \text{ мм/с}.$$

г) шлях тертя:

$$\Delta S_1 = t_1 V_1 = 0,0083 \times 3768 = 31,27 \text{ мм}. \quad (4.29)$$

$$\Delta S_2 = t_2 V_2 = 0,0083 \times 28260 = 234,558 \text{ мм}.$$

Початковий зазор $\Delta = 0,054$ мм. Початковий кут контакту за п. 4.1:

– кут контакту для наплавленого вала електродами Т-590:

$$(\varphi_0) = 18,2^\circ = 0,3176 \text{ рад}.$$

– знаходимо кут контакту для наплавленого вала під шаром флюсу:

$$(\varphi_0) = 18^0 = 0,314 \text{ рад.}$$

Радіус вала $R = 75 \text{ мм.}$

– Параметри моделі зношення:

а) вал наплавлений електродами Т-590:

$$m = 1,5; k_w = 66 \times 10^{-9} \text{ (мм/кг)}^m.$$

б) вал наплавлений під шаром флюсу:

$$m = 0,515; k_w = 12 \times 10^{-9} \text{ (мм/кг)}^m.$$

Максимально припустимі величини:

– зазори

$$\Delta^* = 0,20 \text{ мм;}$$

– знос

$$u_{w^*} = \Delta^* - \Delta = 0,20 - 0,054 = 0,146 \text{ мм} \quad (4.30)$$

Виконання розрахунків:

Вал, якій наплавлений електродами Т-590:

– визначення припустимого кута контакту:

$$\varphi_{0s}^* = \arccos\left(\frac{\Delta}{u_{w^*} + \Delta}\right) = \arccos\frac{0,054}{0,20} = 74,33^0 = 1,30 \text{ рад;} \quad (4.31)$$

– визначення допоміжного параметра А:

$$A = \frac{k_w (m+2)}{(2R)^m \Delta} = \frac{66 \times 10^{-9} \times 3,5}{75^{1,5} \times 0,054} = 6 \times 10^{-9}; \quad (4.32)$$

– визначення вагового коефіцієнта:

$$\rho = 1 + \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^m \frac{\Delta S_2}{\Delta S_1} = 1 + \left(\frac{41,66}{125} \right)^{1,5} \times \frac{234,558}{31,27} = 2,44; \quad (4.33)$$

– визначення припустимого числа пусків колінчастого вала:

$$N_1 = \frac{(\varphi_{0s}^*)^{m+2} - (\varphi_0)^{m+2}}{Q_1^m \Delta S_1 A \rho} = \frac{1,30^{3,5} - 0,3176^{3,5}}{125^{1,5} \times 31,27 \times 6 \times 10^{-9} \times 2,44} = 3887. \quad (4.34)$$

Вал наплавлений під шаром флюсу:

– визначення припустимого кута контакту:

$$\varphi_{0s}^* = \arccos \left(\frac{\Delta}{u_{w^*} + \Delta} \right) = \arccos \frac{0,054}{0,20} = 74,33^\circ = 1,30 \text{ рад}; \quad (4.35)$$

– визначення допоміжного параметра А:

$$A = \frac{k_w (m+2)}{(2R)^m \Delta} = \frac{12 \times 10^{-9} \times 2,515}{75^{0,515} \times 0,054} = 6 \times 10^{-8}; \quad (4.36)$$

визначення вагового коефіцієнта:

$$\rho = 1 + \left(\frac{Q_2}{Q_1} \right)^m \frac{\Delta S_2}{\Delta S_1} = 1 + \left(\frac{41,66}{125} \right)^{0,515} \times \frac{234,558}{31,27} = 5,26; \quad (4.37)$$

– визначення припустимого числа пусків колінчастого вала:

$$N_2 = \frac{(\varphi_{0s}^*)^{m+2} - (\varphi_0)^{m+2}}{Q_1^m \Delta S_1 A \rho} = \frac{1,30^{2,515} - 0,3176^{2,515}}{125^{0,515} \times 31,27 \times 6 \times 10^{-8} \times 5,26} = 158367. \quad (4.38)$$

Порівняння результатів розрахунку середнього ресурсу підшипника за граничним числом пусків колінчастого вала показує, що очікуваний ресурс підшипника N_2 вище ресурсу підшипника N_1 :

$$n = N_2 / N_1 = 15836,7 / 3887 = 4,07. \quad (4.39)$$

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів на ділянці відновлення.

Існуюче законодавство з питань охорони праці зварників і різальників, як і інших робітників, передбачає комплекс правових, технічних і санітарно-гігієнічних заходів, направлених на забезпечення здорових і безпечних умов праці.

Відповідальність за організацію та стан охорони праці й техніки безпеки покладено на адміністративно-технічний персонал виробничих підрозділів підприємств, які проводять зварювальні роботи. За охорону праці відповідають начальники виробництва, майстри, фахівці з охорони праці.

Державний контроль за виконанням норм і правил з охорони праці здійснює інспекція Держтехнагляд охорони праці, інспектори.

За дотриманням санітарних умов праці слідкує Державна санітарна інспекція; за нормами пожежної охорони - Державна інспекція пожежної охорони.

При виконанні зварювальних робіт можливий виробничий травматизм та шкідливий вплив зварювання на людину. Вони можуть привести до тимчасової втрати працездатності, а при певних обставинах і до тяжких наслідків (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1- Основні види і причини небезпечних та шкідливих факторів на ділянці відновлення деталей.

Вид травматизму і характер шкідливого впливу	Основні причини	Наслідки
Ураження електричним струмом	Протікання через організм людини електричного струму силою 0,002-0,05 А може призвести до смерті	Електричні удари і травми

Продовження таблиці 5.1

Дія променевої енергії дуги	Виділення електричною дугою потужних потоків видимих світлових і невидимих (ультрафіолетових та інфрачервоних) променів і їх на незахищені органи зору і шкіру.	Електрофтальмія, катаракти, опіки шкіри
Дія токсичних речовин	Утворення токсичних газів, парів і аерозолу, які складаються із оксидів металів та їх домішок, а також продуктів згорання і випаровування захисних покриттів основного металу (цинку, свинцю та ін.), компонентів покриттів електродів, флюсів і паст.	Ураження органів, травлення, пневмоконіоз.
Теплові опіки	Дія на незахищену шкіру високої температури дуги, іскр, нагрітого металу, флюсу і т.д.	Опіки різного ступеня
Пожежна небезпека	Дія на вогнебезпечні матеріали відкритої дуги, іскр, розплавленого металу, флюсу тощо	Наслідки пожежі

Електричний струм (постійний і змінний) небезпечний для людини, а змінний струм у 3-5 разів небезпечніший від постійного.

Ступінь небезпеки залежить від умов включення людини в коло і напруги в ньому, оскільки сила струму, що протікає через організм людини, зворотно пропорційна опорі (за законом Ома); мінімальний розрахунковий опір людини становить 1000 Ом.

Розрізняють два види ураження електричним струмом: електричні удари і травми.

При електричному ударі уражуються нервова система, м'язи грудної клітки, серцевий м'яз; можливий параліч дихальних центрів і втрата свідомості. До електричних травм відносяться опіки шкіри, м'язів і кровоносних судин.

Ураження електричним струмом найнебезпечніше при включенні людини в двофазне коло, коли на неї діє повна напруга кола при порівняно невеликому опорі. Менш небезпечним є включення людини в однофазне коло, при якому коло замикається через землю (або повітря) при загальному збільшеному опорі.

Світлова радіація дуги діє на незахищені органи зору протягом 10-30 с у радіусі до 1 м від дуги, може викликати сильне подразнення, сльозотечу і

світлобоязнь. Тривала дія світла дуги за таких умов може призвести до більш тяжких захворювань (електрофтальмія, катаракта). Промені зварної дуги діють на органи зору на віддалі до 10 м від місця зварювання.

5.2 Вентиляція ділянки відновлення.

Для захисту зварників від впливу шкідливих газових виділень, пилу та аерозолей необхідно дотримуватися наступних заходів:

Постійно знижувати дію на організм зварників шкідливих виділень та аерозолів; застосовувати місцеву й загальнообмінну вентиляцію; організувати подачу в зону дихання чистого повітря, а також зменшувати кількість малотоксичних матеріалів і процесів.

Уловлювати шкідливі для організму людини речовини, що входять до складу зварювальних аерозолів, за допомогою фільтровентиляційних агрегатів (ФВА). При цьому спеціальні повітряноприймальні пристрої (сопла) встановлюються на віддалі 30-50 см від зварної дуги. При розташуванні відсмоктувального сопла діаметром 125-160 мм над зварною дугою для ефективного вловлювання потрібно з місця зварювання видаляти 600-1000 м² повітря за 1 год. У випадку бокового відсмоктування, що часто визначається конфігурацією зварної конструкції, для ефективного вловлювання такої кількості повітря недостатньо. Тому сопло слід максимально наблизити до зварної дуги, що не завжди можливо. Для підвищення ефективності вловлювання зварювальних аерозолей розроблено оригінальну конструкцію пристрою з активною вихровою насадкою для відомчого ФВА “Шміль-1500”, продуктивність видалення повітря становить 1500-300 м³/год, радіус обслуговування не більше 3 м;

Для видалення аерозолів всередині замкнутих ємкостей і в важкодоступних місцях застосовують переносний витяжний пристрій “Лань”, який забезпечує об'єм видаленого повітря до 1200 м³/год;

У зварювальному виробництві широко використовуються підйомно-поворотні витяжні пристрої “Ліана”, “Грум”, “Спрут”. Їх конструкції дозволяють

максимально наблизити повітроприймач до зварної дуги і тим самим забезпечити високу ефективність вловлювання зварювальних аерозолів (не менше 85%);

В Україні до 80% виявлених випадків захворювань зварників викликані дією зварювальних аерозолів на органи дихання. Пріоритетними напрямками програми захисту зварників від дії різних виробничих факторів є захист органів дихання. Заходи безпеки при дії на організм робітника шкідливих речовин, які утворюються при зварюванні вказані в таблиці 5.2.

За даними японського Інженерного товариства, вже всередині 80-х років XX ст. майже 85 виробничих компаній різних галузей промисловості вимагали від зварників застосування захисних масок і респіраторів.

За рахунок розташування на внутрішній поверхні фільтруючого корпусу відповідних протигазових фільтрів забезпечуються вловлювання фтористого водню, фторидів кремнію, інших кислих газів, розкладання озону, окиснення CO₂, адсорбція парів фарб і розчинників. Крім того, можна також адаптувати респіратор до різних зварювальних процесів.

Температурний діапазон становить мінус 30°-плюс 50°С.

Таблиця 5.2 - Заходи безпеки при дії на організм робітника шкідливих речовин, які утворюються при зварюванні

Шкідливі речовини, умови утворення	Ознаки отруєння	Заходи профілактики
Оксид марганцю		
Зварювання з використанням зварювального дроту з домішками марганцю	1-а стадія – головна біль, слабкість, сонливість, головокружіння, болі в кінцівках; 2-а і 3-я стадія – хронічний стан, поява початкових форм органічного ураження центральної нервової системи	Ефективна вентиляція робочого простору.
Фтористі сполуки		
Зварювання під флюсом.	Солодкий присмак у роті, головокружіння	Посилення вентиляція робочого простору

Щоб запобігти проникнення холодного повітря до дільниці, ворота, двері або технологічні прорізи обладнують повітряними або повітряно-тепловими завісами (рисунок 5.1).

У природній вентиляції переміщення повітря здійснюється за рахунок природних сил, за рахунок різниці питомої ваги зовнішнього та внутрішнього повітря (тепловий напір), а також внаслідок дії сили вітру (вітряний напір).

Кондиціонування повітря — це створення і автоматична підтримка у дільниці незалежно від зовнішніх умов постійних або змінних за відповідною програмою температури, вологості, найбільш придатних для людини та нормального проходження технологічного процесу.

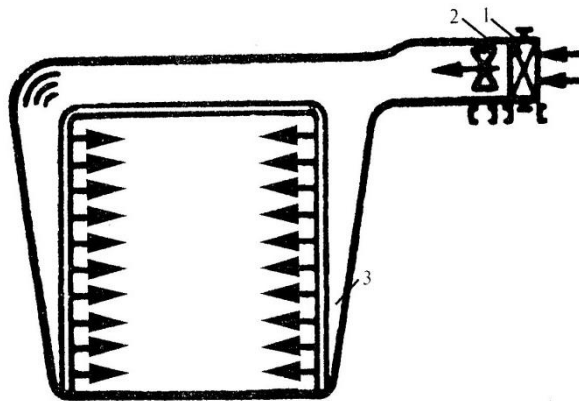


Рисунок 5.1- Повітряно-теплова завіса з боковою подачею повітря:

1) калорифер; 2) вентилятор; 3) повітророзподільник

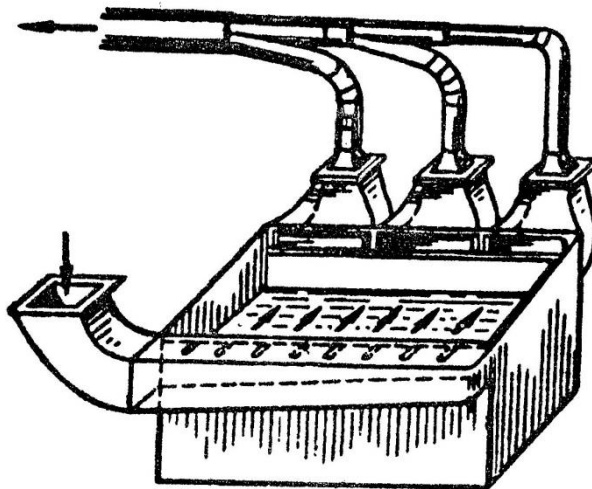


Рисунок 5.2- Одноболтовий відсмоктувач повітря

Для виконання розрахунків та конструктивного оформлення заземлення приймемо необхідні дані:

- Питомий опір ґрунту в районі заводу “ПУЛЬСАР”, Ом·м; $\rho = 110$;
- Заземлюючі стержні-електроди з сталі діаметром, мм; $d = 30$;
- Довжина заземлюючих стержнів-електродів, м; $l = 2$;
- Ширина з’єднувальної полоси, м; $B = 0,05$;
- Відношення віддалі між заземлювачами до їх довжини: $L/l = 3$;
- Спосіб розміщення вертикальних електродів: в ряд.
- Віддаль від поверхні землі до верхнього краю вертикальних електродів, м: $h = 0,6$.

Визначаємо необхідну кількість вертикальних електродів для виконання заземлюючого пристрою та його опір.

Знайдемо відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача (рис. 6.1)

$$t = h + \frac{l}{2}, \quad (5.1)$$

де h – відстань від поверхні землі до верхівки вертикального заземлювача $h = 0,6$ м.; l – довжина вертикального заземлювача $l = 2$ м.

Після підстановки в формулу числових значень величин, отримуємо:

$$t = 0.6 + \frac{2}{2} = 1.6(\text{м}). \quad (5.2)$$

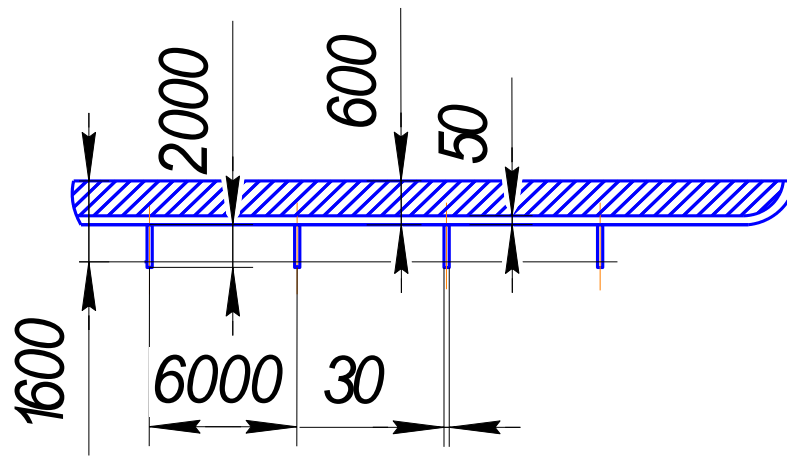


Рисунок 5.3 – Схема проектованого заземлюючого пристрою

Рисунок 5.3 – Схема проектованого заземлюючого пристрою

Опір одиночного вертикального заземлювача розраховується за формулою

$$R_{\text{од.ст.}} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + 1}{4 \cdot t - 1} \right), \quad (5.3)$$

де d – діаметр сталевій труби, яка застосовується у якості вертикальних електродів;
 $d = 0,03$ м.

Отже

$$R_{\text{од.ст.}} = \frac{110}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \ln \frac{2 \cdot 2}{0,03} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,6 + 2}{4 \cdot 1,6 - 2} = 45,68 (\text{Ом} \times \text{м}).$$

Теоретична кількість вертикальних електродів, без урахування коефіцієнта використання, визначається за формулою

$$n_t = \frac{R_{\text{од.ст.}}}{K_d}, \quad (5.4)$$

де R_d – допустимий опір заземлювального пристрою, взятий у відповідності з ПУЕ для електричних сіток зі струмом живлення до 1000 В – 4 Ом.

Звідки

$$n_t = \frac{45,68}{4} = 11,42 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо $n = 12$ (шт.).

По таблиці коефіцієнтів використання вертикальних електродів, так як $L/l = 3$, та розміщенню електродів в ряд, $\eta_B = 0,78$.

Визначимо потрібну кількість вертикальних електродів з урахуванням коефіцієнта використання за формулою

$$n_n = \frac{R_{\text{од.ст.}}}{K_d \eta_B}. \quad (5.5)$$

$$n_n = \frac{45,68}{4 \cdot 0,78} = 14,64 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо $n_n = 15$ (шт.).

Так як $L/l = 3$, то $L = 6$ м.

Визначимо довжину з'єднувальної полоси вертикальних електродів за формулою

$$L_n = 1.05 \cdot L \cdot n_n, \quad (5.6)$$

$$L_n = 1.05 \cdot 6 \cdot 15 = 94,5 \text{ м.}$$

Визначаємо опір розтікання струму зі з'єднувальної полоси:

$$R_n = \frac{\rho}{2 \pi L_n} \ln \frac{2 L_n^2}{B t}, \quad (5.7)$$

де B – ширина з'єднувальної полоси $B = 0,03$ м.

Отже

$$R_n = \frac{110}{2 \cdot 3,14 \cdot 94,5} \ln \frac{2 \cdot 94,5^2}{0,03 \cdot 1,6} = 2,38 \text{ Ом.} \quad (5.8)$$

За таблицею $\eta_\Gamma = 0,75$.

Визначимо загальний опір заземлюваної системи за формулою:

$$R_{\text{заг}} = \frac{R_{\text{од.ст.}} \cdot R_n}{R_{\text{од.ст.}} \cdot \eta_\Gamma + R_n \cdot n_n \cdot \eta_B}, \quad (5.9)$$

$$R_{\text{заг}} = \frac{45,68 \cdot 2,38}{45,68 \cdot 0,75 + 2,38 \cdot 15 \cdot 0,78} = 1,75 \text{ Ом.}$$

В зв'язку з тим, що опір заземлення складає величину набагато меншу, ніж допустиму, та з метою економії матеріалів, приймаємо зменшену кількість електродів $n_n = 9$ шт.

Визначимо довжину з'єднувальної полоси вертикальних електродів за формулою:

$$L_n = 1,05 \cdot 6 \cdot 9 = 56,7 \text{ м.}$$

Визначаємо опір розтікання струму зі з'єднувальної полоси:

$$R_n = \frac{110}{2 \cdot 3,14 \cdot 56,7} \ln \frac{2 \cdot 56,7^2}{0,03 \cdot 1,6} = 3,65 \text{ (Ом).}$$

За таблицею $\eta_\Gamma = 0,82$.

Визначимо загальний опір заземлюваної системи за формулою:

$$R_{\text{заг}} = \frac{45,68 \cdot 3,65}{45,68 \cdot 0,82 + 3,65 \cdot 9 \cdot 0,78} = 2,64 \text{ Ом.}$$

Так як $R_{\text{заг}} < R_{\text{д}}$ ($R_{\text{д}}$ 4 Ом), то розрахунок необхідної кількості вертикальних електродів задовольняє вимогам ПУЕ.

ВИСНОВКИ

Зроблено вибір наплавочних матеріалів і обладнання для наплавлення, обґрунтовані методи відновлення поверхні; розраховано припуски; вибрано методи підготовки поверхні під відновлення; розраховано та вибрано режими обробки; призначені технологічні методи підвищення зносостійкості і технології обробки поверхні відновленої деталі. Виконано нормування операцій відновлення поверхні. Розраховані різальний та вимірювальний інструменти. Призначений контроль якості відновленої поверхні.

Проведено лабораторні випробовування на знос за схемою перехресних циліндрів з визначенням параметрів моделей зношування та порівнянням матеріалів за зношуванням. Зроблені розрахунки вузла на зносостійкість та оцінка ефективності способів підвищення зносостійкості. Розраховано знос і визначено середній ресурс колінчастого вала.

Розрахована економічна ефективність відновлення. Розглянути питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, які необхідні для відновлення колінчастих валів. Спроектовано виробничу ділянку по відновленню колінчастих валів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Журавлев В.Н., Николаева О.И. “Машиностроительные стали. Справочник.” М.: Машиностроение, 1981.-391 с.
2. Т. С. Грозовского. Методи розрахунку двигунів внутрішнього згорання. М.: Машиностроение, 81.-481 с.
3. Лукинский В. С., Зайцев Є. И. Прогнозирование надежности автомобилей. Л.: Политехника, 1991. – 224 с.
4. Бабусенко С.М. “Ремонт тракторов и автомобилей”. М.: Агропромиздат, 1987.-351 с.
5. Малаховский В.А. “Плазменная сварка”. М.: В. Ш., 1987.-80 с.
6. Сидоров А.И. “Восстановление деталей машин напылением и наплавкой”. М.: Машиностроение, 1987, 192 с.
7. П.Н. Орлов та інші. ”Краткий справочник металлиста”. М.: Машиностроение, 1986.-960 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя, Т.1., Под ред. Косиловой А. Г. Мещерякова Р. К. М.: Машиностроение, 1986.-656 с.
9. И.С. Добриднев. Курсовое проектирование по предмету “Технология машиностроения”. М.: Машиностроение, 1985. 184 с.
10. Карагодин В.И. ”Ремонт автомобилей и двигателей”. М.: Академия, 2003.-496 с.
11. Справочник технолога – машиностроителя, Т.2., Под ред. Косиловой А.Г. Мещерякова Р.К. М.: Машиностроение, 1986.- 496 с.
12. Ачкасов К.А. “Прогрессивные способы ремонта сельскохозяйственной техники”. М.: Колос, 1984.
13. Молодик Н. В., Зенин А. С. Восстановление деталей машин. Справочник.- М.: Машиностроение, 1989. – 480 с.
14. Готовцев Б. Н. Предложения сельских рационализаторов. –М.: Россельхозиздат, 1982. – 175 с.

15. И.С. Добриднев. Курсовое проектирование по предмету “Технология машиностроения”. М.: Машиностроение, 1985. 184 с.
16. Шадричев В. А. Ремонт автомобилей, М., Машиностроение, 1965.- 616 с.
17. И.В. Крагельський. ”Основи расчетов на трение и износ”. М.: В.Ш., 1977.
18. А.С. Кузнецов. “Ремонт и модернизация автомобилей ЗИЛ”. М.: В.Ш., 1997.
19. А.Г. Кузьменко. Методи розрахунків і випробовувань на зношування та надійність: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Хмельницький: ТУП, 2002. – 151 с.
20. Шебеко Л. П., Гитлевич А. Д. Экономика, организация и планирование сварочного производства: Учебник для учащихся машиностроительных техникумов. М.: Машиностроение, 1986. – 264.
21. В.Ц. Житецький, В.С. Джигерей, О.В. Мельников. Основи охорони праці. Львів “Афіша” 2000 р.
22. Карагодін “Ремонт автомобілів” М., В. Ш. 2000.
23. Карташов В. П. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий. М., Транспорт, 1981. 171 с.
24. Фастовцев Г. Ф. Современный автосервис. М., Знания, 1980. 64 с.
25. Напольский Г. М. Техническое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания автомобилей. – М.: Транспорт, 1977. – 214 с.
26. Лудченко. А. А. Основы технического обслуживания автомобилей. М., В. Ш., 1987. 399 с.
27. Фастовцев Г. Ф. Автотехобслуживание. М.: Машиностроение, 1985. 256 с.
28. Ю. Паливода. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Ю. Паливода,

А. Дячун, Р. Лещук. – Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пулюя, 2019. – 240с.

Таблиці. Операції механічної обробки при відновленні колінчастого валу

Найменування виробу		Найменування виробу		Номер деталі							
-		Колінчастий вал		01							
Найменування операції		Круглошліфувальна		Номер операції							
Цех		Верстат		Охолодження							
Механічно-наплавочний		3У131М		Емульсія							
		31									
Деталь	Обдирне шліфування шийок			Вага, кг							
Матеріал	Сталь	Марка	Сталь 45	Твердість HRC 52							
Найменування пристрою			Центри								
Назва операції		Норма часу (в хв.) на операцію									
		T ₀	T _{У.З} +T _{З.О}	T _{КЕР}	T _{ВИМ}	T _{ОП}	T _{ОБ} +T _{ВІД}	T _{ШТ}	T _{П.} з	n	T _{Ш.К}
Шліфуван-ня корінних шийок		0,027	0,08	0,11	0,14	1,077	0,052	1,129	17	25	1,81
Шліфуван-ня шатунних шийок		0,030	0,08	0,11	0,14	1,090	0,024	1,104	17	25	1,78
Номер переходу	Найменування переходу	Інструмент			Розрахункові данні			Режим		Час в хв.	
		Найменування та Індекс			Діаметр в мм	Глибина різання в мм	Число проходів	Швидкість різання в м/с V _P /V _{ПР}	Обороти в мм/хв	Подача в мм/об	Основний час
1	Встановити в центрах 1 Обдирне шліфування корінних шийок 2 Обдирне шліфування шатунних шийок Зняти деталь Контроль	350×60×127 34А 40 СМ2 5 К5 А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83.для шатунних шийок, 350×40×127 34А 40 СМ2 5 К5 А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83 для корінних 1, 2, 3, 4 – і шийки, 350×50×127 34А 40 СМ2 5 К5 А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83 для 5 – і корінної шийки Скоба Ø 74 Скоба Ø 64,5			75	1	1	$\frac{27,5}{2,355}$	150 0	0,05	0,027
2					65, 5	1	1	$\frac{27,5}{2,06}$	150 0	0,05	0,060
Склав		Нормував		Перевірив		Затвердив		Всього листів	Лист № 1		

Найменування виробу			Найменування виробу			Номер деталі						
-			Колінчастий вал			-						
Найменування операції			Наплавлення			Номер операції			015			
Цех			Наплавний верстат									
Механічно-наплавочний			У-652									
Деталь	Попереднє шліфуванні шийки					Вага, кг			22			
Матеріал	Сталь	Марка	Сталь 45		Твердість НВ 197							
Найменування пристрою, тип				Наплавна головка А-580								
Назва операції				Норма часу (в хв.) на операцію								
				Т ₀	Т _{В1}	Т _{В2}	Т _{В3}	α _{Об} , %	α _{Отл} , %	Тшт		
Автоматична наплавка під шаром флюсу корінних шийок				0,92	2.30	3.1	1.30	4	5	8,3		
Автоматична наплавка під шаром флюсу шатунних шийок				1,3	2.30	3.1	1.30	4	5	8,72		
Номер переходу	Найменування переходу	Найменування	Режими наплавлення ведуть при прямій полярності									
			Діаметр в мм	Товщ. наплавлення шару в мм	Число проходів	Частота оберт. вала, с ⁻¹	Зміщення з зеніту мм	Шаг наплавлення мм	Сила струму, А; та напруга дуги, В	Подача електродного дроту, м/год.	Швид. Наплавлення м/год.	Виліг електрода мм
1	Встановити в центрах	Наплавний дріт, Нп-65Г;	74		1		3	3,5	180/26	11	15	15
2	1.Наплавлення корінних шийок 2.Наплавлення шатунних шийок	Флюс-суміш, (АН-348А+ферохром 15 %)	64,5	1,977	1	0,0255	2	3	150/26	75	16	15
	Зняти деталь	Наглядна перевірка наявності дефекту.										
	Контроль	75,977 ^{-0,74}										
	Скоба	66,477 ^{-0,74}										
Склав		Нормував		Перевірив		Затвердив		Всього листів		Лист № 2		

Найменування виробу			Найменування виробу			Номер деталі					
-			Колінчастий вал			-					
Найменування операції			Круглошліфувальна			Номер операції			020		
Цех			Верстат			Охолодження					
Механічно-наплавочний			ЗУ131М 31			Емульсія					
Деталь	Попереднє шліфування шийок після наплавки					Вага, кг			22		
Матеріал	Сталь		Марка	Сталь 65Г6Х		Твердість HRC 56					
Найменування пристрою				Центри							
Назва операції		Норма часу (в хв.) на операцію									
		T ₀	T _{у.з} +T _{з.о}	T _{кер}	T _{вим}	T _{оп}	T _{об} +T _{від}	T _{шт}	T _{п.з}	n	T _{ш.к}
Шліфування корінних шийок		0,054	0,08	0,11	0,14	1,104	0,024	1,128	17	25	1,808
Шліфування шатунних шийок		0,061	0,08	0,11	0,14	1,111	0,024	1,135	17	25	1,815
Номер переходу	Найменування переходу	Інструмент			Розрахункові данні			Режим			Час в хв.
		Найменування та Індекс			Діаметр в мм	Глибина різання в мм	Число проходів	Швидкість різання в м/с V _p /V _{пр}	Обороти в мм/хв	Подача в мм/об	
1	1 Попереднє шліфування корінних шийок	350×60×127 34А 40 СМ2 5 К5 А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83.для шатунних шийок, 350×40×127 34А 40 СМ2 5 К5 А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83 для корінних 1, 2, 3, 4 – ї шийки,			75,977.	0,381	1	$\frac{27,5}{2,355}$	1500	0,05	0,054
2					0,74						
	2 Попереднє шліфування шатунних шийок	350×50×127 34А 40 СМ2 5 К5 А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83 для 5 – ї корінної шийки			66,477.	0,381	1	$\frac{27,5}{2,06}$	1500	0,05	0,060
					0,74						
	Зняти деталь	Скоба Ø 75,215 ^{-0,19}									
	Контроль	Скоба Ø 65,715 ^{-0,19}									
Склад		Нормував		Перевірів		Затвердив		Всього листів		Лист № 3	

Найменування виробу			Найменування виробу			Номер деталі							
-			Колінчастий вал			-							
Найменування операції			Круглошліфувальна			Номер операції			040				
Цех			Верстат			Охолодження							
Механічно-наплавочний			ЗУ131М 31			Емульсія							
Деталь		Шліфування шийок кінцево				Вага, кг			22				
Матеріал		Сталь		Марка	Сталь 65Г6Х		Твердість HRC 56						
Найменування пристрою					Центри								
Назва операції				Норма часу (в хв.) на операцію									
				T ₀	T _{У.З+Т.З.О}	T _{КЕР}	T _{ВИМ}	T _{ОП}	T _{ОБ+Т.ВІД}	T _{ШТ}	T _{П.З}	п	T _{Ш.К}
Шліфування корінних шийок				0,054	0,08	0,11	0,14	1,104	0,024	1,128	17	25	1,808
Шліфування шатунних шийок				0,061	0,08	0,11	0,14	1,111	0,024	1,135	17	25	1,815
Номер переходу	Найменування переходу		Інструмент				Розрахункові данні			Режим		Час в хв.	
			Найменування та Індекс				Діаметр в мм	Глибина різання в мм	Число проходів	Швидкість різання в м/с V _{Р/В} пр	Обороти в мм/хв	Подача в мм/об	Основний час
1	Встановити в центрах 1 Кінцеве шліфування корінних шийок		350×60×127 34А 20 СМ2 5 К5 А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83.для шатунних шийок, 350×40×127 34А				75,215 ^{-0,19}	0,095	1	$\frac{27,5}{2,355}$	1500	0,05	0,054
2	2 Кінцеве шліфування шатунних шийок		20 СМ2 5 К5 А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83 для корінних 1, 2, 3, 4 – ї шийки, 350×50×127 34А 20 СМ2 5 К5 А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83 для 5 – ї корінної шийки				65,715 ^{-0,19}	0,095	1	$\frac{27,5}{2,06}$	1500	0,05	0,060
	Зняти деталь Контроль		Скоба Ø 75,025 ^{-0,03} Скоба Ø 65,525 ^{-0,03}										
Склав		Нормував		Перевірив		Затвердив		Всього листів		Лист № 4			

Найменування виробу			Найменування виробу			Номер деталі					
-			Колінчастий вал			-					
Найменування операції			Круглошліфувальна			Номер операції		065			
Цех			Верстат			Поліруюча паста					
Механічно-наплавочний			3855			ГОИ № 20					
Деталь	полірування шийок					Вага, кг		22			
Матеріал	Сталь		Марка	Сталь 65Г6Х		Твердість HRC 56					
Найменування пристрою				Центри							
Назва операції		Норма часу (в хв.) на операцію									
		T ₀	T _{у,з} +T _{з,о}	T _{кЕР}	T _{вИМ}	T _{оп}	T _{об} +T _{вИД}	T _{шт}	T _{п.з}	n	T _{ш.к}
Полірування корінних шийок		3	0,08	0,11	0,14	4,82	0,089	4,82	17	25	4,82
Полірування шатунних шийок		3	0,08	0,11	0,14	4,82	0,089	4,82	17	25	4,82
Номер переходу	Найменування переходу	Інструмент			Розрахункові данні			Режим		Час в хв.	
		Найменування та Індекс			Діаметр в мм	Глибина різання в мм	Число проходів	Тиск полірувальних хомутів, Н/м ²	Частота обертання колінчастого вала, хв. ⁻¹	Основний час	
1	Встановити в центрах 1 Полірування корінних шийок	350×60×127 34А 20 СМ2 5 К5 А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83.для шатунних шийок,			75,025. 0,03	0,012 5	1	120	150	3	
2	2 Полірування шатунних шийок	350×40×127 34А 20 СМ2 5 К5 А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83 для корінних 1, 2, 3, 4 – і шийки, 350×50×127 34А 20 СМ2 5 К5 А 1 кл. ГОСТ 2424 – 83 для 5 – і корінної шийки			65,255. 0,03	0,012 5	1	120	150	3	
	Зняти деталь Контроль	Скоба Ø 75 _{-0,02} Скоба Ø 65,5 _{-0,02}									
Склав	Нормував	Перевірів	Затвердив	Всього листів	Лист № 5						