

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"
на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ
ПІСЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ**

Виконала: студентка 2 курсу, групи МгМ-2-19
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Косенко Анна Вадимівна

Керівник: _____ Дирда Віталій Ілларіонович

Рецензент: _____

Дніпро 2020

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Надійності і ремонту машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

НРМ

(назва кафедри)

д.т.н. професор

(вчене звання)

Дирда В.І.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„1” „10” 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТКИ**

Косенко Анни Вадимівни

1. Тема роботи: Підвищення трибологічних властивостей деталей після проведення операцій технічного сервісу

керівник роботи д.т.н. проф.. Дирда В.І.

затверджені наказом вищого навчального закладу від “8” жовтня 2020 року № 2556

2. Строк подання студентом роботи до 1.12.2020

3. Вихідні дані до роботи Існуючі методи покращення якості сервісних робіт, та аналіз надійності існуючих трибо логічних з'єднань. Існуючі методи підвищення трибо логічних властивостей з'єднань агрегатів. Показники стану охорони парці в базовому підприємстві. Техніко-економічні показники роботи базового підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання та задачі досліджень. 2. Теоретичні методи забезпечення трибо логічних властивостей з'єднань агрегатів. 3. Методика проведення експериментальних досліджень та їх результати 4. Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях. 5. Техніко-економічні показники роботи. Загальні висновки та пропозиції. Список літератури. Додатки

№ п/п	формат	Позначення	Найменування	К-сть аркушів	Номер Аркуша	Примітка
			Текстові документи			
	A4	49ДР.033 000. 000 ПЗ	Пояснювальна записка	95		
			Демонстраційні матеріали			
			Презентація в форматі <u>Microsoft PowerPoint</u>	12		

РЕФЕРАТ

В даній дипломній роботі розглянуті питання обґрунтування ефективних методів підвищення трибологічних характеристик вузлів тертя автотракторних двигунів.

В дипломній роботі були проведені аналіз надійності двигунів та встановлено найбільш ненадійні вузли, розглянуті існуючі методи відновлення деталей та обґрунтовані найбільш ефективні.

Проведено теоретичні та експериментальні дослідження, що підтверджують правильність вибору методу відновлення та нанесення протизносних покриттів.

Також були розроблені заходи з охорони праці і розрахована техніко-економічна оцінка проектних рішень.

Дипломна робота включає в себе пояснювальну записку об'ємом 95 аркушів, а також 12 листів графічної частини виконаних у вигляді слайдів.

Ключові слова - ВІДНОВЛЕННЯ, ЕЛЕКТРОІСКРОВА ОБРОБКА, ЕЛЕКТРОІСКРОВЕ ЗМІЦНЕННЯ, ДОВГОВІЧНІСТЬ, ДВИГУН, ОРГАНІЗАЦІЯ РЕМОНТУ, ПРОГРАМА РЕМОНТУ, ТРУДОМІСТКІСТЬ і т.д.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1. Надійність двигунів КамАЗ в експлуатації.....	9
1.2. Аналіз причин відмов шатунних підшипників.....	17
1.3. Загальні висновки та задачі досліджень	23
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПІСЛЯРЕМОНТНОЇ НАДІЙНОСТІ ДВИГУНІВ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ШИЙОК КОЛІНЧАТОГО ВАЛУ ШЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ ДВОШАРОВИХ ПОКРИТТІВ.....	25
2.1. Аналіз причин виходу з ладу капітально відремонтованих двигунів КамАЗ.....	25
2.2. Існуючі способи відновлення валів наплавленням зносостійкого металевого шару.....	33
2.3. Розробка технологічної документації на відновлення корінних та шатунних шийок колінчастого валу КамАЗ 740.....	37
2.4. Висновок	54
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ВІДНОВЛЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВКЛАДИШІВ КОЛІНЧАТОГО ВАЛУ НАПЛАВЛЕННЯМ БРОНЗИ НА СТАЛЬ.....	55
3.1. Програма і загальна методика експериментальних досліджень.....	55
3.2. Характеристика установки ЕЮ й методика формування зміцнених та відновлених поверхонь.....	57
3.3. Обробка результатів вимірів.....	59
3.4. Триботехнічні випробування відновлених пар тертя.....	60

3.5.	Висновки	67
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	68
4.1.	Загальні відомості про охорону праці в ФГ "Нива"	68
4.2.	Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів в ремонтній майстерні господарства	69
4.3.	Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів	71
4.4.	Правила безпечного виконання робіт на токарних верстатах	76
4.5.	Дії у разі настання надзвичайної ситуації	81
4.6.	Висновок	82
5.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ ДВОШАРОВИХ АНТИФРИКЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ	83
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	88
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	90
	ДОДАТКИ	95

ВСТУП

У собівартості сільськогосподарської продукції транспортні витрати становлять 10-12%, основна частка яких припадає на автомобільний транспорт. В агропромисловому комплексі в найбільш напружені періоди сільськогосподарських робіт зайнято до 35% усього рухомого складу автомобільного транспорту, з яких більш половини становлять автомобілі сімейства КамАЗ [1, 2].

На сьогодні собівартість автомобільних перевезень досить висока й у процесі експлуатації зростає в 2-3 рази, а продуктивність автомобілів знижується в 3-4 рази до пробігу 500 тис. км. Основними причинами цього є високі витрати праці, часу й засобів на забезпечення працездатності автомобілів внаслідок невисокого рівня технічного обслуговування й ремонту. Частка витрат на ТО й ремонт у собівартості автомобільних перевезень досягає 12-15%. У результаті за весь термін служби автомобіля витрати на забезпечення його працездатності в 5-6 раз перевищують витрати на його виготовлення [3].

Аналіз надійності автомобілів КамАЗ показує, що 32-37% відмов припадає на силовий агрегат, у тому числі 25-30% на двигун [1, 2, 3]. Крім того, силові агрегати на базі двигунів КамАЗ використовуються на різних видах сільськогосподарської техніки (трактори, комбайни), а також стаціонарних силових установках. Аналіз відмов двигунів в експлуатації, у тому числі й у гарантійний період, показав значну частку раптових відмов (45-50%), обумовлених порушенням правил технічної експлуатації, конструктивно-технічними недоробками й виробничими дефектами. Дослідження технічного стану двигунів у процесі експлуатації показала закономірна його зміна, а аварійний характер відмов обумовлений найчастіше перевищенням граничних значень параметрів технічного стану через недостатність використання діагностування.

Двигуни після капітального ремонту мають ще більш низькі показники надійності. Це обумовлене значно більш низьким рівнем технології ремонту

стосовно технології виробництва при виготовленні. В основному показники надійності двигуна визначаються технічним станом таких ресурсовизначаючих елементів, як підшипники колінчатого вала, циліндропоршнева група, турбокомпресор, на які припадає 35% відмов і 62% витрат на ремонт [3].

Високі витрати на забезпечення працездатності двигунів у процесі експлуатації обумовлені недостатньо повною вивченістю процесів мащення деталей, очищення масла й повітря, недостатньою розробкою й використання діагностування технічного стану, недостатньо обґрунтованою технологією відновлення деталей при ремонті. Тому проблема вдосконалювання процесів мащення, очищення масла й повітря, а також технологічних процесів відновлення деталей є актуальною, від розв'язку якої залежить собівартість перевезень і продуктивність автомобілів і іншої сільськогосподарської техніки.

Мета роботи: підвищення надійності деталей агрегатів шляхом нанесення ефективних двошарових покриттів на відновлювану і поліпшення умов тертя у вузлах агрегатів.

Апробація роботи: Пат. № 144310 Україна, G01N 3/56 (2006.01) Машина тертя / Калганков Євген Васильович (UA); Грачова Вікторія Миколаївна (UA); Косенко Анна Вадимівна (UA) - u202001408; заявл. 20.03.2020; опубл. 25.09.2020, бюл. № 18; 4 с.

1 РОЗДІЛ

СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Надійність двигунів Cummins в експлуатації

Дослідженню шляхів підвищення надійності автомобілів присвячено багато робіт, у тому числі Ф.Н. Авдонькіна, Д.Н. Гаркунова, М.А. Григор'єва, Вадолецкого, А.С. Денисова, В.І. Казарцева, Е.С. Кузнецова, В.С. Лукинського, В.М. Михлина, І.А. Мишина, А.В. Ніколаєнко, Г.І. Суранова, А.М. Шейнина, М.А. Масино, В.А. Шадричева й інших авторів.

Є роботи, у яких вивчалися відмови автомобілів КамАЗ, причини їх появи в експлуатації й способи їх зниження [1-5]. Загальні шляхи підвищення надійності машин від їхнього виробництва до списання описані в літературі [6-10].

Проведений рядом авторів аналіз надійності автомобілів КамАЗ (частково разом із заводом КамАЗ), починаючи з 1976 року (з моменту вступу їх в експлуатацію), показав, що по більшості елементів автомобіля параметр потоку відмов у процесі експлуатації зростає (рис.1.1) [11].

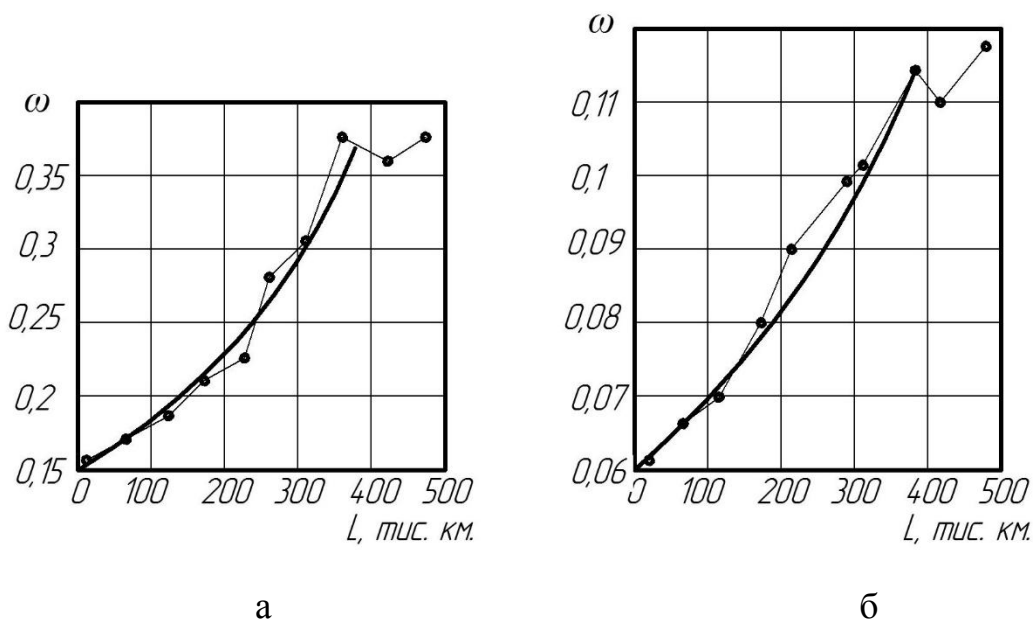


Рис. 1.1. Зміна параметра потоку відмов елементів автомобіля КамАЗ у процесі експлуатації: а - автомобіль у цілому; б – двигун.

Аналіз відмов елементів автомобіля, усунення яких роблять із заміною деталей і вузлів, представлений у табл. 1.1.

Таблиця 1.1-Типові роботи з усунення відмов автомобілів КамАЗ шляхом заміни деталей і вузлів

Найменування відмов і замін	Частота повторення, %	Середній наробіток, тис. км.	Коефіцієнт варіації
Заміна вкладишів підшипників колінчатого вала	59	88	0,54
Заміна поршневих кілець	59	96	0,58
Ремонт паливного насоса високого тиску	21	106	0,64
Заміна форсунок	28	87	0,62

З наведених у табл. 1.1 і рис. 1.1 видно, що на елементи автомобіля, параметр потоку відмов, які в процесі експлуатації зростають, припадає 58 % відмов, 87 % трудомісткості усунення відмов, 76 % простоїв при поточному ремонті, 83 % витрат на запасні частини [12].

Представлені дані свідчать про те, що підвищення надійності двигуна КамАЗ шляхом зниження відмов шатунних підшипників в експлуатації є актуальною темою, що вимагає розв'язку й тому, що збільшення ресурсу підшипників при одночасному зростанні ступеня форсування дизелів спричиняє підвищення рівня механічних і теплових навантажень на підшипник, а модернізація існуючих конструкцій дизелів зі збільшенням потужності за рахунок застосування турбонаддува відбувається без зміни підшипників.

З метою встановлення достовірної інформації з відмов авторами [12] були проаналізовані 1183 двигуна, що проходили ремонт як у відділі гарантійного ремонту заводу-виготовлювача, так і в зональних автоцентрах КамАЗа. Усі відмови розглядалися по оформлених актах - рекламаціям, у яких представлена коротка характеристика експлуатації двигуна, опис умов виникнення й характер дефекту, а також результати часткового розбирання. За

результатами технічної експертизи проводилася статистична обробка за допомогою наступних залежностей [13, 14].

$F(t)$ - функція розподілу (нагромадження частоти відмов);

$f(f)$ - щільність розподілу частоти відмов, наведеної до величини інтервалу вибірки.

$$F \quad f = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}, \quad (1.1)$$

$$f \quad f = \frac{m_i}{\Delta t_n}, \quad (1.2)$$

де n - обсяг вибірки (сумарна кількість випадків);

Δt - величина інтервалу.

m_i - обсяг 1-го інтервалу вибірки.

$$\Delta t = \frac{t_n - t_1}{2}, \quad (1.3)$$

де t_n, t_1 - найбільше й найменше значення аргументу вибірки;

2 - кількість інтервалів.

Усі двигуни підрозділялися на групи. Критерієм приналежності до групи був дефект, що приводить до відмови двигуна. Установлювався також зв'язок дефекту із пробігом автомобіля. У результаті проведених досліджень класифіковано 64 дефекти, з них 19 мали одиничні відмови (табл. 1.2).

Таблиця 1.4 - Основні дефекти двигунів

№	Найменування дефекту	М _і , шт
1.	Проворот шатунних вкладишів	149
2.	Підвищена витрата масла	52
3.	Задир ЦПГ	69
4.	Втрата ОР і масла	91
5.	Дефекти корінних підшипників к. в.	17
6.	Руйнування шатунних болтів і шатунів	143
7.	Руйнування колінчатого вала	22
8.	Руйнування поршнів	17
9.	Дефекти штовхачів	43
10.	Розсухарювання клапанів	21

Установлено, що найбільше часто зустрічається 10 дефектів, ймовірність появи кожного з них близька до 0,9 [15].

У табл. 1.3 і рис. 1.2 наведені залежності, що відображають якісну картину зв'язку частоти появи дефектів із пробігом автомобіля.

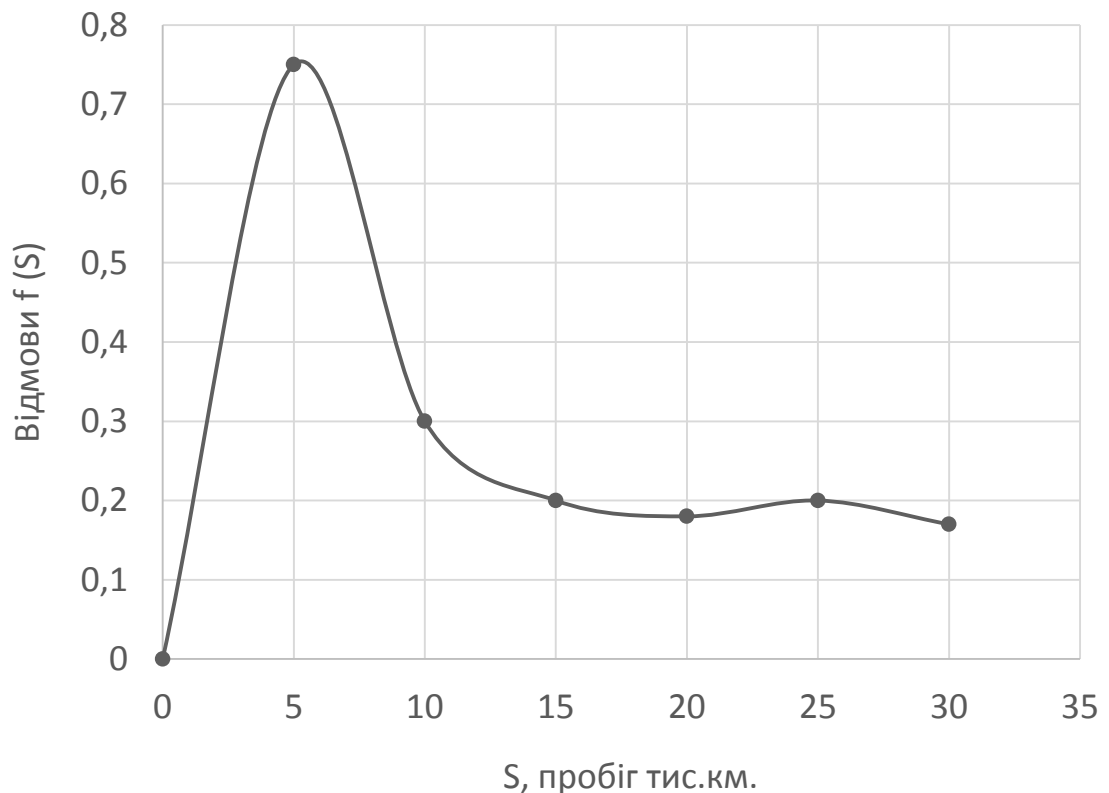


Рис.1.2. Графік розподілу відмов двигуна від пробігу.

Як видно з мал. 1.2 основна кількість відмов (54 %) відбувається при експлуатації до 10 тис. км, а на відмову «проворот» шатунних вкладишів припадає найбільша кількість ~ 24 %. При цьому треба відзначити, що проворот вкладишів відноситься до відмов 3-ї групи складності і його усунення вимагає значного розбирання двигуна й, як правило, заміни колінчатого вала.

Таблиця 1.3-Розподіл відмов двигунів залежно від їхнього наробітку

S	5	10	15	20	25	30
Mi	453	190	148	124	153	115
f(S)	0,077	0,032	0,025	0,21	0,026	0,02

Розглядалася зміна кількості відмов по роках надходження двигунів у ремонт. Установлено, що є тенденція до їхнього зниження, особливо по відмовах витoku масла в охолодній рідині, руйнування шатунів і шатунних болтів, руйнування колінчатого вала. Це пов'язане із проведеної на заводі-виготовлювачі роботі зі зміни матеріалу й технології виготовлення й складання цих деталей.

Однак, кількість рекламаций, пов'язаних із проворотом шатунних вкладишів залишалася практично однаковим по всіх роках досліджуваних двигунів.

На рис. 1.3 наведені графіки відмов двигуна КамАЗ-740, за даними заводу, а на рис.1.4 літературних джерел.

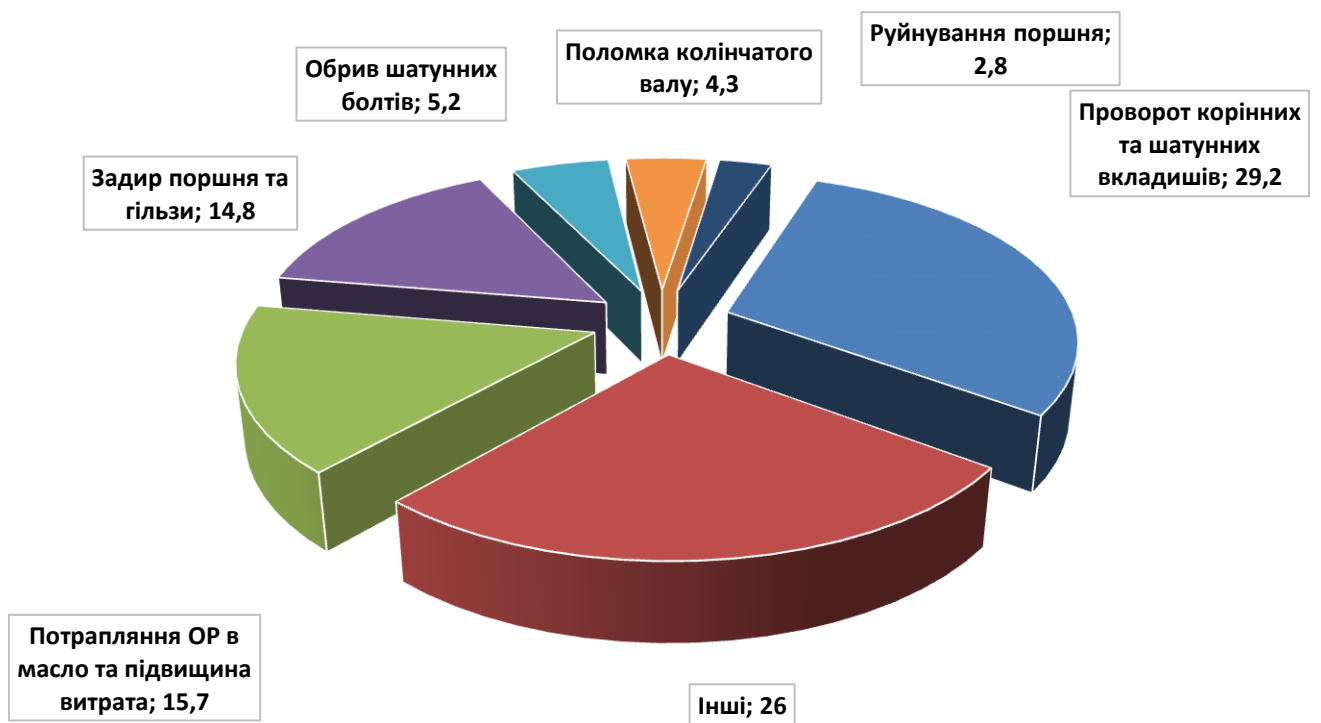


Рис. 1.3. Відмови двигунів КамАЗ-740

Аналіз актів рекламаций, де описувалися дефекти - проворот шатунних вкладишів колінчатих валів - показав, що в 42% двигунів не вдалося встановити причину відмов. 35% відмов відбулося через порушення технологічної дисципліни виробництва й складання двигунів (табл. 1.4).

Отримана залежність частоти проворота вкладишів від пробігу автомобіля, представлена на рис. 1.5, показує, що тільки в перший період експлуатації (до 5 тис. км) інтенсивність цієї відмови росте, і надалі вона залишається практично однаковою й зменшується після 30 тис. км

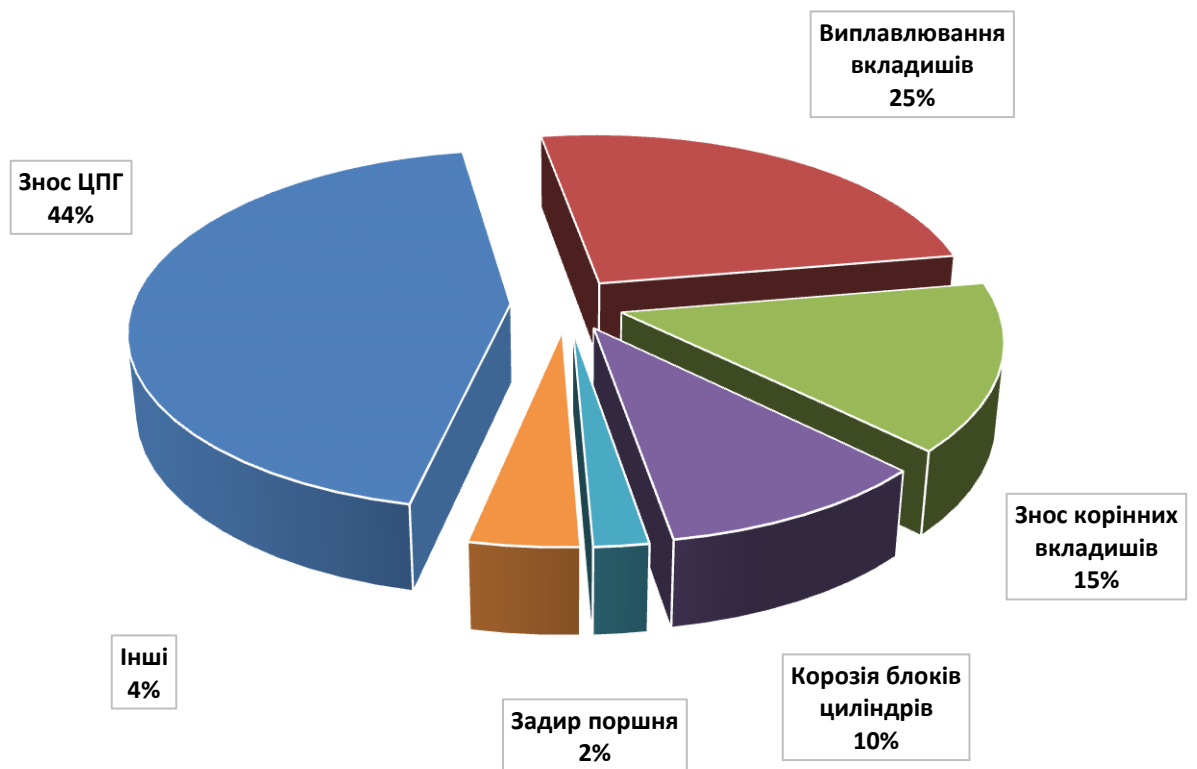


Рис. 1.4. Ресурсні відмови деталей та вузлів відремонтованих двигунів

Таблиця 1.4 - Причини відмов двигунів по провороту шатунних вкладишів

№	Причина дефекту	М1, шт	f (t)
1.	Причина не визначена	69	0,421
2.	Неправильна орієнтація шатунного болта	26	0,159
3.	Низький рівень масла	13	0,079
4.	Неякісне масло, відсутність т/о	11	0,069
5.	Недозатягування шатунних гайок	10	0,061
6.	Неповна посадка болта по конусу	7	0,043
7.	Тріщина вала	5	0,03
8.	Стружка в каналах коленвала	5	0,03
9.	Зсув фаски масл. отв. на К.В.	4	0,024
10.	Неякісний ремонт	3	0,018

11.	Інші	2	0,012
12.	Невідповідність геометричних р-рів К.В.,	2	0,012
13.	Випадання заглушки К.В.	2	0,012
14.	Обрив усмоктувального патрубка м/насоса	1	0,006
15.	Неякісна обробка конуса шатуна	1	0,006

Проведеними дослідженнями з визначення місця розташування (номер циліндра) установлено, що найбільш частіше проворот шатунних вкладишів відбувається на третій шатунній шийці колінчатого вала (рис. 1.6).

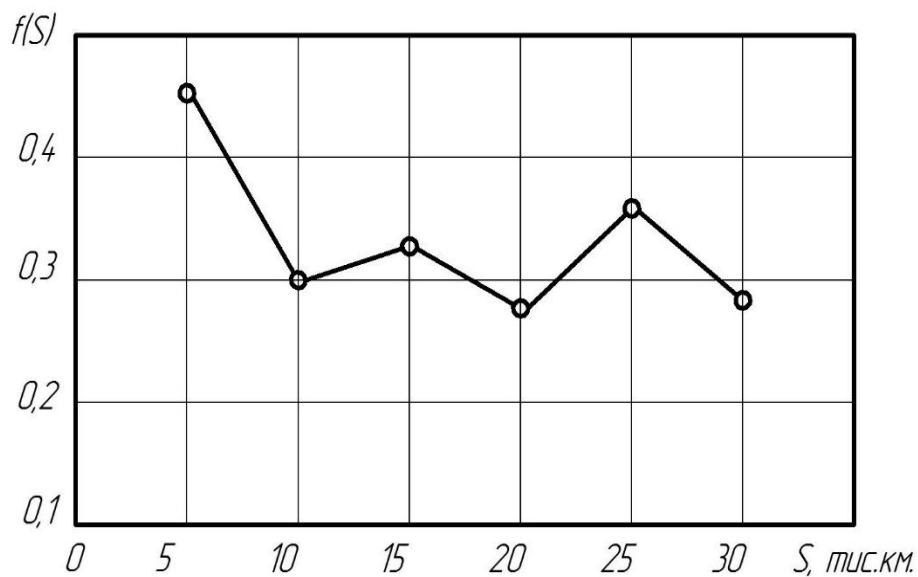


Рис. 1.5. Розподіл відмов «провертання шатунних вкладишів» колінчатого вала від пробігу автомобілів.

Проведений огляд літератури й результати власних досліджень відмов двигунів КамАЗ в експлуатації свідчать, що для підвищення рівня надійності двигунів необхідно, у першу чергу, установити причини появи дефекту - проворот шатунних вкладишів колінчатого вала - і розробити заходи щодо їх усунення.

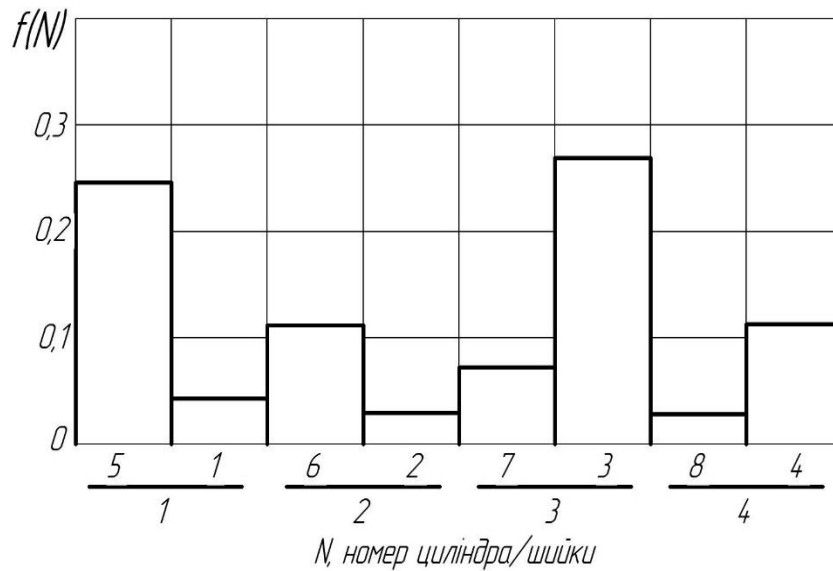


Рис. 1.6. Розподіл відмов «провертання шатунних вкладишів» від місця розташування (номер циліндра, номер шийки)

1.2. Аналіз причин відмов шатунних підшипників

У швидкохідних дизелях, у тому числі на автомобілях КамАЗ, у якості корінних і шатунних підшипників колінчатого вала використовуються тонкостінні багат шарові вкладиші [16]. При повертанні вкладиша фіксує виступ зрізується, а сам вкладиш обертається із шийкою колінчатого вала, при цьому збільшуються зазори в сполученні, підвищується температура шийки, масло від високої температури випаровується, про що свідчить збільшення витрати картерних газів через сапун. Перегрів шийки колінчатого вала приводить до теплової напруги й деформаціям, у результаті яких на шийках утворюються тріщини, сам вал згинається, а іноді й ламається. У ряді випадків повертання призводить до обриву шатунних болтів або самого шатуна, пробивається блок циліндрів, що є найважчим наслідком цієї відмови [16-18]. Вкладиші корінних підшипників повертаються в 5 раз рідше, чим на шатунних [19]. Причиною повертання корінних вкладишів є дефекти масляного насоса, вибивання заглушок у масляній системі, падіння тиску в системі мащення, абразивне зношування шийок і вкладишів, який сприяє руйнуван-

ню антифрикційного шару, охоплення шийки й вкладиша через масляне голодування й деформації вкладишів [20, 21].

Як ми вже відзначали в більшості випадків, причину повертання шатунних вкладишів установити не представляється можливим. Вважається, що ця відмова обумовлюється абразивним зношуванням, зазорами в шатунних підшипниках, порушенням (викривленням геометричних форм поверхонь шийки й вкладиша, а також невідповідність системи мащення [6-8, 22, 23].

Абразивні частки, потрапляючи в підшипники, утворюють кільцеві ризки на антифрикційному шарі й сприяють підвищенню температури, жолобленню, зменшенню натягу, задиру й повертанням вкладиша. При взаємодії абразивної частки з поверхнею вкладиша утворюються пластично видавлені канавки з видавлюванням металу з боків, який легко викришується й зацімлюється в парі, що викликає задир, зростання температури й, в остаточному підсумку, приводить до повертання вкладишів [17, 24].

З метою зменшення потрапляння абразиву в підшипники на двигуні КамАЗ замінили фільтруючі елементи на паперові, підвищили надійність фільтра відцентрового очищення масла, у шатунну шийку встановили додаткову втулку, що поліпшує очищення масла. Однак, повертання шатунних вкладишів виключити не вдалося [25].

Встановлено, що кількість відкладень у порожнинах шийок, на яких відбулося повертання, менше, чим по інших шийках [21, 25]. Кількість відкладень у порожнині шатунної шийки пропорційно витраті масла через підшипник [26, 27], тому про витрату масла через підшипник можна судити по кількості відкладень.

Це свідчить про те, що через шатунну шийку, на якій відбулося повертання вкладишів, проходила менша кількість масла. Отже, фактором, що сприяють повертанням вкладишів, є не підвищена концентрація абразиву в маслі, а зниження витрати масла через підшипник.

Основною причиною задрів шатунних підшипників автомобільних двигунів по дослідженнях нами вважається порушення гідродинамічного

мащення через недостатню кількість масла, що надходить у шатунні підшипники у зв'язку з більшою витратою через корінні підшипники. При нормальному тепловому режимі запас продуктивності масляного насоса повністю може бути витрачений на обертах, близьких до середніх, у зв'язку зі збільшенням зазору в корінних підшипниках внаслідок зношування. Для забезпечення надійної роботи шатунних підшипників на всіх режимах роботи двигуна при збільшенні діаметрального зазору в корінних підшипниках автори вважають за доцільно, щоб запас продуктивності насоса був досить великим і не знижувався через знос у підшипниках.

Зі зменшенням витрати масла через підшипник знижується віддача від нього тепла в масло, що може привести до перегріву підшипника й виходу його з ладу. Однак, надмірне збільшення тиску й витрати масла є небажаним, тому що вимагає більших витрат потужності на привод насоса й збільшення його розмірів. Крім того, надмірно більші тиски й витрата масла в системі сприяє збільшенню витрати масла на вигар, а при наявності в маслі абразивних часток - підвищеної їхньої циркуляції разом з маслом, багаторазовому влученню часток у підшипники і їх зношуванню [27].

У роботах Денисова А.С. і Кулакова А.Т. [19, 21, 26] приводяться результати статистичного аналізу по 350 двигунах КамАЗ-740. Встановлено, що найчастіше (до 30 %) провертання спостерігається на шийках циліндрів 5 і 3 і близько 10%, відповідно, на 6 і 4. Автори це пояснюють тим, що ці шатунні шийки розташовані ближче до каналу підведення масла в шатунну порожнину від корінної шийки. Масло, що впливає з каналу підведення в порожнину відцентрового грязевловлювача, динамічно впливає на рівень масла в грязевловлювачі в зоні найближчого отвору, створюючи тут турбулентність і наганяючи «хвилю» у зону дальнього отвору. Ці особливості й створюють несприятливі умови мащення підшипника, найближчого до каналу підведення масла, і більш сприятливі для дальнього.

Проведені дослідження, результати яких представлені в роботах [19, 21, 25, 28], дозволили процес переходу вкладиша від вихідного стану до кри-

тичного розділити на три основні етапи [21] (табл. 1.5).

На першому етапі відбувається деформація вкладиша до стійкого стану, знижується загальний радіальний тиск вкладиша на постіль через втрату натягу, збільшується тиск відриву вкладиша від постелі. Етап закінчується утворенням первинного прогину.

Протягом другого етапу відбувається подальше збільшення прогину до критичного стану, який характеризується перевищенням моменту в підшипнику над моментом у контакті вкладиша з постіллю. При утворенні первинного прогину вкладиш працює по шийці не всією своєю площиною, а опуклою частиною. Тому що вкладиш при цьому середньою частиною відірваний від постелі, то тепловідвід від середньої частини погіршується й відбувається її місцевий перегрів, що збільшує теплові напруги й деформації прогину, що інтенсифікує його по твірній. Збільшення прогину призводить до ще більшого наростання деформацій і цей процес відбувається послідовно й незворотно.

Таблиця 1.5-Процес переходу вкладиша від вихідного стану до критичного

I етап	II етап деформаційний	III етап критичний
Перевищення напруг над σ_T	Підвищення температури й теплових напруг	Перевищення моменту тертя в підшипнику над моментом у постілі
Зниження натягу	Зростання прогину	
Нерівномірні деформації по товщині	Вирівнювання моментів тертя в підшипнику й по...	Підвищення напруг у фіксуєчому виступі до σ_T
Зниження радіального тиску на постіль	Зникнення зазору	Зрив фіксуєчого виступу й провертання вкладишів
Утворення початкового прогину		

Другий етап може тривати довгостроково, після чого відбувається за-

ключний третій етап.

Третій етап - завершальний у процесі повертання вкладишів, коли вкладиш зрушив з посадки в постілі й навантаження від моменту в підшипнику перейшла на фіксуєчий виступ. Напруги в матеріалі виступу поступово досягають межі плинності й відбувається його зминання

Після цього вкладиші, що захоплюються шийкою, повертаються щодо шатуна, приводячи до втрати працездатності колінчатого вала й шатуна.

Для попередження повертання шатунних вкладишів автори [21, 25] пропонують діагностувати прогин вкладишів, гранична величина якого становить 48 мкм, а періодичність 12 тис. км.

Впровадження розробленого діагностичного засобу й технології, застосованих при ТО-2, дозволили знизити число випадків повертання шатунних вкладишів в експлуатації й скоротити число капітальних ремонтів.

Однак, відсоток відмов по провороту шатунних вкладишів дотепер залишається на першому місці й вимагає подальших досліджень по його усуненню. Ґрунтуючись на результатах проведених досліджень, слід усунути утворення прогину в поперечному перерізі вкладиша, для чого необхідно більш докладно вивчити деформації шатунних вкладишів двигуна КамАЗ [22].

Витрата масла через шатунні підшипники визначається тиском масла в кільцевому каналі корінного підшипника, від якого воотримують масло, режимом роботи й технічним станом двигуна [29].

У роботах [20, 21, 25, 26] приводяться дані тиску в кільцевих каналах корінних опор, а також нерівномірність тиску по номерах корінних опор на всіх швидкісних і навантажувальних режимах, табл. 1.6.

Таблиця 1.6-Розподіл тиску масла по номерах корінних опор

Середній тиск масла	Од. вим.	В магістралі	У корінних опорах				
			1	2	3	4	5
У всьому діапазоні обертів	МПа	0,415	0,336	0,318	0,346	0,316	0,339
	%	100	81	77	83	76	82
При $n > 2000 \text{ хв}^{-1}$	МПа	0,5	0,398	0,375	0,410	0,372	0,40
	%	100	79,5	75	82	74,5	80

Як видно з табл. 1.6, від четвертої корінної опори, що має найнижчий тиск масла, змазуються шатунні підшипники третьої шатунної шийки з найбільшою сумарною частотою провертання вкладишів. Отже, є чіткий зв'язок між нерівномірністю тиску масла по корінних опорах і нерівномірністю частоти провертання шатунних вкладишів, що змазуються від цих опор.

При зниженні тиску в системі мащення можуть наступати й критичні режими мащення шатунних підшипників, обумовлені діями відцентрових сил у каналах підведення. Встановлено [25], що критичним тиском у системі мащення при номінальному режимі при $n = 2600 \text{ хв}^{-1}$ є $P_k = 0,16 \text{ МПа}$ (перший критичний режим при якому масло на мащення шатунних підшипників не надходить). При декількох більших значеннях тиску ($P = 0,23 \text{ МПа}$, другий критичний режим) виявлені режими пульсуючого підведення масла до шатунних підшипників. Причому для кожного режиму встановлена певна циклічність і вона пояснюється дією своєрідного регулятора витрати через шатунні підшипники - зміною зазору в шатунних підшипниках через утворення прогину у вкладишах.

У момент, коли порожнина спорожняється, до шатунних підшипників підводить менше масла, через погіршення тепловідводу відбувається розігрів шатунного вкладиша з боку робочої поверхні, і він отримує прогин. При цьому зменшується зазор у шатунному підшипнику й знижується витрата масла через підшипник. Зниження витрати масла із шатунної порожнини призведе до її заповнення за рахунок припливу й масла на шатунний підшипник

подається під сумарним тиском, що складається зі статичного й динамічного. У цей момент витрата масла через підшипник зростає і одночасно зростає тепловідвід від вкладиша, він ухвалює первісну, витрати масла через підшипник. Порожнина знову спорожняється, при цьому масло в шатунні підшипники подається тільки під дією збільшення відцентрових сил і в меншій кількості, тому цикл із утворенням прогину повторюється. У цьому полягає вплив шатунних вкладишів і тому тиск у системі мащення в процесі експлуатації не повинно знижуватися нижче критичних значень (при $n = 2600 \text{ хв}^{-1}$, $P_k = 0,23 \text{ МПа}$) [21, 25].

Тепловий стан шатунних підшипників, а, отже, і ймовірність їх повертання багато в чому обумовлені величиною витрати масла, через них і конструктивними особливостями.

1.3. Загальні висновки та задачі досліджень

Аналіз експлуатаційних відмов двигуна КамАЗ дозволяє зробити наступні висновки:

1. Однією з основних відмов двигуна КамАЗ в експлуатації є повертання шатунних вкладишів, доля яких становить 20...26 %, а найчастіше ця відмова відбувається на третій шатунній шийці в перший період експлуатації. Великої різниці в розподілі відмов у нових двигунів і тих, що пройшли ремонт не спостерігається.

2. Основними причинами повертання шатунних підшипників є:

- зменшення тиску й витрати масла нижче припустимого;
- зміна геометричної форми вкладишів від деформацій і зношування;
- конструктивні недоробки системи мащення;
- порушення технології виготовлення;
- недосконала технологія ремонту;
- порушення умов експлуатації.

Таким чином, дотепер повністю не визначені:

- оптимальні продуктивність масляного насоса й тиск масла в системі;
- раціональна схема підведення масла до шатунних підшипників;
- оптимальні розміри отвору для підведення масла й ширини кільцевої канавки вкладишів.

Недостатньо вивчені:

- ефект пульсації масляного потоку;
- тепловий стан підшипників;
- зміни параметрів мащення в процесі експлуатації.

Розв'язок цих питань дозволить розробити рекомендація з удосконалювання мастильної системи двигуна КамАЗ-740.

У результаті аналізу стану питання за даними літературних джерел, а також отриманих даних по надійності автомобілів КамАЗ в експлуатації поставлені мета й завдання дослідження.

Мета дослідження: підвищення надійності шатунних підшипників автотракторних двигунів шляхом нанесення бронзового покриття на сталь.

Задачі дослідження.

1. Провести аналіз надійності двигунів та встановити причини виходу з ладу, а також встановити найбільш ненадійний вузол. Також дослідити експлуатаційні дефекти деталей двигунів.

2.Провести аналіз існуючих методів та способів нанесення зносостійких трибологічних покриттів на метал та розробити технологію відновлення посадкових поверхонь дослідної деталі.

3. Провести експериментальні дослідження наплавленого шару бронзи на відновлювальну поверхню деталі.

4. Дослідити оптимальне співвідношення мікротвердостей поверхонь, при якому зносу має мінімальне значення.

5. Розробити заходи з поліпшення умов праці робітників.

6. Провести техніко-економічну оцінку результатів дослідження.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІСЛЯРЕМОНТНОЇ НАДІЙНОСТІ ДВИГУНІВ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ШИЙОК КОЛІНЧАТОГО ВАЛУ ШЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ ДВОШАРОВИХ ПОКРИТТІВ

2.1. Аналіз причин виходу з ладу капітально відремонтованих двигунів КамАЗ

Досліджувався двигун № 5 автомобіля КамАЗ 5511. Після проведеного ремонту двигуна автомобіля КамАЗ (мінялися деталі кривошипно-шатунного механізму), проробивши близько 1500 км. пробігу, двигун зламався.

З метою розв'язку поставлених питань проводився зовнішній огляд вузлів і деталей двигуна. Коли деталі двигуна були оглянуті, встановлено:

Поршнева група – усі поршні (рис.2.1) у гарному стані, поршневі кільця не втратили рухливість.



Рис.2.1. Поршнева група

Про перегрів свідчить - лакоутворення на спідницях поршнів і поршневих кільцях. Натирні на головках поршнів – відсутні, ризки, що свідчать про брудне масло, подряпини на спідницях поршнів – відсутні.

На головках поршнів видний шар сажистих відкладень, що частково обсіпався. Під другим компресійним і під маслосемними кільцями помітні незначні сліди лакоутворення, властиві норрисьної експлуатації двигуна.

Блок циліндрів – гільзи блоку циліндрів чисті, без видимих зносів і рисок (рис.2.2.).



Рис. 2.2. Зноси блоку циліндрів

На посадкових місцях трьох середніх корінних опор спостерігаються припали, натири, кольори побіглості. Відсутня трубка підведення масла на охолодження поршня (рис. 2.3., 2.4.)



Рис. 2.3. Знос вкладишів



Рис. 2.4. Злам масляної трубки

Кришки корінних опор - на торцях трьох середніх кришок корінних опор спостерігаються кольори побіглості – наслідок перегріву. Крайні кришки в робочому стані, без змін (рис. 2.5.).

Шатунні вкладиші – у робочому стані.

Корінні вкладиші – у трьох середніх опор розбиті, задерті, а вкладиші середньої опори розкатані (рис. 2.6). Фіксуючі вусики на частині вкладишів відсутні, на зовнішній поверхні цих вкладишів задири (рис.2.7) – сліди провертання вкладишів в опорах. Вкладиші крайніх опор у задовільному стані – з незначними слідами зношування. Представлені на експертизу вкладиші – показані на рис. 8.



Рис. 2.5. Знос корінних опор (сліди кольорів побіглості)



Рис. 2.6. Знос корінних вкладишів (розплескані кінці)



Рис. 2.7. Знос корінних вкладишів (риски, подряпини та обірвані вусики)



Рис. 2.8. Вкладиші крайніх опор (знос незначний)

Опорні півкільця – у задовільному стані (рис. 2.9) - на поверхнях спостерігаються незначні сліди припрацювання.



Рис. 2.9. Опорні півкільця

Колінчатий вал – четверта шатунна шийка (рис. 2.10) у задовільному стані на інших 3х шатунних шейках – натири (рис. 2.11, рис. 2.12), корінні шийки – натири, задири, кольори побіглості різної інтенсивності на всіх шийках (рис. 2.10, рис. 2.11, рис. 2.12., рис. 2.13).



Рис. 2.10. Четверта шийка колінчатого валу

Маслоканали колінчатого вала не забиті брудом.



Рис. 2.11. Знос корінної шийки



Рис. 2.12. Знос шатунної шийки



Рис. 2.13. Кольори побігності на корінній шийці

Аналіз масла не проводився.

Аналіз результатів огляду деталей і вузлів:

Стан деталей двигуна свідчить про наявність у двигуні несправності, що вимагає усунення – руйнування корінних вкладишів. При цьому відсутність на навантажених поверхнях ковзання (зокрема на четвертій шатунній шийці) слідів припалів, натирів, рисок свідчить про те, що в перших масло на змащення надходило в необхідних кількостях, у других масло надходило досить чисте, не дивлячись на зовнішній вигляд масляного фільтра. Тобто на момент аварії масляний фільтр справлявся зі своїми функціями, а заявлена причина виходу двигуна з ладу - «заклинило двигун (зі слів представників споживача)» є наслідком руйнування вкладишів корінних підшипників.

Кольори побіглості на торцях кришок 2, 3 і 4 опор (рис. 2.5) свідчать про перегрів опор. Відсутність фіксуючих вусиків на вкладишах, припали, натири (рис. 2.3) на постілях корінних вкладишів, свідчить про повертання корінних вкладишів.

Відсутність слідів перегріву (кольорів побіглості) на крайніх корінних опорах, відсутність дефектів на поверхні четвертої шатунної шийки свідчить про те, що дія причини, що викликала вихід двигуна з ладу, локалізовано в області 2 – 4 корінних опор. У цій області зафіксований дефект - відсутня трубка підведення масла на охолодження поршня (рис. 2.3). Він призвів до падіння тиску масла, що надходить на змащення третього корінного підшипника, що в підсумку привело до руйнування підшипника.

Триваюча експлуатація двигуна з третім корінним підшипником, що руйнується призвела до руйнування 2 го й 4 го корінних підшипників (колінчатий вал без центральної опори почав прогинатися, перевантажуючи вкладиші сусідніх опор, які теж почали виходити з ладу). Про те, що вкладиш середньої опори зруйнувався набагато раніше вкладишів 2 і 4 опор свідчить сильне розклепування 3 го вкладиша (рис. 2.6).

Дефекти поверхонь 3х шатунних шийок викликані погіршенням умов змащення цих шийок (масло на змащення шатунних шийок надходить по свердліннях від корінних шийок, і при повертанні вкладишів маслопідвідні

канали перекриваються) через руйнування корінних вкладишів. Аналогічні прояви ознак можливі й при установці на двигун дефектного колінчатого вала (з підвищеним биттям корінних шийок).

Стосовно до конкретного двигуна як відсутність трубки підведення масла на охолодження поршня, так і підвищене биття корінних шийок є наслідок неякісного ремонту у зв'язку із чим подальша деталізація причин виходу двигуна з ладу не має змісту.

Що стосується зафіксованого перепробігу автомобіля (без проведення ТО при 1000 км, слід зазначити наступне:

- Згідно із джерелом (КАМАЗ. Сервісна книжка) при проведенні ТО 1000 км. проводиться зовнішній огляд, підтяжка кріплення й ряд регулювань без заміни масла. Заміна масла проводиться при проведенні ТО при 5000 км (сервісна книжка). Таким чином, усередині двигуна дефект, що зароджується при проведенні ТО при 1000 км залишився б не заміченим.

- На поверхнях тертя деталей, не порушених аварійними процесами у двигуні, не відзначені характерні сліди абразивного зношування, що виникають у випадку знаходження в маслі великої кількості продуктів зношування. Тобто причинно-наслідковий зв'язок між руйнуванням двигуна й перепробігом відсутній.

- Про перепробіг і пов'язаної із цим експлуатацією двигуна з підвищеним вмістом продуктів зношування в маслі, що приводить до неможливості забезпечення працездатності, деталей на весь гарантійний строк, доречно згадувати при порушенні строку проведення ТО при 5500 км (строку заміни масла). Цей факт спричиняє скасування гарантійних зобов'язань у частині забезпечення працездатності тертьових пар двигуна протягом гарантійного періоду. Тобто надалі, претензії, пов'язані з підвищеним зношуванням деталей двигуна, можна не ухвалювати. Недотримання ж строків проведення регламентних робіт при ТО 1000 км. може привести лише до виходу з ладу вузлів і деталей, які необхідно обслуговувати на цьому ТО.

2.2. Існуючі способи відновлення валів наплавленням зносостійкого металевого шару

Мідь та її властивості. Мідь – м'який пластичний метал червоного кольору, який має властивість досить високої тепло- та електропровідності, корозійній стійкості та добрій обробляемості в холодному та гарячому стані.

Взагалі мідь використовують у вигляді сплаву, враховуючи її дефіцитність. Технічна мідь маркується літерою М, після якої стоїть число від 0 до 4. Чим більше число в марці міді, тим більше в ній домішок. Наприклад, мідь М00 складається з чистої міді 99,99%, а М4 складається з 4%.

Латуні. Латунь – сплав міді з цинком (до 45%) з додаванням олова, марганця, алюмінію, нікелю, заліза, кремнію та інших елементів, які додають сплаву певних фізичних та механічних властивостей. Латуні дешевше міді і переважають її по в'язкості та корозійній стійкості. Крім цього, латуні володіють добрими легуючими властивостями. Прості латуні маркуються великою літерою Л, за якою стоїть цифра, яка вказує на вміст міді у відсотках. Наприклад, Л 68, латунь, яка містить 68% міді і 32% цинку.

Бронзи. Бронзи – це сплав міді з оловом, свинцем, алюмінієм, марганцем, фосфором, залізом та іншими елементами. За хімічним складом бронзи поділяють на олов'яні та безолов'яні (алюмінієві, марганцеві, кремнієві, свинцеві та інші). Найбільш широко застосовуються олов'яні та алюмінієві бронзи. Принцип маркування бронзи той же, що і у латуней. Назва сплаву позначається буквами БР, а наступні літери та цифри означають рід та відсотковий склад легуючих елементів, які входять до сплаву. Наприклад, марка БР-ОЦС 3-12-5 позначає бронзу з вмістом 3% олова, 12% цинку, 5% свинцю, залишок мідь.

Алюміній. Алюміній – легкий метал сріблясто-білого кольору. Він достатньо тепло – та електропровідний, корозійно- та жаростійкий. Температура плавлення 6580С. Чистий алюміній м'який та механічно не міцний. Поверхня алюмінію, яка знаходиться на повітрі, завжди покрита плівкою окису алюмінію.

нію Al_2O_3 має температуру плавлення 2050 °C. Ця плівка і захищає метал від окислення, додаючи йому корозійної стійкості. Алюміній маркується літерою А та цифрою, яка вказує вміст алюмінію.

Основна маса алюмінію технічної чистоти витрачається на виробництво алюмінієвого сплаву, серед яких найбільшого розповсюдження набули сплави алюмінію з міддю, магнієм, цинком та марганцем. Ці сплави володіють високими механічними та легуючими властивостями, добре оброблюються.

В машинобудуванні широкого застосування набули алюмінієві сплави. З них виготовляють корпусні деталі (блок-циліндри, головки циліндрів, поршні, деталі кузова, різноманітні кришки і т. д.). При роботі у деталях з кольорових металів виникають також тріщини, обломи, зрив різьби та інше. Відновлення цих дефектів відбувається електродуговим та газовим зварюванням.

Незважаючи на те, що алюміній має порівняно низьку температуру плавлення – 660°C, зварювання і наплавлення деталей з алюмінію представляє деякі труднощі. Головним ускладненням при зварюванні алюмінію і його сплавів є їх легка окисність при нормальних умовах з утворенням на поверхні деталі дуже тугоплавкої і щільної окисної плівки Al_2O_3 , що плавиться при температурі 2050° C і перешкоджає з'єднанню деталей, які зварюються, а також ускладнює визначення моменту початку плавлення металу (алюміній і його сплави дуже рідкотекучі).

Видалення плівки у процесі зварювання досягається дією струму, при горінні дуги, або впливом складових флюсу чи покриття електрода на окис алюмінію. Можливе також і таке газове зварювання, коли в момент розплавлення основного і присадкового матеріалу, плівка окислів руйнується за допомогою сталевого загостреного гачка, виготовленого зі сталі 20 і нагрітого до температури 700...750 °C.

При зварюванні постійним струмом зворотної полярності (плюс на електроді) дія струму, що руйнує, окисну плівку має місце протягом усього процесу горіння дуги, а при зварюванні змінним струмом – у той на півперіод,

коли виріб є катодом. Механізм дії електричного струму при руйнуванні окисної плівки полягає в тому, що позитивні іони, рухаючись з великою швидкістю, потрапляючи на поверхню виробу, руйнують окисну плівку і у результаті так званого катодного розпилення видаляють її з поверхні деталі.

Дією струму може бути зруйнована порівняно тонка плівка окисів алюмінію. Товсту плівку варто видаляти механічним або хімічним шляхом.

Алюміній і його сплави можна зварювати плавленням нормальним ацетилено-кисневим полум'ям, електричною дугою, (плавким та не плавким електродом), забезпечивши руйнування окисної плівки і надійний захист розплавленого металу від окислювання.

У залежності від виду зварювання використовують різні способи руйнування окисної плівки і захисту шва від окислювання. При газовому зварюванні використовують спеціальні флюси, при дуговій – електроди зі спеціальними обмазкам чи інертний газ аргон. Флюси не погіршують властивості звареного шва, тому що не утворюють з алюмінієм з'єднань, а розкисляють окисну плівку і поліпшують стабільність горіння дуги. Завдяки меншій, чим в алюмінії щільності, розплавлюванні флюси легко спливають на поверхню зварювальної ванни і не забруднюють її.

Найбільш розповсюджений флюс АФ-4А, що містить 28% хлористого натрію, 50% хлористого калію, 14% хлористого літію і 8% фтористого натрію. Основний компонент цього флюсу й електродної обмазки – хлористий літій. Щоб уникнути корозії зварних з'єднань, залишки флюсу і шлаку до закінчення процесу зварювання видаляють.

Зварювання алюмінію металевим електродом, що плавиться – найбільш дешевий і простий спосіб. Електродні стрижні беруться звичайно того ж хімічного складу, що й основний метал. До складу електродних покриттів входять в основному флюс АФ-4А.

Для зварювання використовують електроди марок ОЗА-1 та дріт діаметром (мм): 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,5; 2,8; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0; 6,0; 7,0; 8,0; 9,0; 10,0; 12,0. ГОСТ 7871-75 передбачає випуск 14 марок дроту:

- Св-А97, Св-А85Т, Св-А5 (технічний алюміній);
- Св-АМц (алюмінієво-марганцевий);
- Св-АМг3, Св-АМг4, Св-АМг5, Св-АМг6, Св-АМг63, Св-АМг61, Св-1557 (алюмінієво-магнієві);
- Св-АК5, Св-АК10 (алюмінієво-кремнієві);
- Св-1201 (алюмінієво-мідний).

Найбільш продуктивним та якісним способом відновлення деталей є аргоно-дугове зварювання (рис. 2.14).

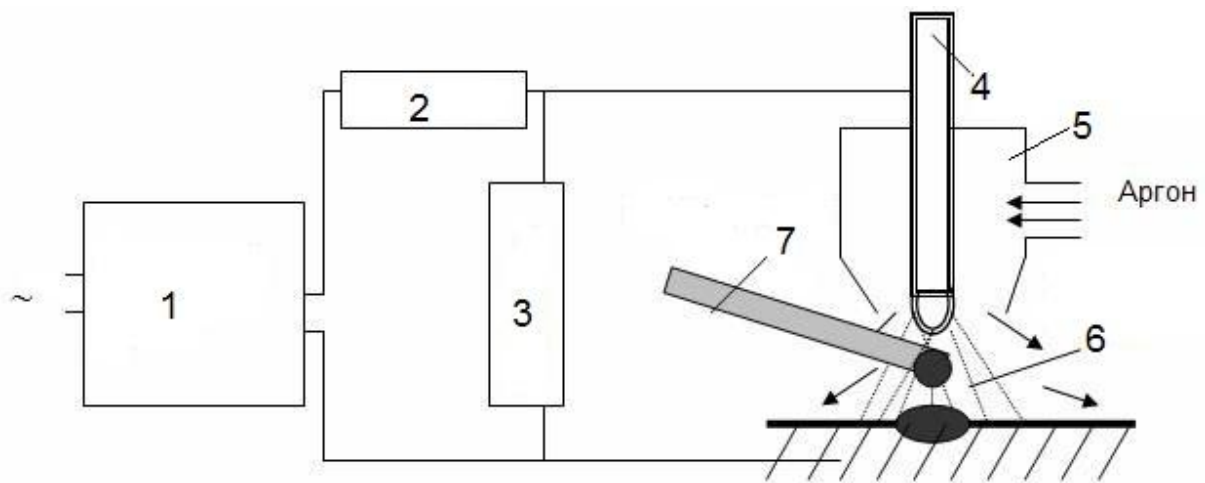


Рис. 2.14. Схема аргоно – дугового зварювання:

1 – зварювальний трансформатор; 2 – дросель; 3 – осцилятор; 4 – вольфрамовий електрод; 5 – пальник; 6 – електрична дуга; 7 – присадковий пруток.

При аргоно-дуговому зварюванні електрична дуга горить у середовищі аргону між неплавким вольфрамовим електродом і деталлю. Зварювання може виконуватися як із присадковим матеріалом, так і без нього. Аргон служить для захисту вольфрамового електрода і розплавленого металу від впливу повітря. Застосування вольфрамового електрода викликане його високою температурою плавлення – 4600°C і великою теплостійкістю. Для підвищення стійкості, поліпшення запалювання дуги і стабільності її горіння, у вольфрамовий електрод вводять присадку лантану торію. Аргоно-дугове зварювання може здійснюватися як на змінному, так і на постійному струмі. При

зварюванні неплавким електродом, на змінному струмі руйнування окисної плівки досягається за рахунок катодного її розпилення. Необхідність зварювання змінним струмом викликана тим, що при зварюванні постійним струмом зворотної полярності легко відбувається розплавлення вольфрамового електрода, а при зварюванні прямої полярності важко видаляти окисну плівку з поверхні алюмінію.

Для виконання аргано-дугового зварювання промисловістю випускаються установки типу УДГ-301, УДГ-501, УДАР-300, УДАР-500. Принципова схема установки показана на рис. 3.10. Для полегшення збудження дуги в зварювальний ланцюг включено осцилятор – джерело високовольтних імпульсів підвищеної частоти. Захисний газ до пальника подається з балона через газовий редуктор. Витрата аргону визначається в залежності від зварювального струму, а останній – в залежності від товщини металу, що зварюється. Для зварювання вісь вольфрамового електрода повинна бути нахилена у бік, протилежний напрямку зварювання, на кут $20 \dots 60^\circ$. (зварювання "кут уперед"). Кут між віссю вольфрамового електрода і присадковим прутком повинен складати 90° . Зварювальний пальник уздовж шва переміщується зварювальником вручну.

2.3. Розробка технологічної документації на відновлення корінних та шатунних шийок колінчастого валу КамАЗ 740

2.3.1. Характеристика деталі і експлуатаційні дефекти

Відновлення посадкових поверхонь. Серед усіх дефектів найбільш часто зустрічаються зноси посадкових поверхонь колінчатих валів. У колінчатих валів тракторних двигунів посадковими є поверхні під шків, шестірні, маховик, противаги (ЯМЗ-238НБ, СМД-60), сальники (ЯМЗ-238НБ), ущільнювальні упорні кільця (ЯМЗ-240Б). Зношування й порушення геометричної форми посадкових поверхонь усувають наплавленням дротом 1,2 Св18ХГС (ГОСТ 2246—70) у середовищі вуглекислого газу. Для наплавлення застосо-

вують установку для вібродугового наплавлення, що включає в себе, головку ОКС-1252М, зварювальний перетворювач токарно-гвинторізний верстат. Після наплавлення посадкові поверхні обточують і шліфують. Частота обертання деталі при обточуванні - 200 об/хв, подача - 0,3 мм/об.

При шліфуванні частота обертання колінчатого вала - 125 об/хв, подача - 0,005 мм. Для обточування використовують токарно-гвинторізний верстат 163М, для шліфування - круглошліфувальний верстат ЗБ161.

Торцеве биття посадкової поверхні під маховик і фланець для кріплення маховика (СМД-14, Д-65Н, Д-37Е) усувають проточуванням торця на токарському верстаті (не більш 0,1...0,2 мм).

Відновлення отворів і шпонкових пазів. У колінчатих валах двигунів відновлюють отвору під штифти для установки маховика й під підшипник вала зчеплення, а також шпонкові пази.

Зношені отвори й шпонкові пази заварюють дротом 1,2 Св08Г2С (ГОСТ 2246-70) у середовищі вуглекислого газу. При заварці рекомендується використовувати напівавтомат А-547Р і зварювальний випрямляч ВР-300.

Зношений отвір під підшипник вала зчеплення можна також відновлювати установкою втулки. Для цього отвір розточують, виготовляють втулку й запресовують її в підготовлений отвір. Після запресовування вал знову встановлюють на токарський верстат, вивірюють індикатором з точністю до 0,03 мм і розточують отвір до необхідного розміру. Після розточування товщина втулки повинна бути в межах 2... 3 мм. Овальність і конусність отвору - не більш 0,03 мм. Для відновлення отвору під підшипник вала зчеплення можна застосовувати спосіб установки згортних втулок.

Наплавлений отвір під підшипник вала зчеплення розточують, а потім розвертають.

Зварені отвори під установочні штифти після зачищення торцевої поверхні на токарському верстаті розсверлюють, зенкують і розгортають на радіально-свердлильному верстаті 2Н53. Для збереження колишнього положення осей отворів при обробці використовують накладні кондуктори.

Заварені шпонкові пази фрезерують. При цьому застосовують горизонтально-фрезерний верстат 6М82Г і пристосування для фрезерування. Зсув осей шпонкових пазів понад припустимі межі не допускається. Особливо це важливо для шпонкових пазів під розподільну шестірню, тому що від них залежить правильність газорозподілу в циліндрі двигуна. Бічні стінки шпонкових пазів повинні бути чистими, рівними й паралельними площини симетрії вала.

Відновлення різьблення. Різьблення підлягає відновленню при її зношуванні або зриві більш двох ниток. При незначних зносах і ушкодженнях різьблення калібрують.

Зовнішнє різьблення (СМД-14, СМД-60, ЯМЗ-238НБ) відновлюють наплавленням дротом 1,2 Св18ХГС у середовищі вуглекислого газу. Перед наплавленням старе різьблення обточують, тому що вона при наплавці згоряє й попадає в наплавлений метал у вигляді жужільних включень, що приводить до викрашування різьблення. Товщина наплавленого шару повинна бути 2...3 мм із таким розрахунками, щоб одержати якісне чисте різьблення. Потім наплавлену поверхню обточують і нарізають різьблення нормального розміру.

Різьблення в отворах для кріплення маховика й шківа відновлюють установкою різьбових спіральних вставок. Маслозгінну різьбу (СМД-14, Д-65Н) при зношуванні поглиблюють різцем до нормальної глибини за кілька проходів, а різьбову шийку шліфують до виведення слідів зношування. Після шліфування шийки різьблення зачищають і полірують наждаковою шкуркою.

Ремонт і відновлення корінних і шатунних шийок. Зношені шатунні й корінні шейки колінчатих валів тракторних двигунів перешліфують на ремонтні розміри.

Для шліфування шийок колінчатих валів застосовують універсальний шліфувальний верстат 3А423 і спеціалізовані верстати: ХШ2-12 - для шліфування корінних шийок і ХШ2-01 - для шліфування шатунних шийок.

На верстаті 3А423 можна шліфувати як корінні, так і шатунні шийки колінчатих валів майже всіх тракторних двигунів. До шліфування шийок приступають тільки після усунення інших дефектів колінчатого вала.

Шліфування на ремонтний розмір, як правило, виконують за одну операцію. Спочатку шліфують корінні шийки, а потім шатунні. Шатунні шийки звичайно шліфують на іншому верстаті, обладнаному центрозміщувачем, що забезпечують збіг осей шатунних шийок з віссю обертання верстата. При шліфуванні корінних шийок базовими є поверхні центрових отворів, і виконання цієї операції не представляє утруднень. При шліфуванні шатунних шийок у більшості ремонтних підприємств закріплюють колінчатий вал у патронах цент розміщувачів верстата, ухвалюючи за базові поверхні фланці під маховик і шийки під шків. При цьому погрішність базування буде складатися з погрішності установки в патронах і погрішності, що виникає в результаті розбіжності конструктивної й технологічної баз. У результаті значення сумарної погрішності тільки базування може досягати 0,07 мм і забезпечення розміру радіуса кривошипа з допуском 0,08... 0,10 мм не гарантується.

Забезпечення допуску непаралельності осей крайніх корінних, і шатунних шийок у межах 0,03 мм на довжині 100 мм також представляє утруднення. При ремонті колінчаті вали кріплять в, патрони двома способами: центрозміщувачі встановлюють на певний розмір радіуса кривошипа й шатунну шийку виставляють тільки в горизонтальній площині; центрозміщувачі не встановлюють на певний розмір, а шатунну шийку виставляють як у горизонтальній, так і у вертикальній площинах.

У першому випадку точність розміру радіуса кривошипа не забезпечується внаслідок погрішності установки, що перевищує допуск на розмір. У другому випадку досягається вихідна точність розміру радіуса кривошипа, але вноситься додаткова погрішність через одностороннє зношування шатунної шийки вала обробці, що підлягає.

З метою усунення розглянутих недоліків ГОСНИТИ розроблена конструкція центрозміщувачів з базуванням по крайніх корінних шийках погріш-

ність, що забезпечує, базування не більш 0,03 мм. Центрозміщувачі попередньо встановлюють на необхідний розмір радіуса кривошипа.

Згодом при шліфуванні шатунні шейки виставляються тільки в горизонтальній площині, для чого передбачене спеціальне пристосування. Що попередньо шліфується шейку встановлюють призмою, остаточно — індикаторним пристроєм. Показання індикатору повинні бути плюсовими й рівнятися половині припуску на шліфування. При остаточно відшліфованій шийці індикатор встановлюють «на нуль».

У центрозміщувачі колінчатий вал встановлюють крайніми корінними шейками на призми і закріплюють планками. Спочатку ставлять знімні півкільця, відповідні до розміру корінних шийок. Такі кільця передбачені для кожного розміру корінних шийок.

Шийки колінчатого вала шліфують алундовими або електрокорундовими шліфувальними колами на керамічному зв'язуванні зернистістю 16...60, твердістю СМ2, С1, СТ1 і СТ2.

Режим шліфування: колова швидкість - шліфувального кола- 25 ...35 м/с, околлова швидкість поверхні, що шліфується, - 18...25 м/хв (при шліфуванні корінних шийок) і 7... 12 м/хв (при шліфуванні шатунних шийок), поперечна подача кола - 0,003 ... 0,006 мм/об, поздовжня подача - 7... 11 мм/об.

Після шліфування одного-двох колінчатих валів рекомендується правити шліфувальні кола алмазним олівцем.

З метою запобігання появи мікротріщин при шліфуванні застосовують рясне охолодження. Струмінь охолодної рідини повинна повністю покривати робочу поверхню шліфувального кола. У якості охолодної рідини використовують 3...4%-вий розчин кальцинованої соди або емульсію (10 г емульсуючого масла на 1 л води).

Перед шліфуванням шийок на ремонтний розмір поглиблюють фаски масляних каналів і зачищають їх за допомогою переносної шліфувальної машини. Перед поліруванням шийок необхідно полірувати фаски. Остаточна операція механічної обробки колінчатих валів — полірування. Полірування

роблять на стенді 6749 для полірування колінчатих валів з використанням алмазної шліфувальної нескінченної стрічки АЛШБТУ88 УРСР ИСМ467-62 АС080/63-100% Р9.

Для доведення шийок колінчатих валів при більших програмах ремонту замість полірування застосовують суперфінішування. Для суперфінішування застосовують спеціальний напівавтомат 3875 До зі змінними налагодженнями для обробки колінчатих валів тракторних двигунів різних марок. Суперфінішування роблять абразивними брусками зернистістю 8...3. Найбільш ефективно суперфінішування алмазними брусками АБХ8Х ХЗХЗЗ, М=100. У якості охолодної рідини при суперфінішуванні звичайно застосовують суміш гасу з маслом, яка забезпечує не тільки охолодження, але й змазування оброблюваних поверхонь. Частота обертання колінчатого вала при суперфінішуванні - 31 і 61 об/хв, а число подвійних ходів осцилювання - 400 і 200 у хвилину.

Номер за каталогом: 238-1005015Г

Матеріал: сталь 50 Г-СШ ГОСТ 8479-70

Твердість 207 ...255 НВ; шийок – 54...57 НРС₃

Маса, кг: 94

В процесі експлуатації робочі поверхні вала зношуються під дією механічних, фізико-хімічних та інших факторів.

Найбільш часто зустрічаються такі дефекти колінчастого вала: згин, знос посадочних місць під противагу і шестерню, знос шпонкових пазів, знос корінних та шатунних шийок.

Перелік дефектів і способи їх усунення представлені у табл. 2.1.

Таблиця 2.1- Перелік дефектів колінчатого вала і способи їх усунення

№ п/п	Дефект	Спосіб усунення дефекту	
		Основний	Допустимий

1	Знос корінних шийок до Ø 108,7 мм	Електродугове наплавлення дротом ПП- 25X5 ФМС-0,	Електродугове наплавлення дротом НП-40 Х-12 під шаром
2	Знос шатунних шийок до Ø 86,7 мм	обробка до но- мінального роз- міру	флюсу, обробка до номінального розміру

2.3.2. План технологічних операцій відновлення валу

005 Шліфувальна (деф. 1,2)

Шліфування поверхонь 1 ...9 до виведення слідів зносу.

Верстат круглошліфувальний ЗА-423, 7100-0009 – патрон, 7032-0079 – напівцентр, 7032-0020 – центр упорний, 7107 -0005 – хомутик, 70-7132-1518 – центрозмішувач, круг шліфувальний ПП 1060 x 30 x 305 Э9А 25 ст 15к5, МК-125-1, МК-100-1 – мікрометри.

010 Слюсарна (деф. 1,2)

Заглушення отворів масляних каналів на шийках 1...9 графітовими заглушками.

Верстак слюсарний ОРГ-1468-01-060 А, викрутка слюсарна крестова, лінійка металева 0...100мм.

015 Напалювальна (деф. 2)

Наплавка поверхонь 6...9 порошковим дротом ПП 25x5 ФМС – 0 ГОСТ 2246-70.

Верстат напалювальний У-653 М, 70-7132-1518 – центрозмішувач, щітка металева, шаблон цеховий.

020 Пресова (деф.2)

Усунення згину валу.

Шахтна піч СШО-10.10/ІОМІ, підсвітка – цехова, прес гідравлічний 2135-І, пристрій-цеховий, стійка С-ІУ, ИЧ-2-індикатор годинникового типу, кліщі – цехові.

025 Наплавлювальна (деф І)

Наплавка поверхонь 1...5 порошковим дротом ПП 25x5 ФМС-О ГОСТ2246-70.

Верстат наплавлювальний У-653 М, 70-7132-1518-центрозміщувач, щітка металева, шаблон – цеховий.

030 Шліфувальна (деф.1,2)

Шліфування поверхонь 1...9.

Обладнання та інструменти див. операцію 005, круг шліфувальний ПП 1060x30x305 14А32-ПСМі-С2.

035Свердлильна (деф.1,2)

Вскриття масляних каналів шийок 1 зняття фасок на отворах.

Верстат радіально-свердлильний 2М55, кондуктор-цеховий, набір інструмента 53 ИН-280, 2301-1320-свердло.

040Суперфінішувальна (деф. 1,2)

Суперфінішна обробка поверхонь 1...9.

Верстат суперфінішний 3875 К, 70-7132-1518-центрозміщувач, бруски 25АМ20 СМ2-С1 7к6 (ГОСТ 2456-82), МК-125-1, МК-100-1-мікрометри, зразки шорсткості.

045 Контрольна

Контроль якості наплавки і механічної обробки згідно вимог креслення.

Стіл УЧ29700.00.000, прилад ПБП-1000, комплект засобів вимірювання 03,06-133 «Ремдеталь»

2.3.3 Вибір режимів технології відновлення колінчастого валу і розрахунки норм часу

Вибір режимів операцій технології відновлення шийок колінчастого валу проводимо виходячи з технічних характеристик обладнання, яке використовуємо, а також за рекомендаціями (2,3).

Норми часу визначаємо використовуючи методи технічного нормування, а також типові норми на механічну обробку і слюсарні роботи (1).

005 Шліфувальна

Перехід 1...5. Шліфувати поверхні 1...5 з Ø108,6 мм до Ø108,3 мм на довжині 50ммx5.

Перехід 6...9. Переустановити вал в центрозмішувачах і шліфувати поверхні 6...9 з Ø86,6мм до Ø86,3 мм на довжині 72 мм x4.

Визначаємо режим шліфування:

$$h = \frac{d_1 - d_2}{2} = \frac{108.6 - 108.2}{2} = 0.2 \text{ мм}, S_{\text{пол}} = 0,04 \text{ мм}, V = 23 \text{ м/хв.} \quad (2.1)$$

$$S_{\text{пр}} = B_k \cdot \beta = 30 \cdot 0,3 = 9 \text{ мм/об}, i = \frac{h}{S_{\text{пол}}} = \frac{0,2}{0,04} = 5, \quad (2.2)$$

$$n^{1...5} = \frac{318 \cdot V}{d} = \frac{318 \cdot 23}{108.6} = 67 \text{ хв}^{-1} \quad (2.3)$$

Основний час шліфування визначаємо за формулою:

$$T_0^{1..5} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_{\text{пр}}} \cdot K_3 = \frac{50 + 3 + (50 - 3) \cdot 4 \cdot 0,5}{67 \cdot 9} \cdot 1,2 = 1,32 \text{ хв.} \quad (2.4)$$

де L – довжина повздовжнього ходу столу:

- при шліфуванні на прохід, $L = 1 + (0,2...0,4)B_k$;

- при шліфуванні в упор, $L = 1 - (0,4...0,6)B_k$;

l – довжина оброблюваної поверхні;

k – коефіцієнт точності (для чорнового шліфування складає 1,1; для чистового – 1,4).

$$T_0^{6..9} = \frac{(2-30) \cdot 4 \cdot 5}{84 \cdot 9} \cdot 1,2 = 1,33 \text{ хв.}$$

$$T_0 = 1,32 + 1,33 = 2,65 \text{ хв}$$

Допоміжний час на встановлення і зняття деталі і зв'язаний з проходом складає:

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{доп1}} + T_{\text{доп2}} \quad (2.5)$$

$$T_{\text{доп}}^{I(1..5)} = 3,2 \text{ хв.}, \quad T_{\text{доп}}^{II(1..5)} = 1,2 + (0,7 \cdot 4) + (0,05 \cdot 20) = 5 \text{ хв}$$

$$T_{\text{доп}}^{I(6..9)} = 3,2 + (0,2 \cdot 3) = 3,8 \text{ хв. (з урахуванням часу на повертання вала на 90°)}$$

$$T_{\text{доп}}^{II(6..9)} = 1,2 + (0,7 \cdot 3) + (0,05 \cdot 16) = 4,1 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{доп}} = 3,2 + 5,0 + 3,8 + 4,1 = 16,1 \text{ хв}$$

Оперативний час операції визначаємо за формулою:

$$T_{\text{доп}} = T_0 + T_{\text{доп}} = 2,65 + 16,1 = 18,75 \text{ хв} \quad (2.6)$$

Додатковий час операції визначаємо за формулою:

$$T_{\text{дод}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot K}{100} = \frac{18,75 \cdot 9}{100} = 1,69 \text{ хв.} \quad (2.7)$$

Підготовче-заключний час операції складає:

$$T_{пз}=8\text{хв.}$$

Норми часу на операцію визначаємо за формулою:

$$T_n = T_o + T_{доп} + T_{дод} + T_{пз}/n = 2,65 + 16,1 + 1,69 + 8/8 = 21,4\text{хв.} \quad (2.8)$$

010 Слюсарна

Перехід 1...9. Заглушити отвори масляних каналів на шийках графітовим заглушками.

Норма часу на операцію складає:

$$T_n = 0,43 \cdot 9 = 3,9\text{хв}$$

015 Наплавлювальна

Перехід 1...4. Наплавити поверхні 6...9 з $\varnothing 86,3$ мм до $\varnothing 89,6$ мм на довжині 72мм x4.

Режим наплавки:

- товщина наплавлювального шару металу, мм	-2
- діаметр електродного дроту, мм	-3
- Напруга дуги, В	-16...18
- Сила струму, А	-140...150
- Швидкість наплавки	-0,75
- Шаг наплавки, мм	-7

$$n = \frac{318 \cdot 0,75}{86,3} = 3\text{хв.}^{-1}$$

Основний час наплавки визначаємо за формулою:

$$T_0^{1...4} = \frac{L \cdot i}{n \cdot S} = \frac{(72 \cdot 4) \cdot 1}{3 \cdot 7} = 13,71 \text{ хв} \quad (2.9)$$

$$T_{\text{доп}}^1 = 1,4 + (0,2 \cdot 3) = 2,0 \text{ хв.}, \quad = \quad 0,6 \cdot 4 = 2,4 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{доп}} = 2,0 + 2,4 = 4,4 \text{ хв}$$

$$T_{\text{оп}} = 13,71 + 4,4 = 18,11 \text{ хв}$$

$$T_{\text{дод}} = \frac{18,11 \cdot 15}{100} = 2,72 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{пз}} = 16 \text{ хв.}$$

$$T_H = 13,71 + 4,4 + 2,72 + 16/8 = 22,8 \text{ хв}$$

020 Пресова

Перехід 1. Загрузити вал в шахтну піч, яка нагріта до $T=600^\circ\text{C}$ і витримати 30 хв.

Перехід 2. Встановити вал у пристрій на пресі і правити до усунення згину.

$$T_{\text{ум}}^1 = \frac{30}{8} = 3,75 \text{ хв.}, \quad T_{\text{пз}} = \frac{15}{8} = 1,87 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{ум}}^2 = 4 \text{ хв.}, \quad T_{\text{пз}} = \frac{10}{8} = 1,25 \text{ хв.}$$

$$T_H = 3,75 + 1,87 + 4,0 + 1,25 = 10,9 \text{ хв}$$

025 Наплавлювальна

Перехід 1 ... 5. Наплавити поверхні 1 ... 5 з $\varnothing 108,3$ мм до $\varnothing 111,6$ мм на довжині 50 мм х 5.

$$n = \frac{318 \cdot 0,75}{108,3} = 3 \text{ хв.}^{-1}$$

$$T_0^{1..5} = \frac{(50 \cdot 5) \cdot 1}{3 \cdot 7} = 11,9 \text{ хв}$$

$$T_{дон}^I = 1,4 \text{ хв.}, \quad T_{дон}^{II} = 0,6 \cdot 5 = 3,0 \text{ хв.}$$

$$T_{дон} = 1,4 + 3,0 = 4,4 \text{ хв.}$$

$$T_{он} = 11,9 + 4,4 = 16,3 \text{ хв.}$$

$$T_{доо} = \frac{16,3 \cdot 15}{100} = 2,44 \text{ хв.}$$

$$T_{нз} = 16 \text{ хв.}$$

$$T_H = 11,9 + 4,4 + 2,44 + \frac{16}{8} = 20,7 \text{ хв}$$

030 Шліфувальна

Перехід 1 ...5. Шліфувати поверхні 1 ...5 з $\varnothing 111,6$ мм до $\varnothing 110^{-0,002}$ мм на довжині 50 мм х 5.

Перехід 6 ...9. Шліфувати поверхні 6 ... 9 з $\varnothing 89,6$ мм до $\varnothing 88^{-0,002}$ мм на довжині 72 мм х 4.

Визначаємо режим шліфування:

$$h = 0,8 \text{ мм}, \quad S_{\text{поп}} = 0,01 \text{ мм}, \quad V = 35 \text{ м/хв.}$$

$$S_{np} = 30 \cdot 0,3 = 9 \text{ мм/об.} \quad i = \frac{0,8}{0,01} = 80$$

$$n^{1..5} = \frac{318 \cdot 35}{11,6} = 100 \text{ хв.}^{-1}, \quad n^{6..9} = \frac{318 \cdot 35}{89,6} = 124 \text{ хв.}^{-1}$$

$$T_0^{1..5} = \frac{[30+3] + 100 [60-30] \cdot 4 \cdot 80}{100 \cdot 9} \cdot 1,4 = 16,55 \text{ хв.}$$

$$T_0^{6..9} = \frac{[72-30] \cdot 4 \cdot 80}{124 \cdot 9} \cdot 1,4 = 16,86 \text{ хв.}$$

$$T_0 = 16,55 + 16,86 = 33,41 \text{ хв.}$$

$$T_{дон} = 16,1 \text{ хв.} \quad \text{⊖ в. операцію 005}$$

$$T_{он} = 33,41 + 16,1 = 49,51 \text{ хв.}$$

$$T_{дод} = \frac{49,51 \cdot 9}{100} = 4,45 \text{ хв.}$$

$$T_{нз} = 8 \text{ хв.}$$

$$T_H = 33,41 + 16,1 + 4,45 + \frac{8}{8} = 55 \text{ хв.}$$

035 Свердлильна

Перехід 1...9. Вскрити масляні канали шийок валу.

Перехід 10...19. Зняти фаску на отворах масляних каналів шийок валу.

$$T_H^{1..9} = 0,43 \cdot 9 = 3,9 \text{ хв.}$$

Для переходів 10...19 визначаємо режим обробки:

$$S = 0,5 \text{ мм/об.},$$

$$V = 23 \text{ м/хв.},$$

$$V_p = 23 \cdot 0,62 \cdot 0,95 = 13,5 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{318 \cdot 13,5}{25} = 172 \text{ хв.}^{-1}$$

$$T_0^{10...19} = \frac{2,5 \cdot 5}{172 \cdot 0,5} \cdot 9 = 0,78 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{доп}}^I = 1,4 + (0,12 \cdot 8) = 2,36 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{доп}}^{II} = 0,12 + (0,05 \cdot 8) = 0,62 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{дод}} = \frac{3,66 \cdot 6}{100} = 0,22 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{пз}} = 4 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{н}} = 0,78 + 2,88 + 0,22 + 4/8 = 4,38 \text{ хв.}$$

$$T_3 = 3,9 + 4,38 = 8,3 \text{ хв.}$$

040 Суперфінішувальна

Перехід 1...5. Суперфінішувати поверхні 1...5 з $\text{Ø}110^{-0,02}$ мм до $\text{Ø}110^{0,022}$ мм на довжині 50 мм х 5.

Перехід 6...9. Суперфінішувати поверхні 6...9 з $\text{Ø}88^{-0,002}$ мм до $\text{Ø}88^{-0,022}$ мм на довжині 72 мм х 4.

Визначаємо режим обробки:

$$n = 60 \text{ хв.}^{-1}, S_{\text{поп}} = 0,003 \text{ мм}, S_{\text{пр}} = 9 \text{ мм/об.}, i = 7$$

$$T_0^{1...5} = \frac{[50 + 3] + (50 - 30) \cdot 4 \cdot 7}{60 \cdot 9} \cdot 1,7 = 2,93 \text{ хв.,}$$

$$T_0^{6...9} = \frac{2 - 30 \cdot 4 \cdot 7}{60 \cdot 9} \cdot 1,7 = 3,7 \text{ хв.},$$

$$T_o = 2,9 + 3,7 = 6,63 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{доп}} = 16,1 \text{ хв. (див. операцію 005)}$$

$$T_{\text{оп}} = 6,63 + 16,1 = 22,73 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{дод}} = \frac{22,73 \cdot 9}{100} = 2,04 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{пз}} = 8 \text{ хв.}$$

$$T_n = 6,63 + 16,1 + 2,04 + 8/8 = 25,8 \text{ хв.}$$

Норма часу на відновлення колінчастого валу складає:

$$T_{\text{НВ}} = 21,4 + 3,9 + 22,8 + (10,9 \cdot P,28) + 20,7 + 55 + 8,3 + 25,8 = 160,95 \text{ хв.} \quad 2,6$$

ГОДИНИ

При розробці технологічної документації на відновлення колінчастого валу розробляємо маршрутну карту на дефекти, які вказані в ремонтному кресленні, а також операційну карту наплавки.

Режими наплавлення за базовою та новою технологією наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2- Режими наплавлення

№	Параметр	Одиниця вимірювання	Технологія	
			Базова	Розроблена
1	Товщина наплавлювального шару металу	мм	2	2
2	Діаметр електродного дроту	мм	3	3
3	Напруга дуги	В	16	16
4	Сила струму	А	140	140
5	Швидкість наплавки	м/хв	0,75	0,75
6	Крок наплавки	мм	7	7
7	Частота обертання	хв ⁻¹	3	3
8	Основний час наплавки	хв	13,71	11,9
9	Норма часу на операцію	хв	22,8	20,7

Таким чином розроблена технологія зменшує час наплавлення на 8,7 %, що є досить непоганим показником.

На рис. 2.15 наведено залежність діаметру деталі від величини струму наплавлення.

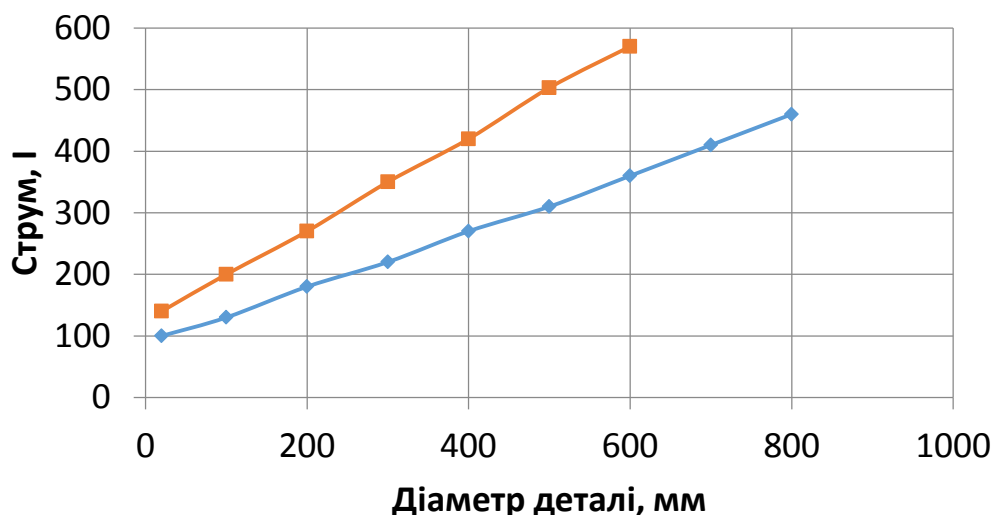


Рис. 2.15. Залежність діаметру деталі від величини струму наплавлення
За обраною величиною струму підбирають необхідний діаметр дроту.

2.4. Висновок

Проаналізовано експлуатаційну надійність деталей двигунів та види зносу і причини виходу їх з ладу. Також визначено оптимальний спосіб відновлення деталей наплавленням антифрикційних матеріалів на сталеву поверхню. Тобто міді та бронзи на сталь.

Розроблено технологію відновлення колінчатого валу з використанням наплавлення бронзи на сталеву шийку валу. Час відновлення валу за новою технологією склав 2.6 години, що на 8,7 % менше базової технології.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ВІДНОВ- ЛЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВКЛАДИШВ КОЛІНЧАТОГО ВАЛУ НАПЛАВЛЕННЯМ БРОНЗИ НА СТАЛЬ

Зміни фізико-механічних властивостей поверхневого шару, що відбуваються в процесі ЕІО, обумовлені, у тому числі, і змінами у фазовому й структурному складах матеріалів, що наносяться на поверхні й підложки. Для дослідження даних змін у роботі використовувалися методи металографічного й рентгеноструктурного аналізу, растрової електронної мікроскопії.

3.1. Програма і загальна методика експериментальних досліджень

Увесь обсяг експериментальних досліджень розділений на три етапи. На першому етапі проводився літературний аналіз причин відмов двигунів КамАЗ-740, що були в експлуатації, а також методів і технологій відновлення його роботоzдатності. Виявлено, що в більшості випадків відбувається зношування тертьових поверхонь "шийка кол. валу-вкладиш" й оптимальним для їхнього відновлення є метод електроіскрової обробки (ЕІО). Додатково проведений огляд робіт, у яких досліджується зв'язок параметрів структури й субструктури з експлуатаційними параметрами покриттів, що наносяться.

На другому етапі проводилося нанесення на зношені деталі покриття зі сталі 65Г і Св 08 методом ЕІО, експериментальне визначення фазового й хімічного складу модифікованого поверхневого шару, їх вплив на властивості покриттів, виявлялася мікроструктура й зміни величини мікротвердості по глибині покриття, визначались параметри субструктури й напружений стан утвореної поверхні, досліджувались триботехнічні характеристики одержуваних пар тертя.

Далі встановлювався взаємозв'язок фізико-механічних параметрів підложки покриттів.

Третій етап складався з розробки рекомендацій і виправлень до існуючої технології відновлення й зміцнення поверхні шийок колінчатого валу і вкладиша, яка дозволяє забезпечувати відповідні значення робочих показників нової деталі, установлених у технічних умовах, при дотриманні правил експлуатації. Також проведений розрахунок техніко-економічної ефективності запропонованих рекомендацій.

Збір інформації про технічний стан двигунів проводився як безпосередньо в господарствах, так і в спеціалізованих майстернях по їх ремонту.

Зняті з автомобіля двигуни перевірялися на стендах марки КС-276-03 з застосуванням відповідних пристроїв.

Шийки покривались сталлю 65Г та Св 08 на установці "Елітрон 22Б" яка модифікована під токарно-гвинторізний верстат для обробки циліндричних поверхонь.

Триботехнічні характеристики відновлених зразків знімалися на машині Гросселя "МІ-2".

Кількість дослідів при проведенні лабораторних досліджень визначалась за умов забезпечення надійності 0,90 и помилки до 10% взятою частках стандартів.

Зважаючи на те що не було даних для встановлення необхідної повторності дослідів, приймалась трійна повторність як мінімальна.

Визначення граничних значень структурних параметрів технічного стану виконувалось по методиці, дозволяючи визначити взаємозв'язок між їх якістю відновлення та втратою робочої рідини, а також працездатністю двигуна.

З метою скорочення об'єму робіт при визначенні функціональних залежностей параметрів технічного стану від наробітку застосовувався статистичний метод, при якому збір інформації проводився при періодичних спостереженнях (разових обстеженнях) двигунів. Згідно рекомендаціям кількість

двигунів вибиралась з умови отримання оцінок показників надійності з довірчою імовірністю 0,9 і відносною похибкою 0,15.

При проведенні дослідів у якості робочої рідини використовувалось масло моторне МГ-10К2 (ТУ 38101.179-71). Агрегати випробувались маслом в кількості, передбаченою заводськими вимогами. Температура його у продовж дослідів підтримувалась у межах $90^{\circ}+5^{\circ}\text{C}$.

Обробка даних, отриманих внаслідок експериментів, виконувалась з застосуванням метода найменших квадратів. Вибір апроксимуючих функцій здійснювався з урахуванням максимальної згоди з експериментальними даними.

Рішення усіх задач експериментальних досліджень виконується по сліду чим часним методикам.

3.2. Характеристика установки ЕІО й методика формування зміцнених та відновлених поверхонь

Для електроіскрової обробки матеріалів використовують численні схеми генераторів імпульсного струму й напруги, що відрізняються друг від друга принципом дії й технологічним ефектом [33].

Установка «Элитрон-22Б»- з роз'єднаним генератором імпульсного струму призначена для ЕІО зношених поверхонь деталей, таких, як посадкові місця валів, корпусів під підшипники, шестірні, манжети, муфти, шлицьові з'єднання, юбки й бобишка поршнів, гільзи циліндрів, поршневі пальці (у механізованому режимі), нижні головки шатунів, корінні опори блоку циліндрів, корпуса вакуумних і масляних насосів, робочі поверхні гвинтів і електричних контактів, і т.д., а також для зміцнення робочих поверхонь деталей і різального інструмента.

Значення амплітуди імпульсів напруги на накопичувальних конденсаторах, енергії розряду й середнього значення зарядного струму наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Енергетичні характеристики установки «Елітрон-22БМ»

Найменування параметра	Режими установки				
		2	3	4	5
Середнє значення зарядного струму, А	0,3	0,4	0,6	2,6	3,8
Амплітуда напруги на накопичувальному конденсаторі, В	45	67	67	96	96
Ємність накопичувальних конденсаторів, мкФ $\pm 30\%$	60 \pm 20	60 \pm 20	60+20	360 \pm 120	360+120
Енергія розряду, Дж	0,06	0,13	0,28	0,81	1,66
Частота вібрації електрода, Гц	150-350				
Амплітуда коливання електрода, мм	1-10				
Тривалість затримки імпульсів, мс	0,2-3,5				

Кількість матеріалу, що наноситься на робочу поверхню деталі, а отже, збільшення її розмірів, залежить від кількості й потужності (енергії) імпульсів. При нанесенні покриттів на режимах з великою енергією розряду на початку процесу переноситься найбільша кількість металу, а надалі його кількість різко зменшується. Час найбільшого переносу матеріалу залежить від хімічного складу електродів, матеріалу деталей і електромеханічних властивостей інструментів для нанесення покриттів, зокрема вібраторів.

При використанні установки типу «Елітрон-22Б» для ЕІО можна нанести якісне покриття товщиною до 0,3 мм із глибиною дифузійного шару до 0,6 мм. Дана установка входить до складу електроіскрового комплексу БІГ-3 (рис. 3.1).

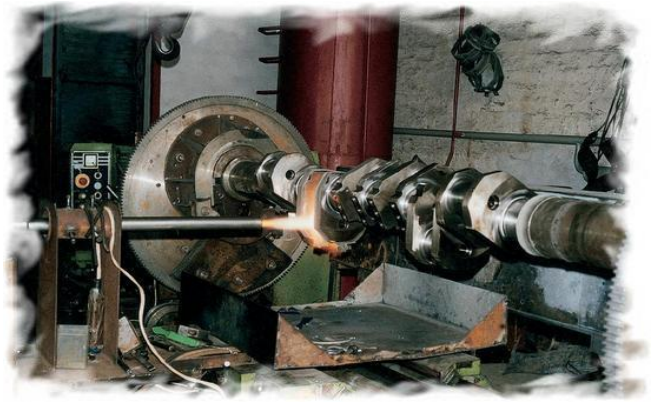


Рис. 3.1. Установка для електроіскрового наплавлення циліндричних поверхонь

3.3. Обробка результатів вимірів

Дослідження твердості сформованих при ЕІО покриттів, їх товщини й інших параметрів внаслідок неоднорідності структури пов'язане з досить великими похибками результатів вимірів. Тому для одержання достовірних даних необхідно робити багаторазові виміри досліджуваних характеристик.

Результати вимірів оброблялися методами статистичної обробки експериментальних даних [34].

Середнє значення емпірично отриманих вимірів визначали по формулі:

$$X = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (3.1)$$

де X_i — випадкова величина проведеного виміру;

N — кількість вимірів.

Емпіричну дисперсію S^2 обчислювали по формулі:

$$S^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N m_i x_i - x^2 \quad (3.2)$$

де m_i — відносна частота.

Середнє квадратичне відхилення σ_x знаходимо по формулі:

$$\sigma_x = \frac{S}{\sqrt{N-1}} \quad (3.3)$$

Задавши коефіцієнт надійності $\beta = 0,9-0,95$, визначали границі довірчого інтервалу:

$$\Delta X = t_\beta \cdot \sigma_x \quad (3.4)$$

де t_β - коефіцієнт Стьюдента, обумовлений для різних значень вибірки.

3.4. Триботехнічні випробування відновлених пар тертя

Трибо логічні випробування проводились на машині тертя Тимкена, яка складеться з електродвигуна, ролика та навантажувального механізму (рис. 3.2). Модифікація машини Тимкена полягала в заміні сталевго блоку квадратного перетину на сталевий циліндр довжиною 24 мм і діаметром 8 мм [35].

Таким чином, відбувається тертя сталевго кільця по сталевому роликові. Заміна блоку квадратного перетину на циліндричний дозволяє, за рахунок зменшення розмірів (площі) плями контакту, добитися більшого значення тиску в зоні тертя.

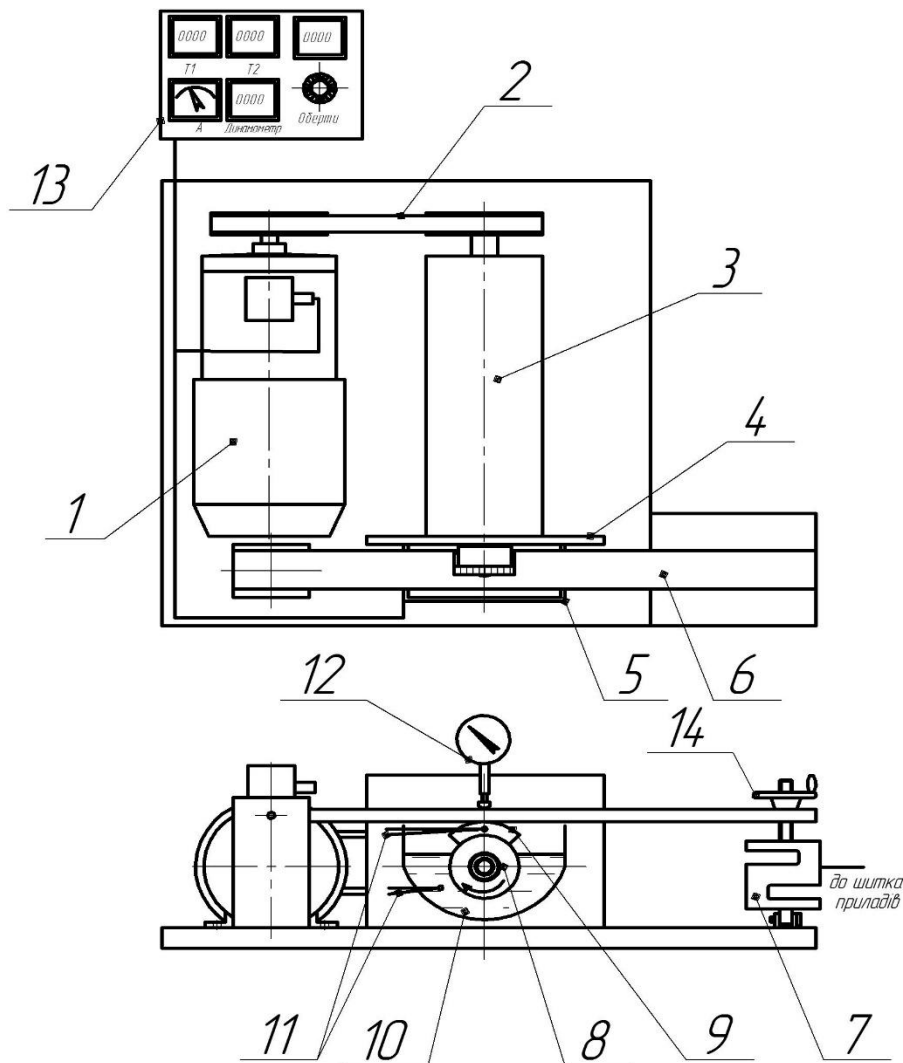


Рис. 3.2. Установа для випробування присадок

1 – електродвигун, 2 – пасова передача, 3 – підшипниковий блок, 4 – плита, 5 – чаша, 6 – навантажувальний важіль, 7 – динамометр, 8 – дисковий контр зразок, 9 – зразок, 10 – рідина, 11 – датчики температури, 12 – індикатор годинникового типу, 13 – вимірювальний блок, 14 – маховик.

Пристрій працює наступним чином. Попередньо підготовлений зразок 9 встановлюється у тримач навантажувальної важелю 6 і опирається на дисковий контр зразок 8 який встановлений на вал підшипникового блоку 3, до зразка 9 і у чашу 5 встановлено датчики температури 11, за необхідності чаша 5 заповнюється рідиною 10 потім вмикається електродвигун 1 і обертає вал підшипникового блоку 3 за допомогою пасової передачі.

Далі зразок 9 притискається до дискового контр зразка 8, зусилля притискання регулюється обертанням маховика 14, а контролюється динамомет-

ром 7, далі знімаються показники експерименту за допомогою вимірювального блоку 13. Вимірювальний блок 13 містить табло контролю температури, регулятор обертів електродвигуна 1, а також табло яке показує прикладене навантаження. Контроль лінійного зносу відбувається за допомогою індикатора годинникового типу 12.

На установці можливе випробування зразків як на суху так і з зануренням у рідину.

Машина тертя вдало пройшла випробування на кафедрі "Надійності і ремонту машин" Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Також на машину тертя отримано патент № 144310 [35].



Рис. 3.3. Машина тертя

До машини тертя також додані системи реєстрації даних температури й виміру електричної потужності, що споживається електродвигуном машини тертя. Значення температури в зоні тертя й електричної потужності, прямо пропорційної витраті потужності на подолання роботи сил тертя, є важливими додатковими параметрами. Така конструкція є більш вдалою установкою, і результати випробувань несуть найбільш інформативний характер.

Для триботехнічних випробувань проводили визначення оптимального навантаження R_{opt} . (при якій коефіцієнт тертя для даної пари поверхонь мі-

німальний $f = f_{\min}$), максимального навантаження $R_{\text{мп}}$. (характеризує предзадирний стан). У таблиці 3.2 представлені результати випробувань на припрацьовуваність.

Таблиця 3.2 - Зведена таблиця випробувань на припрацьовуваність

основа	електрод	номер режиму обробки	швидкість подачі, мм/ об	$R_{\text{мп}}$, МПа	$R_{\text{опт}}$, МПа	f_{\min}
20X	65Г	1	0,080	14	8	0,082
20X	65Г	2	0,114	14	10	0,071
20X	65Г	3	0,193	16	8	0,058
20X	65Г	4	0,260	12	7	0,076
20X	08	1	0,080	16	10	0,071
20X	08	2	0,114	14	8	0,069
20X	08	3	0,193	18	10	0,064
20X	08	4	0,260	14	8	0,074

Тривалі стаціонарні випробування по визначенню інтенсивності зношування досліджуваних поверхонь здійснювалися при оптимальних навантаженнях $R_{\text{оп}}$ для кожної досліджуваної пари. Результати представлені на рис. 3.4, 3.5.

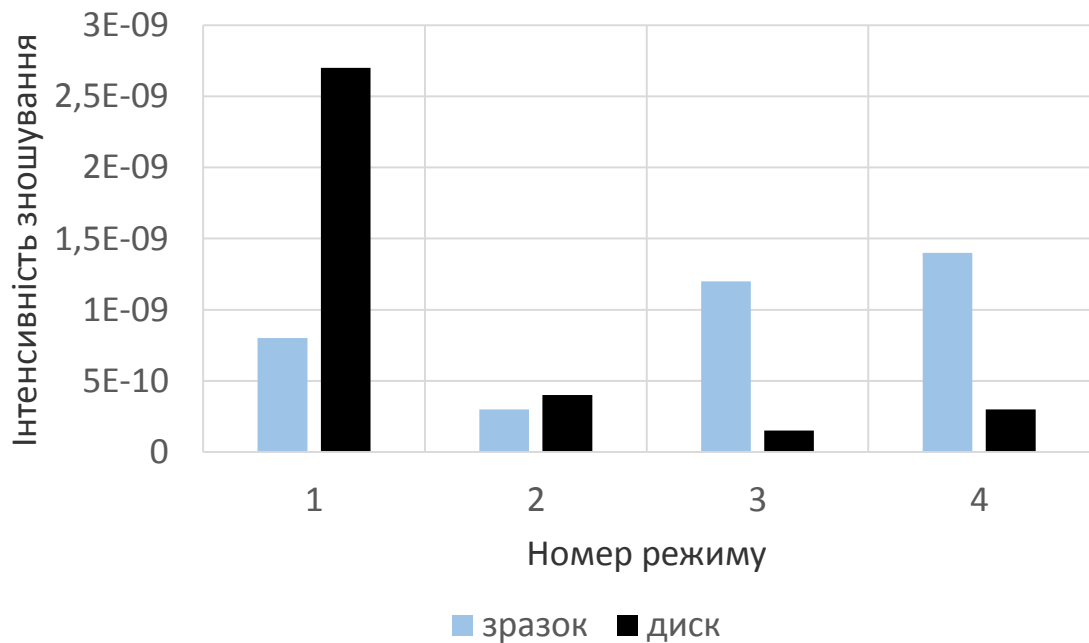


Рис. 3.4. - Порівняльний графік інтенсивностей зношування зразка (20X + покриття 65Г) і диску (алюмінієва бронза Бр. ОЦС 4-4-425)

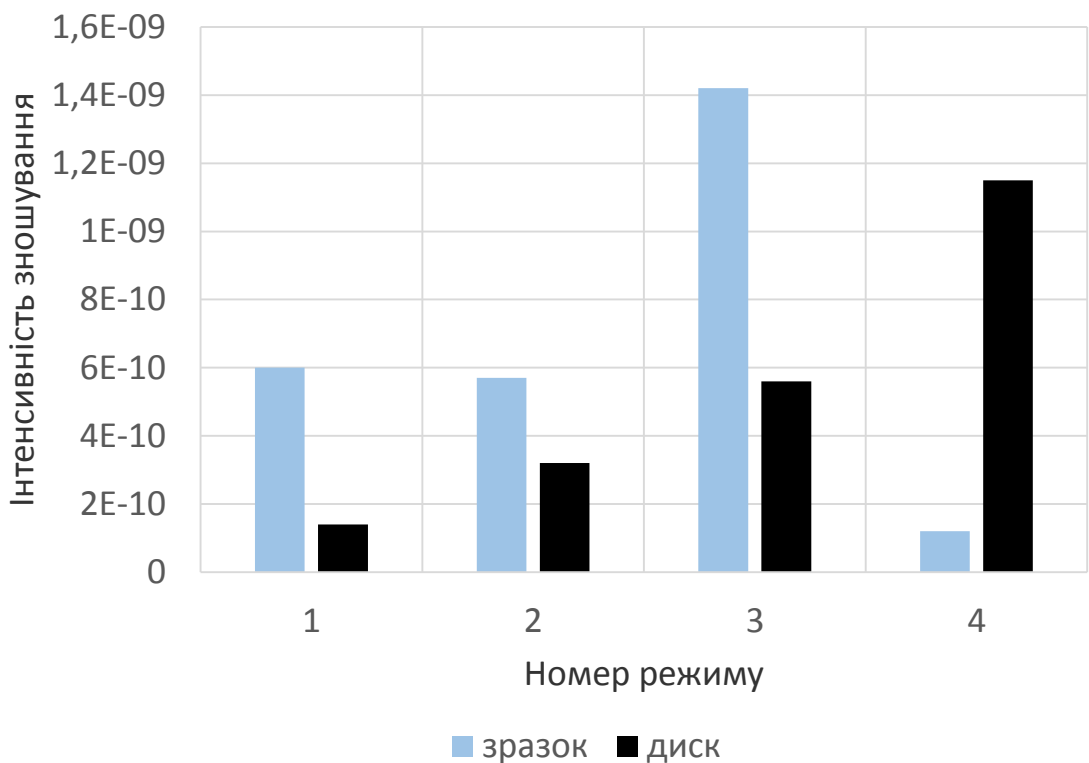


Рис. 3.5 - Порівняльний графік інтенсивностей зношування зразка (20X + покриття 08) і диска (алюмінієва бронза Бр. ОЦС 4-4-425)

Варто помітити, що для зразків, отриманих обробкою електродами зі сталі 65Г при швидкостях подачі 0,193 мм/об й 0,26 мм/об й сталь 08 при

швидкостях подачі 0,08 мм/об й 0,193 мм/об, інтенсивність зношування покриття перевищує інтенсивність зношування диску.

З порівняння сумарної інтенсивності зношування (Рис. 3.6, 3.7) випливає, що найбільшому зношуванню піддалися пари тертя, отримані обробкою електродом зі сталі 65Г у першому режимі (швидкість подачі 0,08 мм/об) і 08 у третьому режимі (швидкість подачі 0,193 мм/об). Найменше зношування визначене для зразків, отриманих при режимах 2 (швидкість подачі 0,114 мм/бо) і 1 (швидкість подачі 0,08 мм/об) для 65Г и Св 08 відповідно.

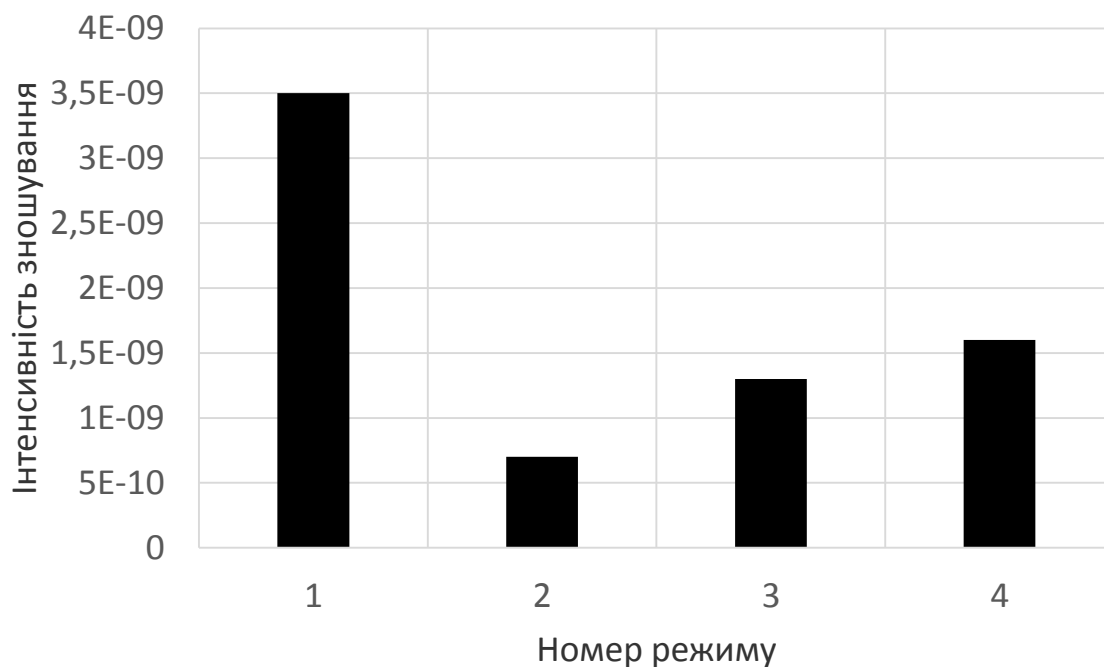


Рис. 3.6. Порівняння сумарної інтенсивності зношування для пари тертя зразок (20Х + покриття 65Г) - диск (алюмінієва бронза Бр. ОЦС 4-4-425)

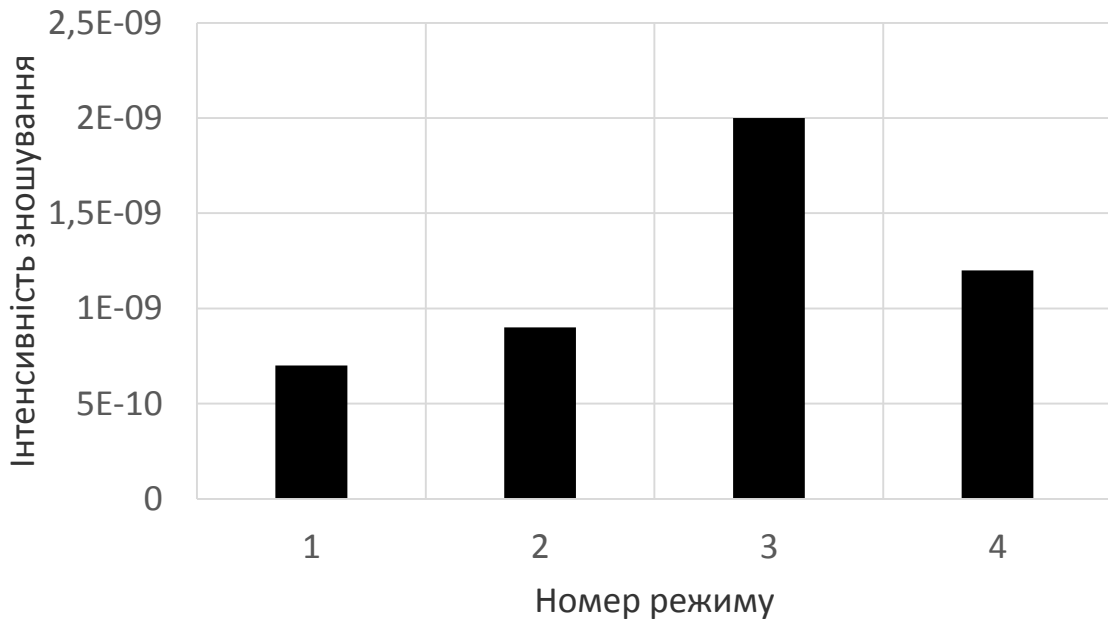


Рис. 3.7. Порівняння сумарної інтенсивності зношування для пари тертя зразок (20X + покриття Св 08) - диск (алюмінієва бронза Бр. ОЦС 4-4-425)

Порівняльну оцінку здійснювали по факторі зношування Φ (таблиця 3.3).

Аналіз отриманих даних показав, що для пари тертя «покриття 65 Г-диск» визначається немонотонна залежність фактора зношування від швидкості подачі й до певної міри обернено пропорційна значенням величини макронапруг. Мінімальне значення відповідає швидкості подачі 0,114 мм/об.

Для пари тертя «покриття Св 08-диск» залежність також немонотонна, але прямо пропорційна значенням величини макронапруг. Максимальне значення відповідає швидкості подачі 0,193 мм/об.

Таблиця 3.3 - Фактор зношування

швидкість подачі, мм/об	фактор зношування Φ , $\times 10^{-10}$ МПа ⁻¹	
		Св 08
0,080	4,33	0,66
0,114	0,70	1,16
0,193	1,60	2,01
0,260	2,26	1,48

3.5. Висновок

Оптимальне співвідношення мікротвердостей поверхонь, при якому чинник зносу має мінімальне значення, під час нанесення протизносних біметалічних покриттів відбувається ефект зміцненні сталі до мікротвердості $H_{\mu} = 2510$ МПа. Значення чинника зносу пари відновленої біметалічним двошаровим покриттям в 10,23 раз менше ніж у відновленої за базовою технологією.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Загальні відомості про охорону праці в ФГ "Нива"

В господарстві налагоджена служба охорони праці, яка забезпечує створення здорових і безпечних умов на робочих місцях, розробку і використання комплексних планів по покращанню умов праці згідно [36].

Відповідальність за організацію роботи по охороні праці і заходи безпеки в господарстві несе директор господарства, по галузям – головні спеціалісти, по виробничим дільницям і підрозділам – їхні керівники. Структура служби охорони праці наведено на рис. 4.1.

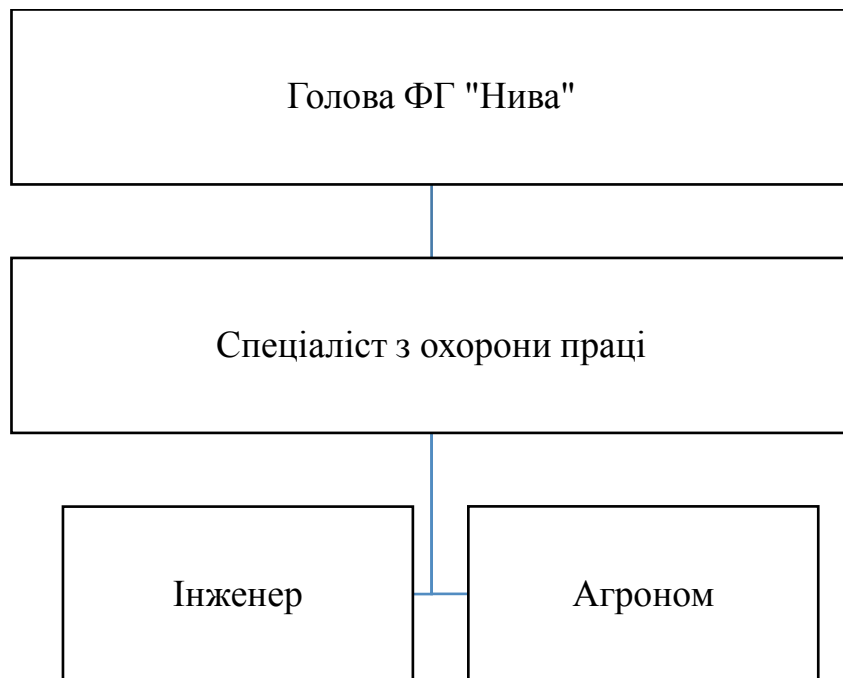


Рис. 4.1. Організаційна схема управління службою охорони праці

Так в господарстві діє чітка організаційна структура функціонування служби охорони праці. Як зазначалось вище відповідальність за стан охорони праці несе директор господарства, він затверджує плани та заходи з робіт по охороні праці, які розробляє та подає на затвердження спеціаліст з охорони праці.

ФГ "Нива" має в своєму складі два напрямки; служба механізації і

польові бригади (служба головного інженера).

Відповідно керівники цих підрозділів є відповідальними особами за стан охорони праці на відповідній ділянці роботи. Вони керуються рекомендаціями та нормами розробленими спеціалістом з охорони праці.

В господарстві щорічно заключається колективний договір і проводиться страхування згідно Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування" [37]. У колективному договорі взаємні обов'язки адміністрації і трудового колективу, адміністрації й профспілкового комітету відображені у вигляді окремих розділів, які направлені на розвиток й підвищення ефективності виробництва, збільшення госпрозрахункового доходу, прибутку підприємства, забезпечення інтересів і потреб трудящих, культурно - виховну і спортивно - масову роботу.

4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів в ремонтній майстерні господарства

Ремонтна майстерня має 8 приміщень, це дільниці та складські приміщення. Зовнішні входи і виходи у виробничі приміщення майстерні мають тамбури з тепловими завісами для запобігання протягів, двері приміщень обладнані пристроями для самозакриття. Проходи між стелажми і шафами забезпечують вільний прохід робочому персоналу і мають ширину 1.20 м.

Відповідальним за стан охорони праці в майстерні є її завідуючий. В кабінеті завідуючого знаходиться спеціалізоване місце по охороні праці. Обладнане плакатами. Де проводиться первинний і повторний інструктаж по техніці безпеки та на робочому місці згідно [38].

Контроль за станом охорони праці в центральній ремонтній майстерні веде спеціаліст по охороні праці господарства.

На виробничих місцях знаходяться інструкції по безпечній праці при виконанні ремонтних робіт, забезпеченість аптечками першої медичної допомоги недостатнє, (а на багатьох виробничих місцях відсутнє).

Робітники майстерні забезпечені засобами індивідуального захисту і спецодягом.

У виробничих приміщеннях майстерні використовуються електричні джерела живлення напругою 220 і 380 В.

Всі електричні установки, металеві частини електрообладнання, корпуси електродвигунів, генераторів, каркаси розподільних щитів, рубильників магнітних пускачів, металеву ізоляцію кабелів надійно заземлено згідно ДНАОП 0.00-1.21-98 [39].

В приміщенні ремонтної майстерні обладнані вантажопідйомні транспортні засоби (монорейка, вантажопідйомність якої становить $Q=0.5$ т., і кран балка $Q=5$ т.). Вантажопідйомні засоби регулярно випробуються (останнє випробування проводилось 11.02. 2017 р.)

Виробничі приміщення обладнані системами вентиляції та опалення, вентиляція в майстерні в основному природна, за виключенням декількох відділень (кузня, ремонту і зарядки акумуляторів), в яких встановлена витяжна вентиляція, опалення – центральне водяне високого тиску.

Система освітлення в майстерні комбінована. Для штучного освітлення використовується напруга 220 В, лампи газорозрядні (люмінісцентні), для освітлення робочих місць використовуються переносні і місцеві світильники [40]. На дільницях влаштоване аварійне освітлення, що забезпечую освітлення проходів. Світильники аварійного освітлення приєднуються до мережі яка не залежить від робочого освітлення, вони автоматично вмикаються при раптовому вимиканні робочого освітлення.

Приміщення центральної ремонтної майстерні виготовлені із вогнетійких матеріалів. Майстерня забезпечена протипожежним засобами не повністю (не працює протипожежна сигналізація, недостатнє комплектування виробничих підрозділів порошковими вогнегасниками).

4.3. Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів

Як зазначалось раніше в майстерні є проблеми з вентиляцією. Тому необхідно провести детальний розрахунок системи вентиляції.

А також розробити її проект і реалізувати в майстерні.

Вентиляція може бути природна і штучна.

4.3.1. Природна вентиляція

В ремонтні майстерні повітря забруднюється різними шкідливими речовинами, тому по санітарних у мовах всі приміщення повинні мати природну вентиляцію [41, 42].

Розрахунок вентиляції починається з визначення кількості повітря необхідного для подачі в приміщення майстерні. В цьому випадку потрібна кількість повітря для перевірки майстерні і визначається по формулі [39]:

$$Q = K \cdot V \quad \text{м}^3/\text{г}. \quad (4.1)$$

де Q – потрібна кількість повітря $\text{м}^3/\text{г}$. ;

K – кратність повітря обміну ;

V – об'єм приміщення м^3 .

Використовуючи вище приведений вираз, вираховуємо потрібну кількість повітря для основних ділянок ремонтної майстерні і дані заносимо в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Потреба повітря для основних дільниць

Назва дільниці майстерні	Об'єм дільниці м ³	Нормативний коефіцієнт	Потрібна кількість повітря м ³
1. Ремонтно-монтажна дільниця	3024	3	9072
2. Склад запчастин і ІТР	81	3	243
3. Дільниця поточного ремонту паливної апаратури	86,4	2	173
4. Ковальсько-зварювальна дільниця	172	4	690
5. Дільниця ремонту с. г. машин	163	2	326
6. Слюсарно-механічна	180	5	900
7. Мідницько-жестяна	86	3	259
8. Кислотна дільниця	86	5	430
9. Дільниця ремонту силового обладнання	-	-	-
Всього:			12363

Для визначення площ перерізу витяжних труб використовуємо вирази приведені нижче, а результати заносимо до таблиці 4.2.

$$S = \frac{Q}{3600 \cdot V}; \text{м}^2 \quad (4.2)$$

де S – площа поперечного перерізу труб. м²

V – швидкість повітря в перерізі. м/с.

$$V = 1.92\Psi \sqrt{\frac{H_T}{Pb}} \text{ м/с.} \quad (4.3)$$

де $\Psi \approx 0.5$ коефіцієнт враховуючий опір повітря в каналі.

H_T - перепад тиску між приміщеннями і витяжними каналами.

P в – щільність повітря в середині приміщення ($P_v=1,213$)

$$H_T = 9.8h(\rho_n - P_v) \text{ м. вод. ст.} \quad (4.4)$$

де h – висота між витяжними каналами, м. ;

$P_v = 1,381$ щільність зовнішнього повітря.

Таблиця 4.2 – Показники розрахунків.

Назва дільниць майстерні	Значення параметрів		
	H_T	V	S
1. Ремонтно-монтажна	5,1	1,45	1,73
2. Склад запчастин	5,1	1,45	0,04
3. Дільниця поточного ремонту пал. апарат.	5,1	1,45	0,03
4. Ковальсько-зварювальна	5,1	1,45	0,13
5. Дільниця ремонту с. г. машин	5,1	1,45	0,06
6. Слюсарно-механічна	5,1	1,45	0,17
7. Мідницько-жерстяна	5,1	1,45	0,04
8. Кислотна	5,1	1,45	0,08
9. Ремонт силового обладнання	5,1	1,45	0,05

Як бачимо в таблиці для забезпечення нормальної вентиляції в зимовий період, переріз вентиляційних труб для кожної виробничої дільниці передбачається на менше значення вказаних у останній колонці таблиці.

4.3.2. Штучна вентиляція

В майстерні використовується штучна вентиляція [43]. Для ефективного вирішення питання оповітрення майстерні в любу пору року приймається примусова вентиляція.

Спочатку була визначена потрібна кількість повітря для всієї майстерні – 12363 м³ / год. .

Знайдемо продуктивність вентилятора:

$$Q_b = K \cdot Q_n, \quad (4.5)$$

де Q_b - продуктивність вентилятора.

K – коефіцієнт запасу .

Q_n – потрібна кількість повітря.

$$Q = 1.2 \cdot 12363 = 14835 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Визначаємо втрати напору (H) на прямих ділянках по виразу:

$$H = \frac{\Psi \cdot l_m \cdot P V_{cp}^2}{2dm}, \text{Па} \quad (4.6)$$

Де l_m - розрахункова довжина.

V_{cp} – середня швидкість повітря.

P – щільність повітря.

D_m – умовний діаметр повітря проводу.

Результати розрахунків зводимо в таблицю.

Таблиця 4.3 – Показники розрахунків

Назва діленьць майстерні	L м	D м	V М/с	P Н/м ³	Ψ	H _T Па	H _M Па	Ноб
Ремонтно-монтажна	51	0,5	10	12,5	0,02	775		
Ковальсько-зварювальна	20	0,4	3,0	12,5	0,02	56,25		
Слюсарно-механічна	7	0,5	6,5	12,5	0,02	73,93		
Кислотно-акумуляторна	8	0,35	5,0	12,5	0,02	71,42		
Мідницько-жестяна	7	0,45	7,5	12,5	0,02	106,42		
1 – поворот 90 ⁰	-	-	10	12,5	1,1		687,5	
2 – поворот 90 ⁰	-	-	3	12,5	1,1		123,75	
3 – поворот 90 ⁰	-	-	6,5	12,5	1,1		290,46	
1 – звуження	-	-	5,0	12,5	1,1		31,25	
2 – звуження	-	-	7,4	12,5	1,1		68,48	
всього:	-					1083,1	1201,4	2284,5

Величина місцевих втрат (H_m) в переходах, каналах, жалюзях, звуженнях або розширеннях визначаємо по формулах:

$$H_m = 0.5\Psi \cdot V_{cp}^2 \cdot P_b . \quad (4.7)$$

де Ψ - коефіцієнт місцевих втрат.

Визначаємо загальний опір системи:

$$H_{заг.} = 775 + 56,25 + 73,93 + 71,42 + 106,42 + 687,5 + 31,25 + 68,48 + 1201,41 = 2284,48 \text{ Па}$$

Потужність двигуна визначаємо по формулі:

$$P_{gb} = \frac{H_{заг} Q_b}{3.600 \cdot 1000 \cdot \eta_b \eta_n} \quad (4.8)$$

$$\text{Тоді } P_{gb} = \frac{2284.48 \cdot 14835.6}{3.600 \cdot 1000 \cdot 0.95 \cdot 0.95} = 10.6 \text{ кВт.}$$

Таким чином по наших розрахунках вибираємо вентилятор серії ЦН – 80, який розвиває тиск 2050 і має продуктивність біля 18500 м³/год.

Схема повітроводів та розміщення зондів наведено на рис. 4.2.

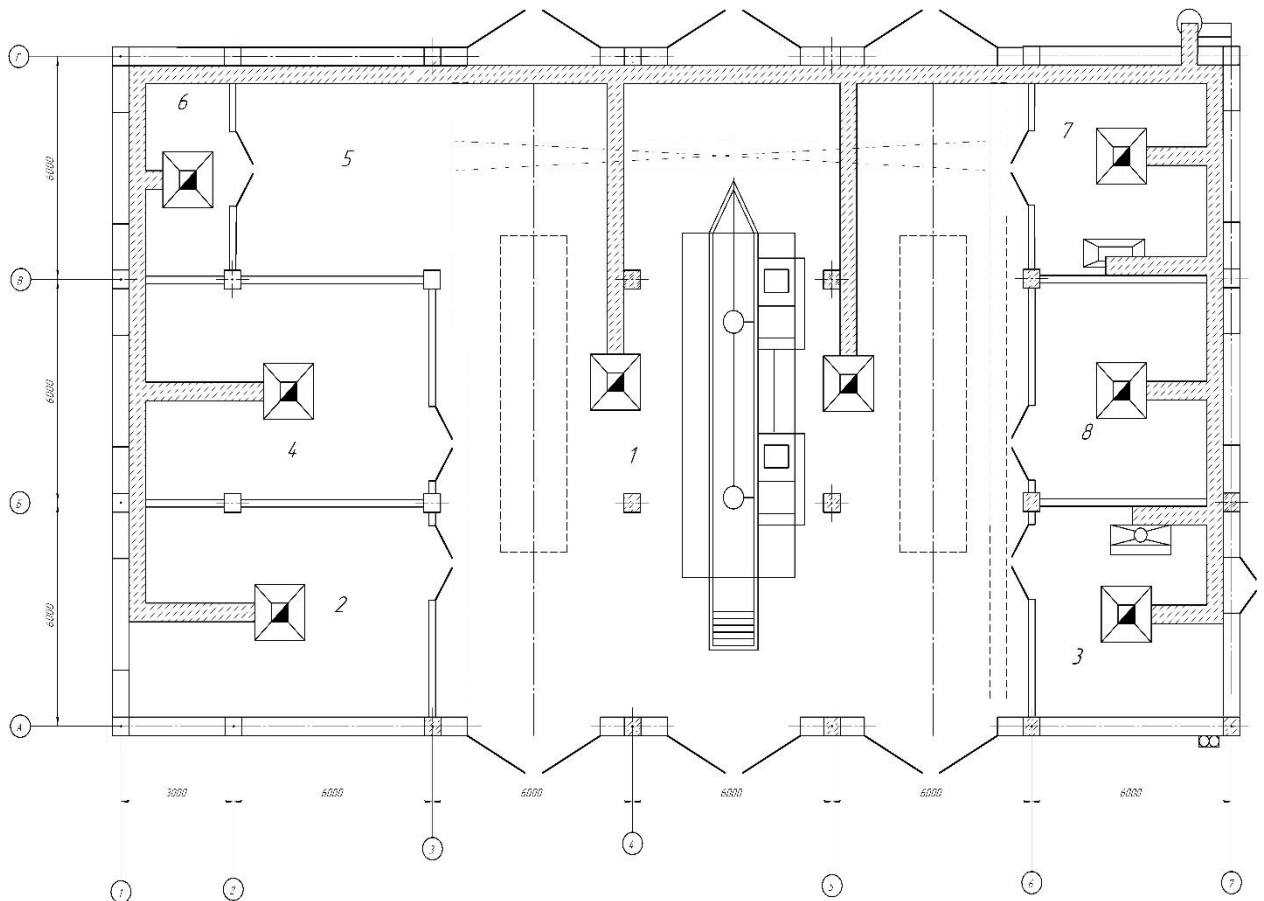


Рис. 4.2. Схема вентиляції ремонтної майстерні

1 – відділення ТО та ремонту, 2 – механічне відділення, 3 – зварювальне, 4 – ремонту ДВЗ, 5 – мідницьке та шино монтаж, 6 – ремонту електрообладнання, 7 – ремонту гідроагрегатів та паливної апаратури, 8 – склад

4.4. Правила безпечного виконання робіт на токарних верстатах

Загальні положення. До самостійної роботи токарем допускаються особи, які мають відповідну кваліфікацію, пройшли вступний інструктаж з охорони праці та інструктаж на робочому місці.

Токар повинен:

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- виконувати тільки ту роботу, яку доручив керівник та за якою він проінструктований;
- користуватись спецодягом та засобами індивідуального захисту;
- утримувати в чистоті та порядку робоче місце;
- не захарашувати проходи;
- не допускати на робоче місце сторонніх осіб;
- пам'ятати про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та за безпеку товаришів по роботі.

Головні небезпечні та шкідливі фактори, які діють на токаря:

- ураження електрострумом;
- дія на шкіру мастила, охолоджуючих рідин;
- протяги;
- стружка, частини, які відкололися від деталі, що обробляється;
- несправність управління верстатом;
- обертові частини верстатів і деталі, що обробляються;
- різальний інструмент;
- підвищені рівні шуму.

Токар забезпечується спецодягом:

- костюм вискозно-лавсановий;
- черевики шкіряні;
- окуляри захисні.

Робоче місце токаря повинно мати достатнє освітлення, в тому числі і місцеве.

На робочому місці токаря не повинно бути протягів.

Пускові пристрої, електродвигуни, а також металеве обладнання, яке може опинитись під напругою, повинні бути заземленими.

Пускові ящики електродвигунів повинні мати блокування, яка дозволяє відкривати ящик тільки після виключення рубильника.

Пускові кнопки повинні бути заглиблені, що виключає самовільне вмикання при випадковому дотику.

Для запобігання шкірних захворювань при користуванні охолоджуючими рідинами (емульсії, масла та інше) необхідно перед початком роботи змастити руки спеціальними пастами.

Матеріали до верстатів можуть подаватись механічними візками (автокари, автонавантажувачі та інше).

Прутковий матеріал, що подається до верстата для обробки, не повинен мати кривизни.

Вимоги безпеки перед початком роботи. Одягти спецодяг, застібнутися, заправити одяг так, щоб не було звисаючих кінців, одягти головний убір.

Підготувати верстат для роботи.

Перевірити наявність, справність інструменту і розкласти його в порядку, зручному для роботи.

Відрегулювати освітлення так, щоб робоча зона була достатньо освітлена, а світло не засліплювало очі.

Перевірити верстат на холостому ході:

Справність органів керування (механізмів головного руху, подачі, пуску, зупинки та інше).

Справність системи змащення і охолодження.

Справність фіксації важелів включення і переключення (впевнитись, що можливість самовільного переключення з холостого ходу на робочий виключена).

Відсутність слабини в рухомих частинах верстата, особливо в шпинделі, подовжніх і поперечних полозках супорта.

Перевірити справність та наявність усіх огорожень і пристроїв, надійність закріплення різального інструменту.

При виявленні несправностей інструменту, обладнання верстата, не приступаючи до роботи, необхідно повідомити про це керівника робіт.

Перевірка справності обладнання, інструменту, захисних пристроїв, захисного заземлення, огороження проводиться візуально.

Вимоги безпеки під час виконання роботи. Вимоги безпеки при обробці різанням повинні бути викладені в технологічних документах і виконуватися протягом всього технологічного процесу.

Використовувати інструмент та пристосування тільки за призначенням.

Під час установки (нагвинчування) патрона чи планшайби на шпindelь необхідно підкладати під них на верстат дерев'яні прокладки з виїмкою по формі патрона (планшайби); нагвинчувати тільки вручну.

Згвинчування патрона (планшайби) ударами кулачків об підставку допускається тільки при ручному обертанні патрона.

У разі обробки деталей довжиною, яка дорівнює 12 діаметрам і більше, а також під час швидкісного і силового різання деталей довжиною, яка дорівнює 8 діаметрам і більше, необхідно застосувати додаткові опори (люнети).

Надійно та жорстко закріплювати деталі в патроні верстата. Після закріплення деталі вийняти з патрона торцевий ключ. Не допускати, щоб кулачки виступали за бокову поверхню патрона. Якщо кулачки виступають, необхідно замінити патрон або встановити спеціальні захисні пристосування.

У разі наявності на верстаті гідравлічних, пневматичних або електромагнітних пристроїв для закріплення деталей необхідно захищати від механічних пошкоджень трубки подачі повітря, рідини, електроенергії.

Під час обробки заготовок в центрах необхідно застосовувати безпечні хомути або повідкові патрони.

Під час закріплення заготовок в центрах:

- протерти та змастити центрові отвори;
- застосовувати токарні центри, які відповідають розмірам отворів;
 - не допускати упору центра в дно центрального отвору заготовки;
 - не затягувати туго задній центр;
 - надійно закріплювати задню бабку;

- надійно закріплювати заготовку в хомутах, щоб вона не прокручувалась в процесі обробки.

Під час обробки пруткового матеріалу виступаючий з шпинделя кінець прута необхідно захищати по всій довжині. Довжина прута повинна відповідати паспортним даним верстата.

Під час швидкісної обробки забороняється працювати з нерухомим центром.

Під час перевірки правильності установки заготовки в патроні необхідно користуватись шматком крейди.

Під час обробки металів, котрі дають стружку, не допускати намотування її на заготовку, що обробляється, інструмент, патрон; в цих випадках користуються спеціальними різцями. Скидати стружку необхідно від себе і в бік від патрона.

Поверхню заготовки, що обробляється, необхідно розміщувати ближче до патрону.

Токар повинен зупинити верстат та вимкнути електродвигун:

- у разі виявлення несправностей пристроїв та електродвигуна;

- під час огляду, чистки, змащування верстата;

- під час встановлення та зняття тяжких заготовок;

- під час вимірювання деталей, що оброблюються, якщо нема спеціальних пристроїв для вимірів на ходу.

Під час кожного включення верстата необхідно впевнитись, що пуск верстата нікому не загрожує.

Забороняється:

- чистити та змащувати частини верстата під час його роботи;

- встановлювати заготовки під час роботи верстата;

- ремонтувати верстат та його механізми, а також підкручувати болти та гайки під час його роботи;

- гальмувати обертаючі частини верстата рукою;

- під час роботи верстата подавати рукою в шпindel прут, що обробляється;
- користуватися напилком та іншими інструментами без дерев'яних ручок;
- видаляти стружку з верстата рукою;
- допускати прибиральницю проводити прибирання під час роботи верстата;
- допускати до верстата осіб, котрі не мають до нього відношення.

Вимоги безпеки після закінчення роботи. Зупинити верстат, вимкнути електродвигун.

Упорядкувати робоче місце:

Прибрати стружку з верстата.

Різці, вимірювальні пристосування та інструменти скласти у спеціально відведене місце.

Прибрати з верстата готові деталі, заготовки.

Змастити верстат після його виключення.

Зняти спецодяг, вимити обличчя, руки з милом, при можливості прийняти душ.

Не дозволяється мити руки гасом, бензином, витирати їх брудним ганчір'ям.

Повідомити керівника робіт про всі недоліки, які мали місце під час роботи.

4.5. Дії у разі настання надзвичайної ситуації

При роботі на токарному верстаті можуть бути: виривання деталі з патрона (планшайби), центрів, поломки різців, виривання різців з різцеутримувачів та інше.

У разі виникнення аварії або ситуації, що можуть привести до аварії, нещасного випадку, необхідно негайно зупинити верстат, відключивши його

від електромережі, повідомити про те, що сталося, керівника робіт; не допускати сторонніх осіб в небезпечну зону.

Якщо є потерпілі, надати їм першу медичну допомогу; а в разі потреби викликати швидку медичну допомогу.

При виникненні пожежі викликати пожежну частину та приступити до гасіння підручними засобами пожежогасіння.

Виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації небезпеки.

4.6. Висновок

Аналізуючи стан охорони праці в господарстві, можна говорити, що роботи на подальше покращення умов праці проводяться, але не дуже ефективно. Є ще резерви, щоб підвищити умови праці, оздоровити їх, усунути недоліки.

Впровадження заходів з охорони праці дозволять уникнути травмувань робітників. Створення гідного мікроклімату в приміщенні майстерні підвищить продуктивність працівників та якість ремонту.

РОЗДІЛ 5

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА УДОСКОНАЛЕННЯ
ТЕХНОЛОГІЇ РЕМОНТУ ДВИГУНІВ З ВИКОРИСТАННЯМ
ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ АНТИФРИКЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ**

В даній роботі визначаємо економічну ефективність удосконалення технологічного процесу ремонту двигунів. Удосконалення передбачає впровадження в виробництво нового обладнання по нанесенню зносостійких покриттів, що в свою чергу, призведе до зменшення операцій по фінішній обробці та зменшенню рекламацийних агрегатів.

Вихідними даними для розрахунку економічної ефективності є показники, наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1-Вихідні данні роботи

Показник	Позначення	Значення	
		Базові за даними підприємства	проектні
Обсяг ремонтних робіт, ум. рем	Q	48,3	43,6
Кількість основних робітників, осіб	K	5	7
Середньомісячна заробітна плата робітника з нарахуванням, грн.	ЗП _{ср}	5600,0	5600,0
Вартість проведених ремонтів, грн.	B	337123	450463
Вартість обладнання, грн	Б	428956	534556
Річні витрати електроенергії, кВт/год	Q _{ел.}	12560	14320
Ціна 1 кВт/год електроенергії, грн.	Ц _{ел}	1,99	1,99

Для проведення економічної оцінки проекту необхідно визначити наступні показники:

1. Експлуатаційні витрати (ЕВ) всього, грн.:

$$ЕВ = ЗП + А + В_{ел} + В_{рем} + ІВ, \quad (5.1)$$

де ЗП – заробітна плата з нарахуванням, грн.;

$$ЗП^{\delta} = ЗП_{ср} \cdot K_{\delta} \cdot 12 = 5600 \cdot 5 \cdot 12 = 144000 \text{ грн.}, \quad (5.2)$$

$$ЗП^{np} = ЗП_{ср} \cdot K_{np} \cdot 12 = 5600 \cdot 7 \cdot 12 = 201600 \text{ грн.},$$

А – амортизаційні відрахування, грн.:

$$A = \frac{B \cdot \lambda}{100}, \quad (5.3)$$

λ – норма амортизації, %;

$$A^{\delta} = \frac{428956 \cdot 15}{100} = 64343 \text{ грн.};$$

$$A^{np} = \frac{(428956 + 105600) \cdot 15}{100} = 80183 \text{ грн.}$$

$В_{ел}$ – вартість електроенергії, грн.:

$$В_{ел} = Q_{ел} \cdot Ц_{ел}, \quad (5.4)$$

$$В_{ел}^{\delta} = 12560 \cdot 1,99 = 24994 \text{ грн};$$

$$В_{ел}^{np} = 14320 \cdot 1,99 = 28497 \text{ грн.}$$

$B_{\text{рем}}$ – витрати на поточний ремонт (ПТ) та технічне обслуговування (ТО) складають 30% від суми амортизаційних відрахувань, грн.:

$$B_{\text{рем}} = \frac{A \cdot 30}{100}, \quad (5.5)$$

$$B_{\text{рем}}^{\text{б}} = \frac{64343 \cdot 30}{100} = 19303 \text{ грн.};$$

$$B_{\text{рем}}^{\text{нр}} = \frac{80183 \cdot 30}{100} = 24055 \text{ грн.}.$$

IB – інші витрати складають 3 % від суми експлуатаційних витрат, грн.:

$$IB = \frac{\{II + A + B_{\text{ел}} + B_{\text{рем}}\} \cdot 3}{100}, \quad (5.6)$$

$$IB^{\text{б}} = \frac{144000 + 64343 + 24994 + 19303 \cdot 3}{100} = 7579 \text{ грн.};$$

$$IB^{\text{нр}} = \frac{201600 + 80183 + 28497 + 24055 \cdot 3}{100} = 10030 \text{ грн.}$$

$$EB^{\text{б}} = 144000 + 64343 + 24994 + 19303 + 7579 = 260219 \text{ грн.};$$

$$EB^{\text{нр}} = 201600 + 80183 + 28497 + 24055 + 10030 = 344365 \text{ грн.}$$

2. Повна собівартість проведених ремонтів (ПС), грн.:

$$ПС = EB \cdot 1,02, \quad (5.7)$$

$$PC^{\delta} = 260219 \cdot 1,02 = 265423 \text{ грн};$$

$$PC^{np} = 344365 \cdot 1,02 = 351252 \text{ грн.}$$

3. Загальний прибуток (Π), грн.:

$$\Pi = B_{np} - PC, \quad (5.8)$$

де B_{np} – вартість проведених ремонтів, грн.

$$\Pi^{\delta} = 348603 - 265423 = 83180 \text{ грн};$$

$$\Pi^{np} = 453552 - 351252 = 112300 \text{ грн.}$$

4. Річний економічний ефект ($E_{e.p}$),

$$E_{e.p} = \Pi^{np} - \Pi^{\delta} = 112300 - 83180 = 29120 \text{ грн.} \quad (5.9)$$

5. Додаткові капітальні вкладення (B), грн.:

$$B = B_{np} - B_{д} = 534556 - 428956 = 105600 \text{ грн,} \quad (5.10)$$

6. Термін окупності додаткових вкладень (T_o), років:

$$T_o = \frac{B}{E_{ep}} = \frac{105600}{29120} = 3,6 \text{ років,} \quad (5.11)$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.2.

Таблиця 5.2-Техніко – економічні показники впроваджуваного проекту

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
-----------	--------------------	----------------------

Вид робіт	Ремонт	Ремонт
Обсяг робіт, ум. рем.	48,3	43,6
Кількість основних робітників, чол..	5	7
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн..	-	105600
Експлуатаційні витрати всього, грн..	260219	344365
- заробітна плата з нарахуваннями, грн..	144000	201600
- амортизаційні відрахування, грн..	64343	80183
- вартість електроенергії, грн.	24994	28497
- витрати на ПР та ТО, грн..	19303	24055
- інші витрати, грн..	7579	10030
Повна собівартість продукції, грн..	265423	351252
Загальний прибуток, грн..	83180	112300
Річний економічний ефект, грн		29120
Термін окупності додаткових вкладень, років		3,6

Проаналізувавши таблицю 5.2 можна зробити висновок, що впровадження заходів по удосконаленню організації ремонту двигунів є – доцільним, бо додаткові капіталовкладення в розмірі 105600 грн. окупляться через майже три роки, що є досить непоганим показником.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень було встановлено що двигун є одним із агрегатів, що найбільш часто виходить з ладу.

Аналіз актів рекламаций, де описувалися дефекти - проворот шатунних вкладишів колінчатих валів - показав, що в 42% двигунів не вдалося встановити причину відмов. 35% відмов відбулося через порушення технологічної дисципліни виробництва й складання двигунів. Однією з основних відмов двигуна КамАЗ в експлуатації є провертання шатунних вкладишів, доля яких становить 20...26 %, а найчастіше ця відмова відбувається на третій шатунній шийці в перший період експлуатації. Великої різниці в розподілі відмов у нових двигунів і тих, що пройшли ремонт не спостерігається.

Проаналізовано експлуатаційну надійність деталей двигунів та види зносу і причини виходу їх з ладу. Також визначено оптимальний спосіб відновлення деталей наплавленням антифрикційних двошарових матеріалів на сталеву поверхню. Тобто міді або бронзи на сталь.

Розроблено технологію відновлення колінчатого валу з використанням наплавлення двошарових покриттів у вигляді бронзи на сталеву шийку валу. Час відновлення валу за новою технологією склав 2.6 години, що на 8,7 % менше базової технології.

Оптимальне співвідношення мікротвердостей поверхонь, при якому чинник зносу має мінімальне значення, під час нанесення двошарових біметалічних покриттів відбувається ефект зміцненні сталі до мікротвердості $H_{\mu} = 2510$ МПа. Значення чинника зносу пари відновленої біметалічним двошаровим покриттям в 10,23 раз менше ніж у відновленої за базовою технологією.

Впровадження заходів з безпечної праці дозволить уникнути травмувань робітників та поліпшити умови їх праці. Одним із реалізованих заходів є проектування системи освітлення. Завдяки якій можна підрахувати необхідну кількість світильників та ламп, що будуть розміщені на дільницях майстерні.

Основною рекомендацією для працівників може бути чітке дотримання правил охорони праці.

Техніко-економічна оцінка роботи вказує на те, що впровадження заходів по удосконаленню організації ремонту двигунів з використанням наплавлення біметалічних двошарових покриттів є – доцільним, бо додаткові капіталовкладення в розмірі 105600 грн. окупляться через майже три роки, що є досить непоганим показником.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдонькин Ф.Н. Изменение показателей надежности и эффективности использования автомобилей КамАЗ в процессе эксплуатации / Авдонькин Ф.Н., Денисов А.С., Макушин А.А.//Конструирование и эксплуатация автомобилей и тракторов. - Минск: Высшая школа. Выпуск 1 - С.102-108.
2. Денисов А.С. Изменение технического состояния двигателей КамАЗ в процессе эксплуатации / А.С. Денисов, А.М. Крупенин //Повышение эффективности использования автомобильного транспорта: Межвуз. науч. Сб. Саратов. политехи, ин-т - Саратов, 1982. - С. 18-25.
3. Денисов А.С. Анализ надежности автомобилей КамАЗ / Денисов А.С., Китастый В.В. и др. // Повышение эффективности использования автомобильного транспорта: Межвуз. науч. Сб. Саратов. политехи, ин-т - Саратов, 1982. - С.26-33.
4. Ждановский Н.С. Надежность и долговечность автотракторных двигателей / Н.С. Ждановский, А.В. Николаенко. - Л.: Колос, 1974. – 22 с.
5. Денисов А.С., Кулаков А.Т. Анализ этапов процесса проворачивания вкладышей коленчатого вала / А.С. Денисов, А.Т. Кулаков //Повышение технической готовности автомобильного транспорта: Межвуз. науч. Сб. Саратов. политехи, ин-т - Саратов, 1985. - С.14-18.
6. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей / Кузнецов Е.С. - М.: Транспорт, 1991. -413с.
7. Авдонькин Ф.Н. Теоретические основы технической эксплуатации автомобилей / Авдонькин Ф.Н. М.: Транспорт, 1985. - 215с.
8. Болтинский В.Н. Теория, конструирование и расчет тракторных и автомобильных двигателей / Болтинский В.Н. - М.: Изд-во с.-х. лит., журн. и плакатов, 1962.-391с.
9. Венцель Е.С. Теория вероятностей / Венцель Е.С. - М.: Наука, 1969. - 435с.

10. Конарчук В.Е. Восстановление автомобильных деталей: технология оборудования / В.Е. Конарчук, А.Д. Чигринец - М.: Транспорт, 1995- 303с.
11. Карасев А.И. Теория вероятностей и математическая статистика / Карасев А.И. М.: Статистика. – 344 с.
12. Кугель Р.Ф. Надежность машин массового производства / Кугель Р.Ф. - М.: Машиностроение, 1981. - 238с.
13. Воинов К.Н. Прогнозирование надежности механических систем / Воинов К.Н. - Л.: Машиностроение, 1978. - 208с.
14. Румянцев С.И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей / умянцев С.И., Синельников А.Ф., Штоль Ю.Л.-М.: Высшая школа, 1989.- 272 с.
15. Светличный Н.И. Анализ отказов двигателей КамАЗ-740 / Светличный Н.И. //Инженерные науки. Научный вестник. Вып. 3 Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия. - Волгоград. 2001.
16. Быков В.Г. Причины необратимых формоизменений тонкостенных вкладышей и пути повышения надежности подшипников высоконагруженных дизелей / Быков В.Г., Салытков М.А., Горбунов М.Н. //Двигателестроение, 1980, № 6. - С.34-37.
17. Барун В.Н., Григорьев М.А. и др. Причины и устранение случаев задира и проворачивания вкладышей подшипников коленчатого вала автомобильного дизеля КамАЗ / Барун В.Н., Григорьев М.А. и др. //Двигателестроение, 1983., № 4 - С.3-5.
18. Данилов И.К. Методика определения технического состояния шатунных подшипников для корректирования долговечности ДВС (на примере КамАЗ) / Данилов И.К. Дисс...канд. техн. наук. -Саратов, 1992 - 164с.
19. Денисов А.С., Кулаков А.Т. Анализ причин эксплуатационных разрушений шатунных вкладышей двигателей КамАЗ- 740 / А.С. Денисов А.С., А.Т. Кулаков Двигателестроение, 1981, №9. - С.37-40.
20. Денисов А.С. Теоретические основы автосервиса. Изменение

технического состояния элементов автомобиля в процессе эксплуатации / Денисов А.С. Саратов.:Сарат. гос. техн. ун-т, 1999. - 118 с.

21. Денисов А.С. Основы формирования эксплуатационно-ремонтного цикла автомобилей / Денисов А.С. - Саратовский госуд. политехи, университет: Саратов, 1999- 350с.

22. Денисов А.С. Исследование зависимости работоспособности подшипников коленчатого вала от изменения геометрической формы шейки / Денисов А.С.: Дис. канд. техн. наук. - Саратов, - 210 с.

23. Шаронов Г.П. Применение присадок к маслам для ускорения приработки двигателей / Шаронов Г.П.. - М.:Химия,1965. - 222с.

24. Маслов Н.Н. Качество ремонта автомобилей / Маслов Н.Н.. - М.: Транспорт, 1975. - 368с.

25. Кулаков А.Т. Разработка способа диагностирования шатунных подшипников двигателей и практических рекомендаций для снижения их отказов в процессе эксплуатации (на примере КамАЗ-740) / Кулаков А.Т.. Дис...канд. техн. наук. - Саратов, 1086 - 173с.

26. Григорьев М.А. Очистка масла в двигателях внутреннего сгорания / Григорьев М.А. - М.: Машиностроение, 1983.-148с.

27. Смирнов В.Г. Повышение долговечности деталей автомобильных двигателей за счет совершенствования конструкции систем смазки / В.Г. Смирнов, Б.Н. Лучинин. - М.: НИИНавтопром, 1980. - 59с.

28. Двигатель КамАЗ 740.11-240 Руководство по эксплуатации 740.11- 3902001РЭ, Набережные Челны, 1977 20 с.

29. Щеголь Я.А. Влияние температуры масла на работу шатунного подшипника форсированного дизеля / Я.А. Щеголь, А.И. Стрелец Энергомашиностроение. 1965, №11 - с.45-46.

30. Бауман В.Н. Использование зарубежных функциональных присадок (пакетов присадок) в моторные масла российского производства / Бауман В.Н., Боренко Л.В., Золотов В.А., Бартко Р.В. Двигателестроение. - 2002. - №3.-С.43-44

31. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ / Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. М.: Машиностроение, 1977. - 526 с.
32. Смирнов В.Г. Исследование гидравлических параметров системы смазки автомобильных двигателей / Смирнов В.Г.// Автореф. дис. канд. тех. наук. - М., 1975. -22с.
33. Игнатков, Д. А. Остаточные напряжения в покрытиях, полученных электроискровым нанесением порошковых материалов и усталостная прочность легированных сталей / Д. А. Игнатков, Н. Я. Парканский, А. Е. Гитлевич // Электронная обработка материалов. - 1980. - №4. - С.32 - 36.
34. Михайлюк, А. И. Влияние электроискрового легирования металлических поверхностей на их износостойкость: дисс. канд. техн. наук / А. И. Михайлюк. - Кишинев, 1990. - 209 с.
35. Пат. № 144310 Україна, G01N 3/56 (2006.01) Машина тертя / Калганков Євген Васильович (UA); Грачова Вікторія Миколаївна (UA); Косенко Анна Вадимівна (UA) - u202001408; заявл. 20.03.2020; опубл. 25.09.2020, бюл. № 18; 4 с.
36. Закон України “Про охорону праці” / Законодавство України про охорону праці. - К. Нова редакція 2002 р.
37. Закон України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування" [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР). - 1999, - № 46-47, - с. 403. - Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1105-14#Text>
38. НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 "Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників".
39. ДНАОП 0.00-1.21-98 „Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів”.
40. ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення".
41. Беликов А.С. Основы охраны труда: [Учебник для студентов высших учебных заведений Украины III-IV уровня аккредитации] / Под ред., д.т.н., профессора А.С. Беликова. - Днепропетровск: «Журфонд», 2007. – 494

с.

42. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.

43. Лебеденко О.В. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних проектів і робіт для студентів факультету механізації сільського господарства, (кафедра надійності і ремонту машин) за напрямом підготовки "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва" / Лебеденко О.В. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2011. – 16 с.

44. Сокол С.П. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проектів ОКР "Бакалавр" за напрямом підготовки 6.100102 "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва і дипломних робіт ОКР "Магістр" за спеціальністю 8.1001023 "Механізація сільського господарства" / С.П. Сокол, Б.Г. Харченко – Д.: ДДАУ, 2013. – 44 с.

ДОДАТКИ

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра надійності і ремонту машин

**ПІДВИЩЕННЯ ТРИБОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ
ПІСЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ОПЕРАЦІЙ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ**

Доповідач: Косенко А.В.

Керівник д.т.н. проф. Дирда В.І.

Мета роботи

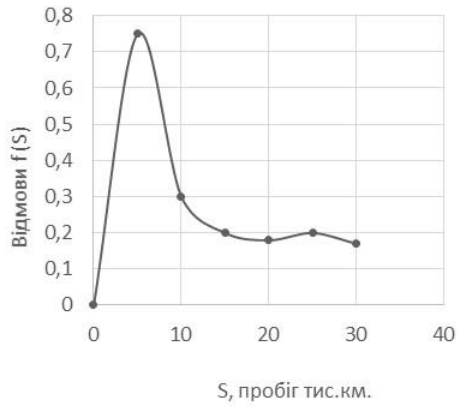
Підвищення надійності шатунних підшипників автотракторних двигунів шляхом нанесення бронзового покриття на сталь.

Задачі роботи

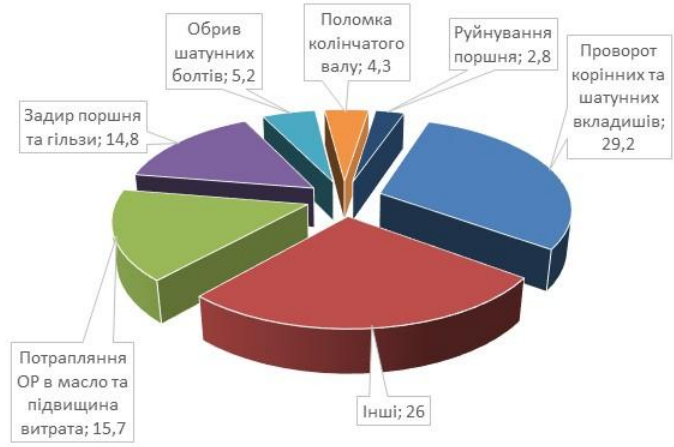
1. Провести аналіз надійності двигунів та встановити причини виходу з ладу, а також встановити найбільш ненадійний вузол. Також дослідити експлуатаційні дефекти деталей двигунів.
2. Провести аналіз існуючих методів та способів нанесення біметалічних покриттів на метал та розробити технологію відновлення посадкових поверхонь дослідної деталі.
3. Провести експериментальні дослідження наплавленого шару бронзи на відновлювальну поверхню деталі.
4. Дослідити оптимальне співвідношення мікротвердостей поверхонь, при якому зносу має мінімальне значення.
5. Розробити заходи з поліпшення умов праці робітників.
6. Провести техніко-економічну оцінку результатів дослідження.

3

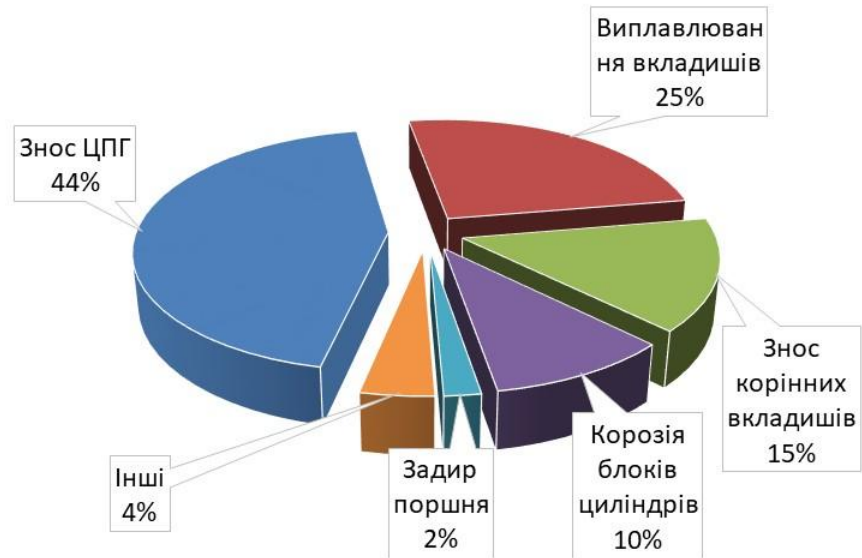
Аналіз надійності двигунів



Графік розподілу відмов двигуна від пробігу



Відмови двигунів КамАЗ-740



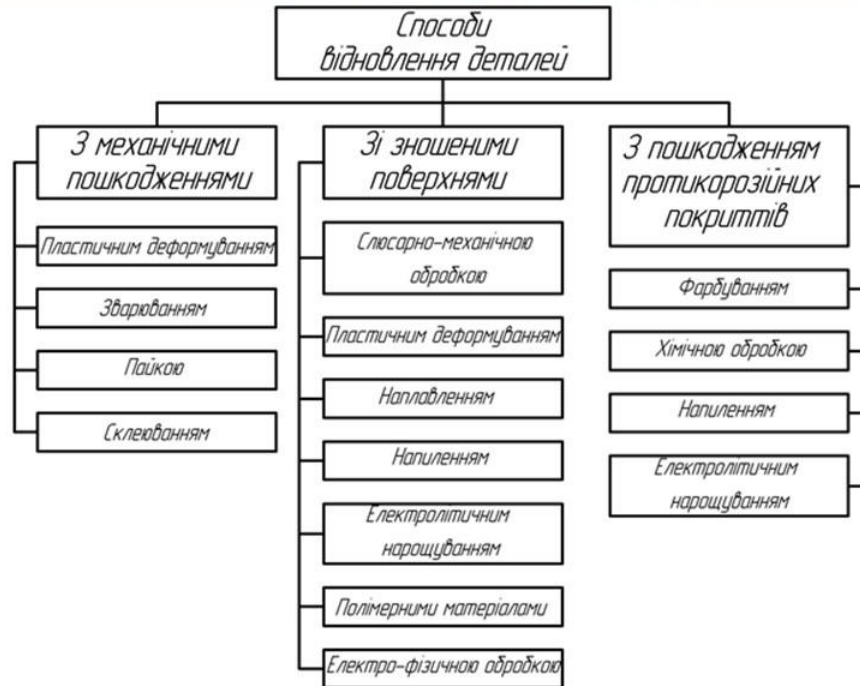
Ресурсні відмови деталей та вузлів відремонтованих двигунів

5

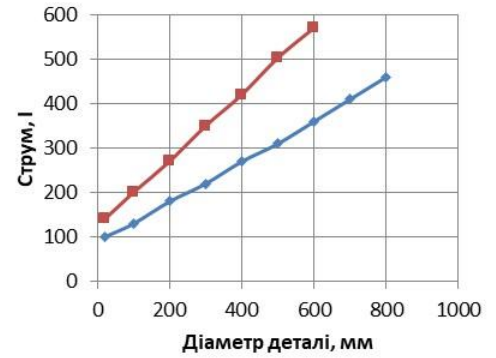
Аналіз експлуатаційних дефектів деталей двигунів



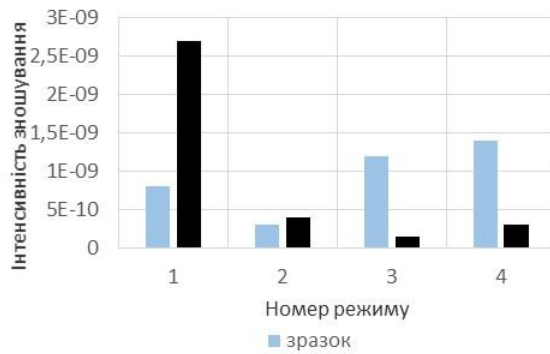
Класифікація способів відновлення деталей машин



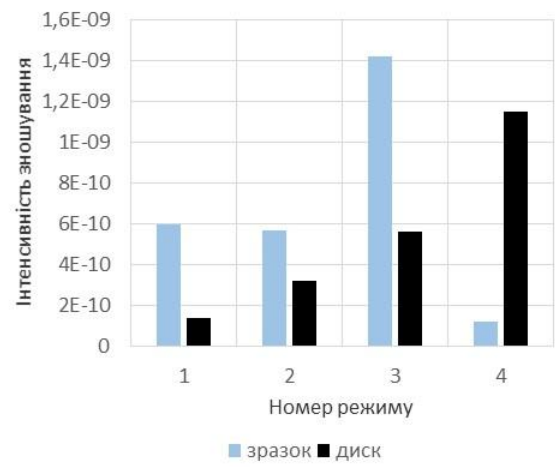
№	Параметр	Одиниця вимірювання	Технологія	
			Базова	Розроблена
1	Товщина наплавлювального шару металу	мм	2	2
2	Діаметр електродного дроту	мм	3	3
3	Напруга дуги	В	16	16
4	Сила струму	А	140	140
5	Швидкість наплавки	м/хв	0,75	0,75
6	Крок наплавки	мм	7	7
7	Частота обертання	хв ⁻¹	3	3
8	Основний час наплавки	хв	13,71	11,9
9	Норма часу на операцію	хв	22,8	20,7



Залежність діаметру деталі від величини струму наплавлення



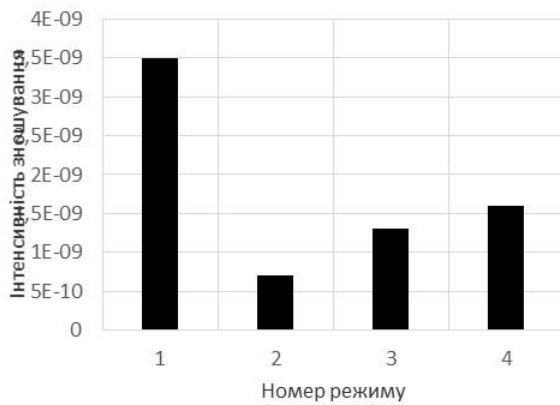
Порівняльний графік інтенсивностей зношування зразка (20X + покриття 65Г) і диску (алюмінієва бронза Бр. ОЦС 4-4-425)



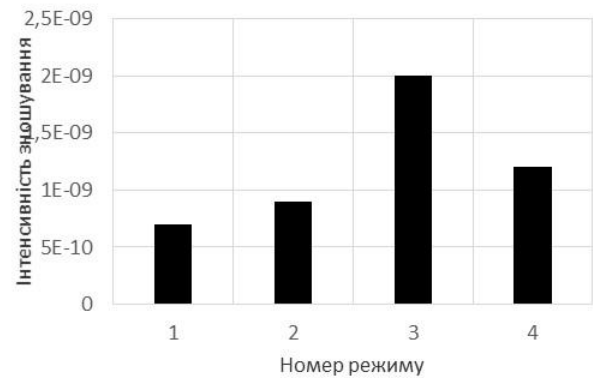
Порівняльний графік інтенсивностей зношування зразка (20X + покриття 08) і диска (алюмінієва бронза Бр. ОЦС 4-4-425)

9

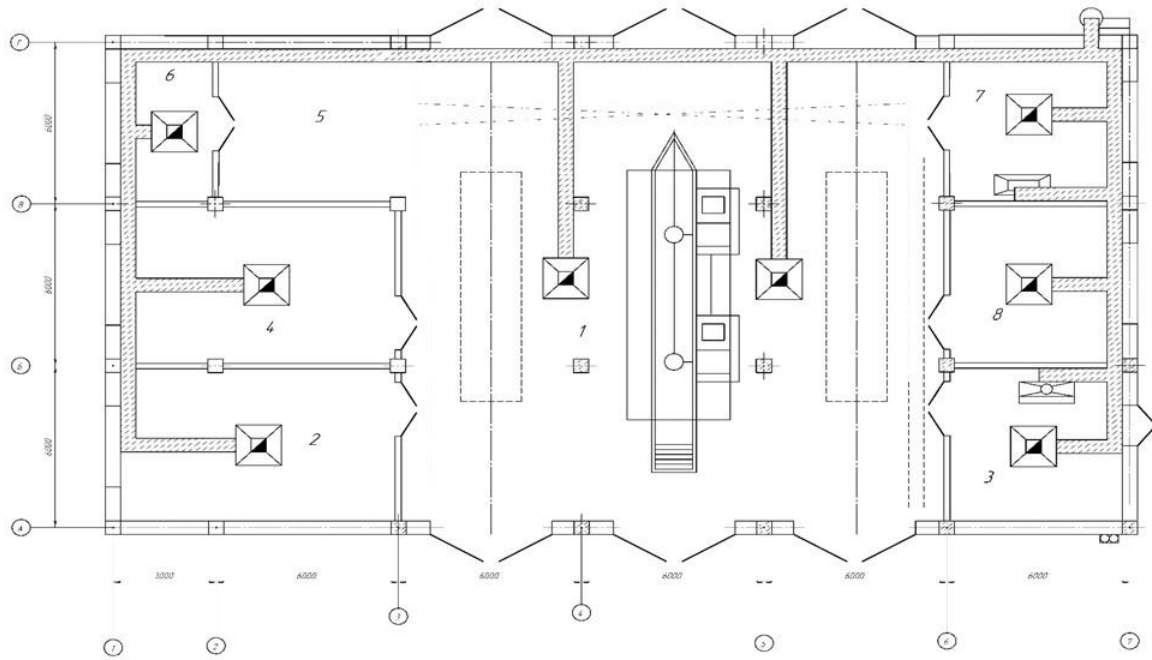
Результати експериментальних досліджень



Порівняння сумарної інтенсивності зношування для пари тертя зразок (20X + покриття 65Г) - диск (алюмінієва бронза Бр. ОЦС 4-4-425)



Порівняння сумарної інтенсивності зношування для пари тертя зразок (20X + покриття Св 08) - диск (алюмінієва бронза Бр. ОЦС 4-4-425)



Система вентиляції ремонтної майстерні

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Вид робіт	Ремонт	Ремонт
Обсяг робіт, ум. рем.	48,3	43,6
Кількість основних робітників, чол..	5	7
Обсяг додаткових капіталовкладень, грн..	-	105600
Експлуатаційні витрати всього, грн..	260219	344365
- заробітна плата з нарахуваннями, грн..	144000	201600
- амортизаційні відрахування, грн..	64343	80183
- вартість електроенергії, грн.	24994	28497
- витрати на ПР та ТО, грн..	19303	24055
- інші витрати, грн..	7579	10030
Повна собівартість продукції, грн..	265423	351252
Загальний прибуток, грн..	83180	112300
Річний економічний ефект, грн		29120
Термін окупності додаткових вкладень, років		3,6

В результаті проведених досліджень було встановлено що двигун є одним із агрегатів, що найбільш часто виходить з ладу.

Аналіз актів рекламаций, де описувалися дефекти - проворот шатунних вкладишів колінчатих валів - показав, що в 42% двигунів не вдалося встановити причину відмов. 35% відмов відбулося через порушення технологічної дисципліни виробництва й складання двигунів. Однією з основних відмов двигуна КамАЗ в експлуатації є повертання шатунних вкладишів, доля яких становить 20...26 %, а найчастіше ця відмова відбувається на третій шатунній шийці в перший період експлуатації. Великої різниці в розподілі відмов у нових двигунів і тих, що пройшли ремонт не спостерігається.

Проаналізовано експлуатаційну надійність деталей двигунів та види зносу і причини виходу їх з ладу. Також визначено оптимальний спосіб відновлення деталей наплавленням антифрикційних матеріалів на сталеву поверхню. Тобто міді та бронзи на сталь.

Розроблено технологію відновлення колінчатого валу з використанням наплавлення бронзи на сталеву шийку валу. Час відновлення валу за новою технологією склав 2.6 години, що на 8,7 % менше базової технології.

Оптимальне співвідношення мікротвердостей поверхонь, при якому чинник зносу має мінімальне значення, спостерігалось при зміцненні сталі до мікротвердості $H_c = 2510$ МПа. Значення чинника зносу зміцненої пари в 10,23 раз менше ніж у незміцненої.

Випробування показали, що втрати рідини з'єднань, відновлених методом ЕІО, з технологічним зазором 6-8 мкм (нижнє значення) при збільшенні тиску в системі мащення до 0,15 МПа відсутні, а при зазорі 16 мкм (верхнє значення) не перевищують 1,2 см³ /хв, що відповідає припустимому значенню по ТК 70.0001.018-85. Зниження витрат робочої рідини пояснюється особливостями рельєфу покриттів, отриманих методом ЕІО, і зокрема, наявністю наскрізних мас-ляних кишень. Впровадження заходів з безпечної праці дозволить уникнути травмувань робітників та поліпшити умови їх праці. Одним із реалізованих заходів є проектування системи освітлення. Завдяки якій можна підрахувати необхідну кількість світильників та ламп, що будуть розміщені на дільницях майстерні. Основною рекомендацією для працівників може бути чітке дотримання правил охорони праці.

Впровадження заходів по удосконаленню організації ремонту двигунів є – доцільним, бо додаткові капіталовкладення в розмірі 105600 грн. окупляться через майже три роки, що є досить непоганим показником.



УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 144310

МАШИНА ТЕРТЯ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі України корисних моделей
25.09.2020.

Заступник Міністра розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України

О.В. Романішин





УКРАЇНА

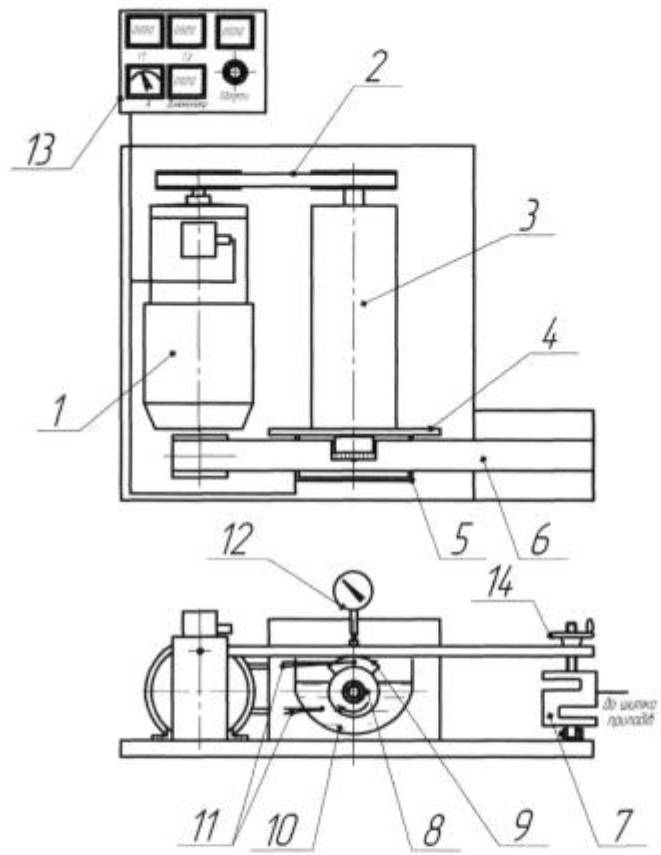
(19) UA (11) 144310 (13) U
(51) МПК
G01N 3/56 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: u 2020 01408	(72) Винахідник(и): Калганков Євген Васильович (UA), Грачова Вікторія Миколаївна (UA), Косенко Анна Вадимівна (UA)
(22) Дата подання заявки: 02.03.2020	(73) Володілець (володільці): Калганков Євген Васильович, вул. Громова, 7, кв. 83, м. Дніпро, 49006 (UA), Грачова Вікторія Миколаївна, Донецьке шосе, 144, кв. 52, м. Дніпро, 49125 (UA), Косенко Анна Вадимівна, вул. Фосфорна, 6, кв. 1, м. Дніпро, 49102 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 26.09.2020	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 25.09.2020, Бюл.№ 18	

(54) МАШИНА ТЕРТЯ**(57) Реферат:**

Машина тертя містить корпус, на якому встановлено рухомий важіль з встановленим на ньому зразком, привод обертання циліндричного контрзразка, систему навантаження та систему вимірювання основних параметрів. Машина додатково оснащена підшипниковим вузлом для розвантаження вала електродвигуна, індикатором годинникового типу для виміру лінійного зносу зразка, електронним динамометром стиску.

UA 144310 U



- Корисна модель належить до випробувальної техніки і може бути використана для дослідження процесів тертя взаємодіючих тіл та в розрахунках зносоустійкості деталей.
- Відомий пристрій для випробування матеріалів на гідроабразивний знос [АС СРСР № 1138698, МПК G01N 3/56, 07.02.85], що містить бак, розміщений в ньому вал з тримачем зразків у вигляді диска, систему подачі та відводу з бака гідроабразивного середовища, привід обертання вала з додатковим диском, який має можливість переміщення по осі вала.
- Недоліком відомого пристрою є неможливість контролю параметрів режиму випробування, а також неможливість збору продуктів зносу зразків, що випробовуються.
- Найближчим аналогом є машина тертя "Тимкен" (фірма "Баронд" США) для визначення мастильних властивостей бурових розчинів, містить станину, установлені в ній тримач кільцевого контрзразка, привод його обертання, тримач плоского зразка, механізм навантаження зразка, систему виміру сили навантаження зразка, систему виміру сили струму електродвигуна, пропорційного коефіцієнту тертя, чашу з іспитивим середовищем, у яке поміщають пари тертя [Конесев В.Г. и др. Противозносные и смазочные свойства буровых растворов. - М.: Недра, 1980. - С. 29-30].
- Загальними ознаками запропонованого пристрою для випробування матеріалів на стирання та найближчого аналога є наявність диска з контрзразком, чаші з іспитивим середовищем та системи навантаження зразків.
- Недоліками відомої установки є неможливість випробування впливу матеріалів чи покриттів зразків на їх триботехнічні характеристики, відсутність контролю лінійного зносу зразків, відсутність можливості підігріву зразків та неможливість випробування зразків в умовах, наближених до експлуатаційних, внаслідок використання циліндричного зразка в процесі випробування і по мірі його зношування площа контактів збільшується, тому відтворюваність результатів випробувань погана, особливо за коефіцієнтом тертя, на машині відсутній датчик виміру сили тертя, а визначається вона побічно по силі струму електродвигуна, відсутня система керування частотою обертання електродвигуна, навантаження зразків відбувається безпосередньо на валу електродвигуна, що суттєво знижує його довговічність - все це обмежує використання установки для випробування зразків, які працюють в різних умовах.
- В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення машини тертя для проведення випробувань матеріалів на опір стирання зразків відносно один одного та моделювання інтенсивності стирання зразків з нанесеними на них покриттями, які працюють в умовах різного типу тертя, що дозволило б розширити можливості відомої установки, забезпечити проведення випробувань в умовах наближених до експлуатаційних, фіксувати лінійний знос зразків, розвантажити вал електродвигуна та досліджувати вплив температури на фізико-механічні властивості зразків.
- Поставлена задача вирішується тим, що машина тертя, що містить корпус, на якому встановлено рухомий важіль з встановленим на ньому зразком, привод обертання циліндричного контрзразка, систему навантаження та систему вимірювання основних параметрів, згідно з корисною моделлю, додатково оснащена підшипниковим вузлом для розвантаження вала електродвигуна, індикатором годинникового типу для виміру лінійного зносу зразка, електронним динамометром стиску.
- Завдяки новим ознакам розширюються технологічні можливості традиційного пристрою для випробування матеріалів на опір стирання, а саме на машині тертя можна досліджувати зразки з різних матеріалів та зразки з нанесеними різними покриттями в умовах, наближених до експлуатаційних, та з можливістю моделювання умов випробування.
- Суть запропонованої корисної моделі пояснюється кресленням, на якому зображено запропонований пристрій, де: 1 - електродвигун, 2 - пасова передача, 3 - підшипниковий блок, 4 - плита, 5 - чаша, 6 - навантажувальний важіль, 7 - динамометр, 8 - дисковий контрзразок, 9 - зразок, 10 - рідина, 11 - датчики температури, 12 - індикатор годинникового типу, 13 - вимірювальний блок, 14 - маховик.
- Пристрій працює наступним чином.
- Попередньо підготовлений зразок 9 встановлюється у тримач навантажувального важеля 6 і опирається на дисковий контрзразок 8, який встановлений на вал підшипникового блока 3, до зразка 9 і у чашу 5 встановлено датчики температури 11, за необхідності чаша 5 заповнюється рідиною 10, потім вмикається електродвигун 1 і обертає вал підшипникового блока 3 за допомогою пасової передачі. Далі зразок 9 притискається до дискового контрзразка 8, зусилля притискання регулюється обертанням маховика 14, а контролюється динамометром 7, далі знімаються показники експерименту за допомогою вимірювального блока 13. Вимірювальний блок 13 містить табло контролю температури, регулятор обертів електродвигуна 1, а також

табло, яке показує прикладене навантаження. Контроль лінійного зносу відбувається за допомогою індикатора годинникового типу 12.

На установці можливе випробування зразків як на суху, так і з зануренням у рідину.

5 Машина тертя вдало пройшла випробування на кафедрі "Надійності і ремонту машин" Дніпровського державного аграрно-економічного університету.

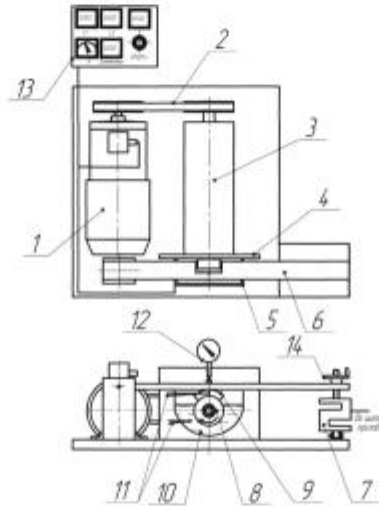
Запропонована корисна модель може бути багаторазово відтворена і використана у вигляді машини тертя.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

10

Машина тертя, що містить корпус, на якому встановлено рухомий важіль з встановленим на ньому зразком, привод обертання циліндричного контрзразка, систему навантаження та систему вимірювання основних параметрів, яка відрізняється тим, що машина додатково оснащена підшипниковим вузлом для розвантаження вала електродвигуна, індикатором годинникового тилу для виміру лінійного зносу зразка, електронним динамометром стиску.

15



Комп'ютерна верстка І. Сиворцова

Міністерство розвитку економіки, торгівлі та сільського господарства України,
вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601