

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії машин, споруд та технологій

(назва факультету)

Автомобілів

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: *Проект ділянки ремонтного цеху для відновлення поршневих пальців 60-03105.30, з дослідженням процесу термопластичної роздачі поршневих пальців дизельних двигунів*

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

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Мазурок О.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Пиндус Ю.І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Левкович М.Г.

(прізвище та ініціали)

Зав. кафедри

(підпис)

Ляшук О.Л.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2021

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

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

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ляшук О.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«01» жовтня 2021 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Мазурок Олександр Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект дільниці ремонтного цеху для відновлення поршневих пальців 60-03105.30, з дослідженням процесу термопластичної роздачі поршневих пальців дизельних двигунів

Керівник роботи Пиндус Ю.І., к.т.н., доцент.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «01» жовтня 2021 року № 4/7-829

2. Термін подання студентом завершеної роботи 13 грудня 2021

3. Вихідні дані до роботи Характеристика підприємства, базовий технологічний процес відновлення поршневих пальців.

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

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

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

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

Карта дефектації – А1.

Існуючі способи відновлення – А1.

Пристосування до верстату – А1.

Редуктор – А1.

Компоновка безцентрово шліфувального автомату – А1.

Мікроструктури – А1.

Графік залежності деформації поршневого пальця від величини струму – А1.

Планування дільниці – А1.

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

6. Консультанти розділів роботи

7. Дата видачі завдання 01.10.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.10.2021	
2	Технологічний розділ	28.10.2021	
3	Конструкторський розділ	10.11.2021	
4	Науково-дослідний розділ	23.11.2021	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	08.12.2021	
6	Оформлення графічної частини	11.12.2021	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	20.12.2021	

Студент

_____ (підпис)

Мазурок О.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Пиндус Ю.І.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

В магістерській роботі представлено комплекс досліджень по відновленню поршневих пальців дизельних двигунів із детальним аналізом технологічного процесу їх термопластичної роздачі. Проаналізовані основні етапи технології по відновленню поршневих пальців методом електроконтактного нагрівання і подальшого спрейерного охолодження змінної інтенсивності. Обґрунтована тема магістерської роботи, мета та задачі дослідження.

У технологічному розділі проведено детальний аналіз існуючих способів по відновленню поршневих пальців. Проаналізовано базовий технологічний процес відновлення поршневих пальців, виявлено його основні недоліки та намічені шляхи для їх усунення. Вибрано оптимальний метод відновлення поршневих пальців на основі якого запропоновано вдосконалений технологічний процес. Проведено відповідні розрахунки та підбір необхідних параметрів для реалізації запропонованого технологічного процесу. Приведені основні складові норм часу на виконання основних операцій даного процесу. Спроектовано проект ділянки по відновленню поршневих пальців з вибором необхідного обладнання та оснащення і визначення їх кількості.

В конструкторському розділі приведено загальну схему конструкції та принцип роботи пристосування для автоматичної подачі поршневих пальців до безцентрово-шліфувальних автоматів. Проведено силовий та кінематичний розрахунок основних елементів редуктора, який використовується в даному пристосуванні.

У науково-дослідному розділі проаналізовано умов експлуатації поршневих пальців, їх конструктивні особливості. Систематизовано фактори, які впливають на характер та величину зношування робочих поверхонь поршневих пальців. Досліджено мікроструктуру поверхневих шарів матеріалу пальців, яка утворюється при реалізації процесу відновлення запропонованим способом.

В розділі охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях розглянуто питання по забезпеченню заходів безпечної роботи, а також по організації міроприємств пов'язаних із евакуаційними заходами.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	5
1.1. Організаційна структура підприємства.	5
1.2 Коротка характеристика та технічні можливості двигуна СМД-60	6
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	11
2.1. Розробка технологічного процесу дефектування поршневих пальців	11
2.2. Аналіз існуючих способів відновлення поршневих пальців	12
2.3. Аналіз базового технологічного процесу, обґрунтування та вибір оптимального методу відновлення поршневих пальців	19
2.4. Розрахунок і вибір параметрів технічного нормування операцій базового та розробленого технологічних процесів відновлення деталі	21
2.5. Нормування часу виконання операцій базового та розробленого технологічних процесів	24
2.6. Розробка проекту ділянки по відновленню поршневих пальців	26
2.6.1. Режим роботи підприємства і розрахунок річних фондів часу	27
2.6.2. Розрахунок і підбір обладнання поточної лінії	29
2.6.3. Розрахунок силової електроенергії	42
2.6.4. Розрахунок освітлювальної енергії	43
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	44
3.1. Призначення пристосування.	44
3.1.1. Робоче креслення пристрою та принцип його роботи.	44
3.1.2. Розрахунок пристосування	46
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	54
4.1 Конструктивні особливості та умови роботи поршневих пальців дизельних двигунів	54
4.2 Аналіз характеру та величини зношування поршневих пальців	56

4.3 Характеристика конструктивно-технологічних особливостей відновленої деталі	59
4.4. Дослідження структури та властивостей матеріалу відновлених поршневих пальців	61
4.4.1. Мікроструктура матеріалу поршневих пальців.	61
4.4.2. Твердість та мікротвердість робочої поверхні матеріалу поршневих пальців.	64
4.4.3. Внутрішні напруження матеріалу поршневих пальців	65
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
5.1 Безпека електроустановок	67
5.2 Розрахунок штучного освітлення поста ПР	70
5.3 Організація оповіщення і зв'язку у надзвичайних	72
ВИСНОВКИ	74
БІБЛІОГРАФІЯ	75
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Надійність техніки не відповідає вимогам, в результаті якого основні затрати на ремонт машини лежать на запасних частинах, при виробництві яких йде більше половини металопрокату, що проходить на виготовлення автомобілів. Першочерговим є підвищення надійності, довговічності та економічності техніки це запровадження ремонтних деталей .

Тепер в науці й практиці виявляють нові заходи, що дозволяють інтенсифікувати інші фізико-хімічні процеси в металах за рахунок вибору їхньої природи. Загального визнання набули способи ремонту деталей, що поєднують термічну та пластичну деформацією. Звернути увагу слід на спосіб, при якому нагріття трубчастих тіл проводять за допомогою напруги високої частоти (НВЧ) і застосовують проточне охолодження внутрішньої поверхні. В даній роботі розглянуто термічну обробку, що робить можливим отримувати в перерізі деталі залишкові деформації достатні для компенсації величини спрацювання.

Мета даної роботи – провести аналіз та умов роботи поршневих пальців дизельних двигунів, виявити принцип способу відновлення деталей термічною обробкою й провести експерименти для дослідження підвищення міцності робочої поверхні поршневих пальців.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Організаційна структура підприємства.

Перелік умовних скорочень найменувань підрозділів ремонтно-механічного заводу (рисунок 1.1.)

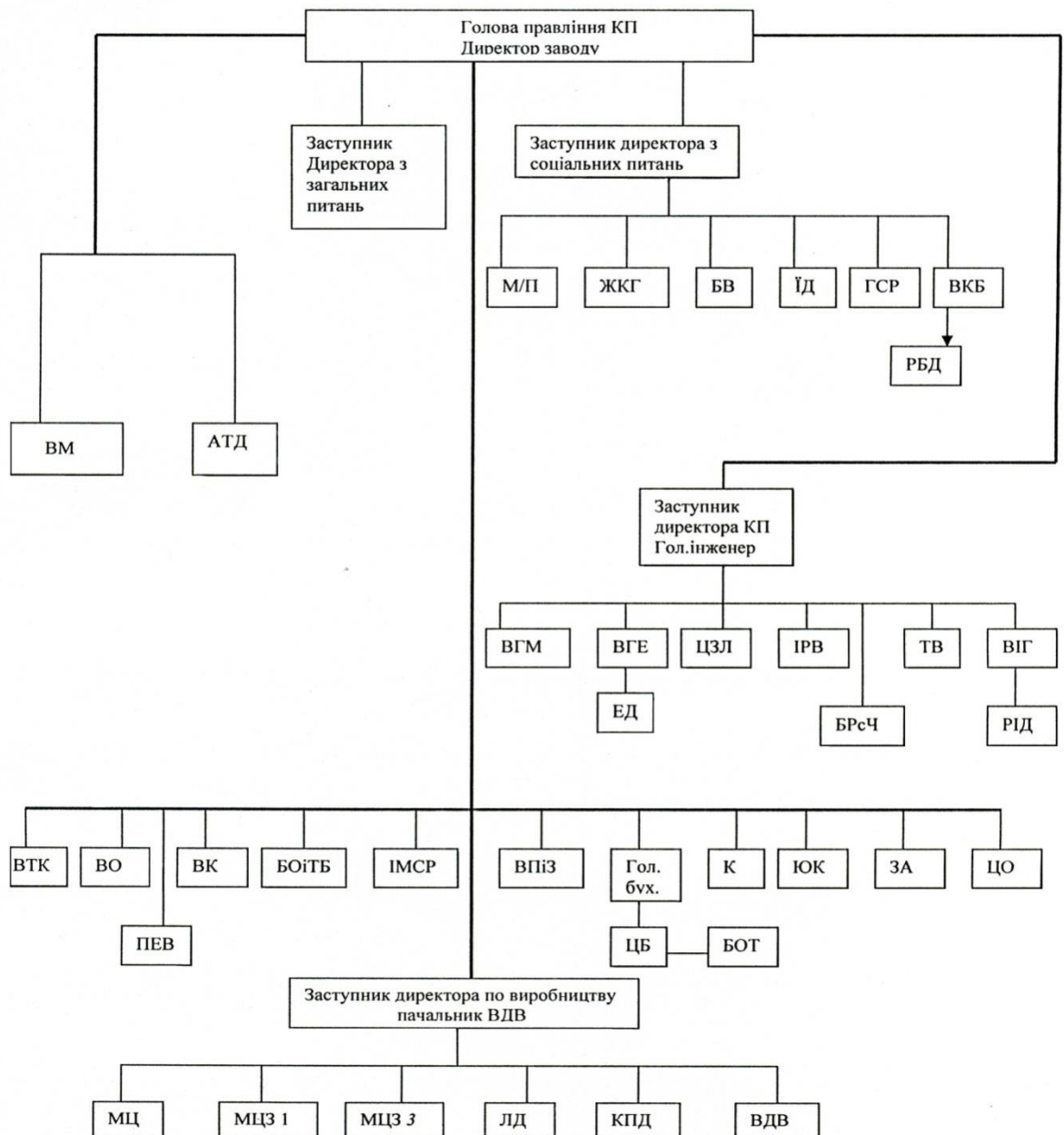


Рисунок 1.1 – Структура заводу

ВКБ – відділ капітального будівництва; РБД – ремонтно-будівна дільниця; ВГМ – відділ головного механіка; ВГЕ – відділ головного енергетика; ЕД – енергодільниця; ЦЗЛ – центральна заводська лабораторія; ІРВ – інженер з раціоналізації і винахідництва; ТВ – технічний відділ; ВІГ – відділ інструментального господарства; РІД – ремонтно-інструментальна дільниця; БРСЧ – бюро по розробці технологічних процесів, обслуговуванню і ремонту верстатів з ЧПУ; М/П – медпункт; ЇД – їдальня; АТД – автотранспортна дільниця; ВТК – відділ технічного контролю; ВО – відомча охорона; ВК – відділ кадрів; БОіТБ – бюро охорони праці і заробітної плати; ІМСР – інженер по мобілізаційній і спеціальній роботі; ПЕВ – планово-економічний відділ; ВПіЗ – відділ праці і заробітної плати; Гол. бух – головний бухгалтер; Ц.Б. – центральна бухгалтерія; БОТ – бюро обчислювальної техніки; К – канцелярія; ЮК – юрист-консультант; ЗА – завідуючий архівом; ЦО – цивільна оборона; ВДВ – виробничо-диспетчерський відділ; МЦ – механічний цех; ВМ – відділ маркетингу і збуту.

1.2 Коротка характеристика та технічні можливості двигуна СМД-60

Двигун СМД-60 (рис. 1.2, 1.3) являє собою базову модель сімейства чотиритактних шестициліндрових дизелів, призначених для нових потужних колісних і гусеничних тракторів, сільськогосподарських комбайнів різних типів і інших машин.

На відміну від колишніх моделей дизелів у двигуні СМД-60 циліндри розташовані в два ряди з кутом розвалу блоків 90° , відношення ходу поршня до діаметра циліндра невелике (< 1). Ці конструктивні особливості визначили характер загального компонування двигуна й забезпечили можливість одержання мінімальної маси й габаритних розмірів і збільшення жорсткості основних силових деталей.

Двигун оснащений газотурбінним наддуванням, що є невід'ємним елементом конструкції. На форсованих модифікаціях двигуна застосоване додаткове охолодження повітря, що нагнітається в циліндри, що збільшує

масовий заряд циліндрів і потужність, що розвиває двигун. Завдяки цьому досягнуті високі показники, що характеризуються літровою потужністю (відношення потужності до робочого об'єму) у межах 11,8—17,3 кВт/л (16—23,5 л. с. /л) і питомою масою (відношення маси двигуна до потужності) — 3,3—4,4 кг/кВт (4,5—6,0 кг/л. с). Середній ефективний тиск на номінальному режимі для різних модифікацій двигуна перебуває в межах 0,79 до 1,0 МПа (7,9 до 10 кгс/см²).

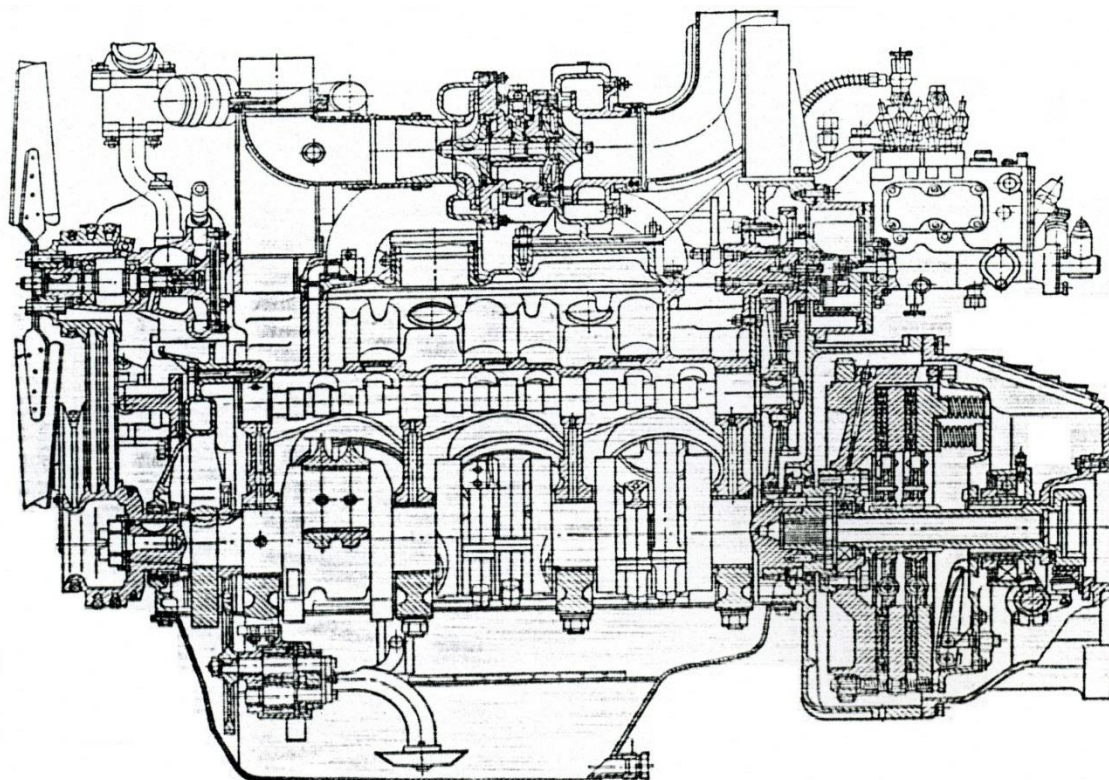


Рисунок 1.2 – Повздовжній розріз двигуна

До особливостей кривошипно-шатунного механізму відносяться паралельне розташування на кожній шатунній шийці двох шатунів і наявність противаг, що врівноважують сили інерції першого порядку від обертальних і поступально рухаючихся мас. Крім противаг на щоках колінчатого вала встановлена одна додаткова противага на носку вала, а інша виконана на маховику за рахунок несиметричного розподілу маси.

У шатунах зроблений косий роз'єм нижньої головки, а кришку кріплять двома болтами.

Дезаксиальне розташування поршневого пальця (зсув на 3 мм від осі

циліндра убік обертання колінчатого вала) забезпечує нормальне приробляння поршня. Поршневі пальці змазуються примусово під тиском маслом, що надходить по свердліннях у шатунах.

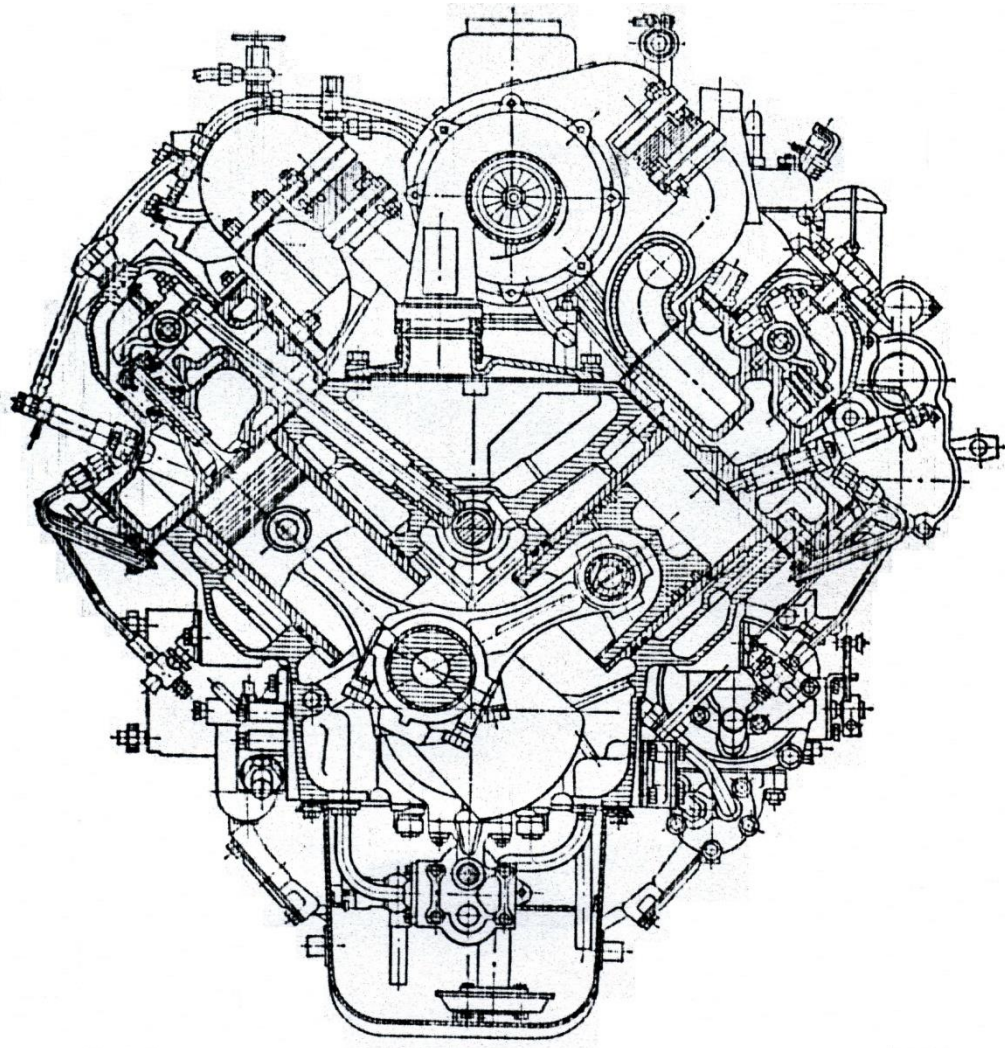


Рисунок 1.3 – Поперечний розріз двигуна

Поршень ущільнений трьома компресійними й одним маслоз'ємним кільцем з радіальним розширником. На форсованих модифікаціях двигуна передбачене масляне охолодження поршнів, що знижує температуру в зоні поршневих кілець і усуває їхнє залягання.

Для збільшення твердості корінних опор, що визначають працездатність корінних підшипників і надійність колінчатого вала, кришки корінних підшипників додатково кріплять поперечними стяжними болтами.

Особливість конструкції механізму газорозподілу полягає в заднім

розташуванні приводних шестірень (з боку маховика), щоб зменшити вплив крутильних коливань колінчатого вала на роботу механізму. Клапани в обох блоках циліндрів приводяться в дію від одного розподільного вала, розташованого над колінчатим валом по осі симетрії двигуна. Для підвищення надійності механізму застосовані вставні сідла клапанів у головках циліндрів і наплавлення фасок клапанів твердим сплавом.

Масляний насос двигуна приводиться в дію від шестірні колінчатого вала.

Як фільтри в системі мащення використовують повнопоточну масляну центрифугу й додатковий фільтр тонкого очищення масла, що надходить до турбокомпресора. Клапани в системі мащення служать для підтримки нормального тиску масла, компенсуючи його падіння в міру зношування підшипників і запобігаючи надмірному підвищенню тиску в холодному двигуні.

До особливостей мащення двигуна відносяться система передпускового прокачування масла, що діє від автономного масляного насоса, що має привід від пускового двигуна, і циркуляційне змащення окремих агрегатів (водяного насоса й пневмокомпресора).

Охолодження двигуна - водяне. Система охолодження - закрита, зі звичайною схемою циркуляції води, створеної насосом відцентрового типу. Надлишковий тиск у системі забезпечується пароповітряним клапаном радіатора. Для прискорення прогріву двигуна й підтримки оптимального теплового режиму в системі охолодження встановлені термостати.

Поліпшення охолодження гільз циліндрів досягається тангенціальним підведенням води до них, а для охолодження найбільш гарячих ділянок головки циліндрів застосовані пристрої, що направляють потік води на міжклапанні перемички й колодязі під форсунки,

Система живлення паливом відрізняється застосуванням двосекційного паливного насоса розподільного типу. На тракторних модифікаціях двигуна привід насоса постачений відцентровим автоматом випередження кута початку подачі палива. Паливні форсунки - закритого типу, безштифтові з фіксованим чотирьохсопловим розпилювачем. Фільтрація палива в системі – триступінчаста.

Як фільтри використовують відстійник і паперові фільтри.

Система наддування двигуна - імпульсна. Доцентрова газова турбіна використовує енергію пульсуючого потоку випускних газів, що підводяться по роздільних патрубках від двох блоків, і витрачає її на нагнітання повітря у відцентровому компресорі. Ресивером для повітря, що нагнітається, служить закритий кришкою простір у розвалі блоків, сполучений із випускними каналами. Для охолодження наддувочного повітря перед надходженням його в ресивер служить повітряний радіатор, конструктивно об'єднаний з радіатором системи охолодження.

Як пусковий пристрій служить одноциліндровий двотактний карбюраторний двигун з одноступінчастим редуктором і механізмом включення. Пусковий двигун запускають за допомогою електростартера з місця водія. Можна використовувати також ручний запуск.

На деяких модифікаціях двигуна замість пускового двигуна використовують електростартер.

Для полегшення запуску двигуна при низькій температурі навколишнього середовища застосовують передпусковий підігрівник типу ПЖБ.

Двигун обладнаний двухдисковим зчепленням постійно-замкнутого типу.

На передній стороні двигуна знаходяться водяний насос із вентилятором, пневматичний компресор і генератор, які системою пасових передач приводяться в дію від носка колінчатого вала. На передню сторону виходять також масляна центрифуга до термостати системи охолодження.

Із задньої сторони двигуна на картері маховика встановлені паливний насос і паливні фільтри. До картера маховика з лівої сторони двигуна прикріплений пусковий двигун з редуктором. У випадку пуску двигуна стартером місце установки пускового пристрою перенесено на картер маховика із правої сторони двигуна. У розвалі блока-картера змонтовані турбокомпресор і настановний кронштейн із трубою повітроочисника.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Розробка технологічного процесу дефектування поршневих пальців

Основний дефект поршневих пальців — спрацювання по зовнішній поверхні на ділянках контакту із втулкою верхньої головки шатуна й отворами в поршні. У процесі аналізу вимірювань встановлено, що поршневі пальці тракторних двигунів мають приблизно однаковий характер спрацювання робочої поверхні. Середнє спрацювання становить 0,02 мм, максимальне спрацювання пальців досягає 0,08 мм. Найбільше спрацювання пальців спостерігається в сполученні із втулкою верхньої головки шатуна, що поступово зменшується до неробочих ділянок. У зазорах між торцевими поверхнями бобишок і втулки є неробочі ділянки пальців з незначними зносами або повною відсутністю їх.

Аналіз ремонтного фонду показав, що 90% поршневих пальців ремонтпридатні. Із числа надійшовших на дефектацію 10% пальців, що мають тріщини, відколи, глибокі риси, підлягають вибракуванню.

Дефектація поршневих пальців провадиться мікрокатером 0,5-ИГП і скобами. Спосіб усунення дефекту залежить від спрацювання. Якщо розмір зношеного пальця перебуває в межах нормального допуску, то його перешліфують у нижчу розмірну групу. При більших зносах поршневій палець піддають роздачі й шліфують до нормального розміру.

Основні показники, за якими ведеться дефектація:

- Глибина цементациі поверхні D не менш 0,7 мм. Мікроструктура загартованого цементованого шару й серцевини за ДСТУ 619-99;
- Поверхня D HRC 56...63. Різниця показань твердості на одному пальці не повинна бути більше 5 одиниць;
- Тріщини на поверхні пальця не допускаються;
- На полірованій поверхні пальця риси, чорновини, волосовини й забоїни не допускаються;

- Овальність, огранювання, конусо-бочко-седлообразність і зігнутість поверхні D не повинні перевищувати 0,004 мм.;
- Різностінність у пальці не повинна перевищувати 0,5 мм.;
- Допускається зменшення довжини до $110_{-1,5}$ для тих деталей, які не мають припуску під шліфування в розмір $110_{-0,23}$;
- На торцях пальця допускаються забоїни й чорновини, що не виходять за межі зовнішніх фасок;
- Биття торців щодо осі поверхні D не повинне перевищувати 0,14 мм. Для 20% пальців допускається до 0,3 мм.;
- Палець, установлений у призму з кутом 90^0 , при натисканні площиною повинен витримувати навантаження 19000 кг.;
- Інші технічні вимоги по ОСТ 70.0001.026-73 і ДСТУ 619-99.

Основні розміри пальців наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики деяких поршневих пальців

Марки двигунів	Зовнішній діаметр пальця, D, мм.	Діаметр отворів, мм	Довжина пальця, мм	Маса пальця, г.
КДМ-100	$60_{-0,008}$	$43^{+0,4}$	$120_{-0,46}^{+0,20}$	1275
ЯМЗ-236	$50_{-0,008}$	$29^{+0,28}$	$110_{-0,23}$	1105 ± 5
СМД-60, 62, 64	$45_{-0,007}$	$25^{+0,14}$	$110_{-0,23}$	940
СМД-14	$42_{-0,009}^{+0,001}$	$24 \pm 0,14$	$102_{-0,14}$	747
Д-50	$38_{-0,008}$	$21 \pm 0,14$	$92_{-0,33}$	570
Д-240	$38_{-0,008}$	$21 \pm 0,14$	$92_{-0,15}$	570
Д-65М	$38_{-0,012}^{-0,004}$	$21 \pm 0,14$	$92_{-0,33}$	570

2.2. Аналіз існуючих способів відновлення поршневих пальців

Ремонтними підприємствами України накопичений великий досвід роботи по відновленню зношених поршневих пальців. З усього різноманіття способів

відновлення можна виділити чотири основні схеми технологічних процесів (рис. 2.1):

- механічна обробка під ремонтний розмір;
- нанесення додаткового шару матеріалу з наступною механічною обробкою до номінального розміру;
- збільшення зовнішнього діаметра за рахунок пластичного деформування стінок ПП;
- збільшення геометричних розмірів деталі термічною обробкою з різними способами нагрівання й охолодження.



Рис. 2.1. – Блок-схема способів відновлення поршневих пальців дизельних двигунів

Механічна обробка спрацьованих поршневих пальців зводиться до чотирьох-п'яти кратного безцентрового шліфування та доводці або суперфінішування. Розмір, під який виконується перешліфування, на 0,1...0,2 мм менше номінального діаметру. Вимоги щодо чистоти та точності обробки робочої поверхні залишаються такими ж як і при виготовленні нової деталі. До групи підготовчих операцій відносяться миття, візуальний вхідний контроль на

відсутність сколів і тріщин та вибраковування деталей по величині спрацювань.

Перешліфовування поршневих пальців під ремонтний розмір є найбільш простим способом відновлення. Всі види обробки, які виконуються в даному технологічному процесі, входять в склад будь-якої технології відновлення поршневих пальців. Проте не дивлячись на простоту, даний метод не знайшов розповсюдження, оскільки для його практичного введення у ремонтне виробництво необхідно розповсюдити систему ремонтних розмірів на всі деталі спряжень - поршень, шатун та поршневий палець.

При нанесенні додаткового шару матеріалу на спрацьовану поверхню поршневих пальців на практиці найбільшого поширення набули електролітичне хромування, остальювання та плазмове наплавлення. Технологічні процеси за цими способами характеризуються необхідністю ретельної та громіздкої підготовки поверхні, складністю, великою трудомісткістю та низькою швидкістю самих процесів нанесення додаткового матеріалу. Їм властиві велика кількість операцій, що виконуються вручну, в тому числі і контроль поверхні на відсутність тріщин в кінцевій стадії технологічного процесу.

Електролітичне хромування проводиться переважно із розчину хромового ангідриду CrO_3 . Процес хромування складний і має високу трудомісткість. До числа підготовчих операцій відносяться очистка, мийка, бракування деталей і механічна обробка, яка виконується з метою вирівнювання поверхонь деталей, для надання їм необхідної шорсткості і відповідної однорідності поверхні для отримання якісного покриття.

Далі виконується підготовка поверхні деталей до хромування, яка включає в себе більше десяти операцій. До них відносяться знежирювання, нанесення захисного покриття на місця, які не підлягають хромуванню, монтаж на підвіску, знежирювання віденським вапном або його замінниками, промивання холодною водою та хімічне травлення з наступним промиванням гарячою та холодною водою. Для кожної операцій в технологічному процесі повинна бути передбачена окрема ванна, ємність якої визначається кількістю деталей, що одночасно обробляються.

До підготовчих операцій окрім миття, дефектування, механічної обробки входять 5...6 операцій очистки поверхні деталі плюс 4...5 операцій по підготовці електроліту. Потім проводять операцію осаджування заліза, яка протікає з максимальною швидкістю до 540 мкм/год. Вимоги до процесу осадження висуваються такі ж як і при хромуванні. Завершують процес 6-7 операцій промивки та нейтралізації, після чого виконується контроль поверхні та механічна обробка.

Таким чином, технологічний процес відновлення поршневих пальців хромуванням і осталуванням характеризується великою складністю та трудомісткістю, тривалістю виконання операцій відновлення та підготовчих операцій, використанням складного та великогабаритного обладнання, високою складністю механізації технологічного процесу. Крім того, електролітичні покриття в процесі роботи викришуються або втрачають вихідну твердість. Зазначимо також, що хромове покриття має схильність до схоплювання з бронзою.

Вищевказані недоліки не дають змоги широко застосувати метод гальванопокриття для відновлення поршневих пальців.

Спосіб відновлення поршневих пальців плазмовим наплавленням твердих сплавів досліджувався неодноразово. Сутність способу полягає в тому, що на попередньо механічно оброблену поверхню наплавляється сплав сормайт при наступних режимах: напруга 40 В, сила струму – 180 А, відстань наплавлення – 1,5 мм, швидкість наплавлення – 0,3 м/с, товщина наплавленого шару від 1,1 до 1,3 мм, витрати аргону – $4,5 \cdot 10^{-2}$ м³/с. Шліфуванням та суперфінішуванням відновлені поршневі пальці доводять до номінального розміру.

Широкого практичного застосування даний метод не знайшов внаслідок високої трудомісткості та високої собівартості відновлення.

Відновлення поршневих пальців пластичним деформуванням проводиться як в холодному, так і гарячому стані. Для технологічних процесів відновлення на основі холодного пластичного деформування в цілому характерна велика кількість перевалочних операцій, зумовлених необхідністю перебування в печах

термічної обробки та складування деталей між операціями, велика тривалість операцій термообробки та енергоємність роздачі, а також висока схильність до тріщиноутворення металу, яка є результатом короткочасної дії на деталь значних за величиною навантажень.

Технологічний процес відновлення поршневих пальців з використанням деформаційного протягування відрізняється від попереднього технологічного процесу тим, що операція роздачі виконується протягуванням дорнуючого інструменту на двадцятитонних протяжних верстатах.

Така роздача призводить до незначного зниження тріщиноутворення, оскільки динаміка процесу та прикладені зусилля нижчі ніж при прошивці.

Для усунення недоліку утворення тріщиноутворення при виконанні технологічних процесів холодного деформування пропонується створювати ультразвукові коливання в деталі. Це дозволяє підвищити швидкість проходження операцій протягування. При опроміненні металу ультразвуком в процесі деформації помітно знижується напруження плинності і тим самим зменшується необхідне деформуюче зусилля та робота деформації.

Ультразвук впливає на механічні властивості та механізм пластичної деформації металів та сплавів, викликаючи акустичне зміцнення. При цьому змінюється ефективність мастил, контактне тертя. Зауважимо також, що вплив ультразвуку при деформації викликає складний процес, який включає в себе як накладення статичних та динамічних навантажень, так і поглинання ультразвукової енергії.

Розповсюдження цього методу стримується високою складністю обладнання та технологічного процесу.

В основі процесу відновлення поршневих пальців електрогідравлічним ударом лежить електрогідравлічний ефект. Електрогідравлічний ефект являє собою перетворення енергії електричного розряду в механічну роботу без проміжних ланок.

Сутність цього ефекту полягає в утворенні всередині об'єму рідини спеціально сформованого електричного розряду, в зоні якого розвивається

високий гідравлічний тиск, який, діючи на стінки деталі зсередини, роздає поршневі пальці по зовнішньому діаметру. Залишкова деформація дозволяє отримати приріст діаметрів робочих поверхонь деталей в межах від 0,12 до 0,20 мм. Роздача виконується на спеціальних автоматизованих установках.

В найбільш раціональних режимах роздача зазначеним способом виконується в два етапи, між якими деталям дається витримка на протязі від 2 до 3 діб. Перерозподіл внутрішніх напружень, який викликаний виникненням пластичної деформації, призводить до зниження на 1...2 од. НРС твердості зовнішньої поверхні та одночасному підвищенню на 2...3 од. НРС твердості внутрішньої поверхні деталі. Оптимальними параметрами операції електрогідравлічного удару вважаються: ємність батарей конденсатора – 6 мкф, напруга розрядного контуру – 37 кВ, матеріал провідника – проволока алюмінієва діаметром 0,7 мм, матеріал вибухового патрону – поліетилен марки ПЕВ-500, передаюче робоче середовище – технічна вода.

Повний технологічний процес на основі електрогідравлічного удару, окрім операцій механічної обробки, двічі включає в себе роздачу, до складу якої входить 12 операцій, та технологічний процес виготовлення ізоляційного патрону із шести операцій. Окрім того наявність у поршневих пальців цементованого шару потребує відпалювання поршневих пальців перед відновлюванням, та наступного загартовування.

Технологічні процеси відновлення поршневих пальців на основі гарячого пластичного деформування порівняно з аналогічними процесами з використанням холодного пластичного деформування мають меншу трудомісткість в зв'язку з відсутністю в їх складі операцій термічної обробки. Крім того, для них є характерним менша схильність до тріщиноутворення, так як в процесі роздачі виконується обробка нагрітих, тобто більш пластичних деталей, і для цього необхідне менше по величині зусилля, ніж у випадку холодного деформування. Проте така роздача супроводжується нестабільним отриманням геометричних параметрів та структури металу, нагрівання якого при обробці виконується до температур мартенситно-аустенітного перетворення.

При роздачі поршневих пальців за допомогою вібророзкочування деталей, що обробляється, на спеціальній установці нагрівається струмами високої частоти до температури від 1123 до 1173 К. Потім у отвір деталі вводиться оправка, що охолоджується водою, а до зовнішньої поверхні за допомогою навантажуючого пристрою притискається ролик.

Оправці та ролику надається обертальний рух. В процесі розкочування за рахунок зменшення товщини стінки збільшується розмір поршневих пальців по зовнішньому діаметру. По закінченні розкочування, без попереднього нагрівання, виконується загартовування поршневих пальців. При цьому нетривалий час впливу на деталь високих температур значно знижує можливість зменшення вмісту вуглецю в цементованому шарі.

Вібророзкочування супроводжується найменшою кількістю тріщин у порівнянні з іншими способами роздачі. Проте прогинання оправки та нерівномірність прикладання зусиль в процесі вібророзкочування ускладнює отримання правильної циліндричної форми при одночасному утворенні значної різниці та нестабільності довжини відновлених поршневих пальців. Розсіювання всіх геометричних параметрів відновленої поверхні на порядок вище ніж в усіх інших способах відновлення. Це призводить до високого відсотку браку.

Спосіб прошивки з нагріванням струмами високої частоти полягає в продавлюванні пуансона крізь отвір деталі після її попереднього розігрівання до температури від 1093 до 1113 К, при цьому прошивка суміщується з загартовуванням за одне нагрівання. За такою схемою технологічний штучний час на прошивку не перевищує 120 с. Наступними операціями є низьке відпускання та механічна обробка.

Вагомою перевагою цього способу порівняно з холодною прошивкою є різке зниження тенденції до тріщиноутворення. Гаряча прошивка проводиться з більшими натягами ніж холодна, і тому число проходів зменшується до одного – двох. При гарячому протягуванні знижуються енерговитрати внаслідок зменшення необхідних для протягування зусиль. Проте необхідні попереднє сортування ПП по внутрішньому діаметру перед прошивкою та контрольна

операція магнітної дефектоскопії.

Спосіб відновлення поршневих пальців нагріванням струмом високої частоти з наступним охолодженням внутрішньої поверхні, завдяки різниці швидкостей охолодження внутрішніх і зовнішніх шарів, забезпечує збільшення зовнішнього діаметру поршневих пальців за рахунок фіксації об'ємного розширення металу, отриманого при нагріванні.

2.3. Аналіз базового технологічного процесу, обґрунтування та вибір оптимального методу відновлення поршневих пальців

Поршневі пальці відносяться до деталей, які необхідно відновлювати на великих централізованих підприємствах. Для відновлення поршневих пальців двигунів може бути використана технологія відновлення методом хромування.

Спочатку поршневі пальці шліфують на безцентрово-шліфувальному верстаті для надання їм правильної геометричної форми. Промиті й висушені поршневі пальці монтують на підвіску.

Потім їх обробляють у ванні для електролітичного знежирення в електроліті, що містить 30–50 г/л їдкого натру, 50–70 г/л кальцинованої соди, 2–5 г/л рідкого скла. Режими електролітичного знежирення наступні: $t = 70\text{--}75^\circ\text{C}$; $D_k = 5\text{--}10 \text{ А/дм}^2$, $T = 3\text{--}5 \text{ хв}$. Промивають у гарячій ($70\text{--}80^\circ \text{C}$), а потім у холодній воді. Проводять анодне декапірування у ванні для електролітичного декапірування в електроліті, що містить 100 г/л хромового ангідриду й 2–3 г/л сірчаної кислоти. Режим: $t = 50\text{--}60^\circ \text{C}$, $D_k = 8\text{--}10 \text{ А/дм}^2$, $T = 0,5\text{--}1 \text{ хв}$.

Після цього проводять хромування (у ванні МН-2-58Х-2-7) в електроліті, що містить 150–200 г/л хромового ангідриду й 1,5–2 г/л сірчаної кислоти. Режим: $t = 57^\circ \text{C}$, $D_k = 35\text{--}40 \text{ А/дм}^2$.

Час T хромування визначається по формулі залежно від товщини покриття, що наноситься, й припусків на наступну обробку.

Після хромування поршневі пальці промивають у дистильованій, а потім у холодній проточній воді. Обезводнювання виконують у сушильній шафі при

температурі 150–180° С впродовж 2–3 год.

Заключні операції - шліфування, полірування й сортування пальців на розмірні групи по зовнішньому діаметру.

Недолік способу відновлення поршневих пальців – висока трудомісткість, викликана необхідністю виконання великого обсягу попередньої підготовки відновлюваних поверхонь і наступної механічної обробки. Наявність підвищеної шкідливості гальванічних процесів вимагає створення ізольованих приміщень і очисних споруджень.

Для вирішення цих проблем і пропонується спосіб відновлення поршневих пальців гідротермічною роздачею. Даний спосіб має можливість одержувати по перерізу деталі залишкові деформації достатні для компенсації величини спрацювання, дозволяє скоротити тривалість процесу відновлення, зменшити кількість браку та забезпечує і навіть перевищує якість поверхонь деталей в порівнянні з вище згаданим способом. При цьому фізико-механічні та експлуатаційні властивості відновлених деталей не тільки не поступаються новим, але й перевершують їх.

При даному способі палець нагрівають вище точки A_{c3} і в подальшому його охолоджують потоком рідини. Це забезпечує утворення різниці швидкостей охолодження внутрішніх і зовнішніх шарів із подальшим збільшенням зовнішнього діаметра пальця при фіксації об'ємного розширення металу, який одержується під час нагрівання. Одночасно з роздачею проводять відповідно термічну обробку пальців – загартування та низький відпуск.

Порядок проведення гідротермічної роздачі:

- Встановлений в індуктор поршневий палець нагрівають методом ЕКН на спеціальній гартівній установці ЛПЗ-107 до температури 780...830°С протягом 20...25 с.

- В подальшому палець затискають в установці для роздачі при цьому, через внутрішню порожнину пальця, пропускають охолоджуючу рідину під тиском 0,4...0,5 МПа протягом 14...16 с, що забезпечує охолодження пальця вцілому. В якості охолоджувальної рідини

використовується звичайна водопровідна вода.

2.4. Розрахунок і вибір параметрів технічного нормування операцій базового та розробленого технологічних процесів відновлення деталі

Технологічна норма часу визначається за формулою:

$$T_H = T_o + T_e + T_{дон} + \frac{T_{нз}}{n}, \text{ (хв)},$$

де T_o – основний час, хв.;

T_e – допоміжний час, хв.;

$T_{дон}$ – додатковий час, хв.;

$T_{нз}$ – підготовчо-кінцевий час, хв.;

n – кількість деталей в партії, штук.

Вибираємо режими і розраховуємо норму часу на виконання вибраних операцій при відновленні поршневих пальців методом хромування.

1) очищення:

$$T_{нз} = 15.0 \text{ хв.}, T_{ум} = 0,05 \text{ хв.};$$

2) дефектація:

$$T_{нз} = 10.0 \text{ хв.}, T_{ум} = 0,5 \text{ хв.};$$

3) шліфувальна:

$$T_o = 0,25 \text{ хв.}; T_B = 0,2 \text{ хв.}; T_{шт} = 0,55 \text{ хв.};$$

4) мийка і монтаж на підвіску:

$$T_o = 0,25 \text{ хв.}; T_B = 0,2 \text{ хв.}; T_{шт} = 0,45 \text{ хв.};$$

5) обезжирювання:

$$T_o = 0,25 \text{ хв.}; T_{шт} = 5 \text{ хв.};$$

6) промивання:

$$T_{нз} = 15.0 \text{ хв.}, T_{ум} = 0,05 \text{ хв.};$$

7) декапірування;

$$T_{нз} = 10.0 \text{ хв.}, T_{ум} = 0,45 \text{ хв.};$$

8) хромування і промивка пальців:

Норма часу на хромування поршневого пальця двигуна СМД-60 з діаметру 44,997 мм до діаметра 45,2 мм. Маса пальця 940 г.

Деталі навішані на пристосування по 20 шт. Маса пристосування з деталями 18 кг. В ванну завантажують 8 пристосувань з деталями (160 шт.). Густина струму 40 А/дм².

Визначаємо основний час нанесення хрому на поверхню деталі за формулі:

$$T_o = 99500 \cdot \frac{h}{D_k},$$

де h – товщина шару покриття, мм; D_k - катодна густина струму, А/дм².

$$T_o = \frac{99500 \cdot 0,10}{40} = 248,75 \text{ хвилини.}$$

Визначаємо допоміжний час. На одне пристосування масою 18 кг. він складає 0,48 хв. і на 8 пристосувань $8 \times 0,48 = 3,84$ хв.

Оперативний час, який не перекривається для процесу хромування буде рівний 6,39 хв.

Коефіцієнт використання ванни – 0,8 хв. Розраховуємо норму часу на процес хромування одного пальця за формулі:

$$T_H = \frac{(T_o + T_{B.B} + T_{OP}) \cdot 1,12}{n \cdot K_H},$$

де $T_{B.B}$ - допоміжний час на завантаження деталей в основну ванну і вивантаження їх з ванни;

T_{OP} - оперативний час;

n – число деталей, які одночасно завантажуються в ванну;

K_H - коефіцієнт використання обладнання.

$$T_H = \frac{(248,75 + 3,84 + 6,39) \cdot 1,12}{160 \cdot 0,80} = 2,27 \text{ хвилини.}$$

9) повторне обезжирювання:

$$T_o = 0,25 \text{ хв.}; T_{III} = 3 \text{ хв.};$$

10) видалення водню з шару покриття:

$$T_{nz} = 15.0 \text{ хв.}, T_{um} = 1,125 \text{ хв}$$

11) механічна обробка:

$$T_{nz} = 15.0 \text{ хв.}, T_{um} = 0,5 \text{ хв};$$

12) механічна обробка:

$$T_{nz} = 15.0 \text{ хв.}, T_{um} = 0,5 \text{ хв};$$

13) вимірювання і сортування:

$$T_{nz} = 15.0 \text{ хв.}, T_{um} = 1,3 \text{ хв};$$

14) консерваційна:

$$T_{nz} = 15.0 \text{ хв.}, T_{um} = 0,4 \text{ хв.}$$

Вибираємо режими і розраховуємо норму часу на виконання вибраних операцій при відновленні поршневих пальців методом термопластичної роздачі.

1) очищення:

$$T_{nz} = 15.0 \text{ хв.}, T_{um} = 0,05 \text{ хв};$$

2) дефектація:

$$T_{nz} = 10.0 \text{ хв.}, T_{um} = 0,5 \text{ хв};$$

3) роздача:

$$T_{nz} = 15.0 \text{ хв.}, T_{um} = 1,5 \text{ хв};$$

4) контрольна:

$$T_{nz} = 15.0 \text{ хв.}, T_{um} = 1,3 \text{ хв};$$

5) шліфувальна:

$$T_O = 0,25 \text{ хв.}; T_B = 0,2 \text{ хв.}; T_{III} = 0,5 \text{ хв.};$$

6) шліфувальна:

$$T_O = 0,25 \text{ хв.}; T_B = 0,2 \text{ хв.}; T_{III} = 0,5 \text{ хв.};$$

7) шліфувальна:

$$T_O = 0,25 \text{ хв.}; T_B = 0,2 \text{ хв.}; T_{III} = 0,5 \text{ хв.};$$

8) шліфувальна:

$$T_O = 0,15 \text{ хв.}; T_B = 0,12 \text{ хв.}; T_{III} = 0,3 \text{ хв.};$$

9) шліфувальна:

$$T_O = 0,15 \text{ хв.}; T_B = 0,12 \text{ хв.}; T_{III} = 0,3 \text{ хв.};$$

10) контрольна:

$$T_{nz} = 15,0 \text{ хв.}, T_{ум} = 1,3 \text{ хв.};$$

11) свердлильна:

$$T_O = 0,15 \text{ хв.}; T_B = 0,12 \text{ хв.}; T_{III} = 0,3 \text{ хв.};$$

12) полірувальна:

$$T_O = 0,15 \text{ хв.}; T_B = 0,12 \text{ хв.}; T_{III} = 0,3 \text{ хв.};$$

13) шліфувальна:

$$T_O = 0,25 \text{ хв.}; T_B = 0,2 \text{ хв.}; T_{III} = 0,5 \text{ хв.};$$

14) шліфувальна:

$$T_O = 0,25 \text{ хв.}; T_B = 0,2 \text{ хв.}; T_{III} = 0,5 \text{ хв.};$$

15) доводочна:

$$T_O = 0,25 \text{ хв.}; T_B = 0,2 \text{ хв.}; T_{III} = 0,5 \text{ хв.};$$

16) маркування:

$$T_{nz} = 15,0 \text{ хв.}, T_{ум} = 0,05 \text{ хв.};$$

17) консервація:

$$\text{хв.}, T_{ум} = 0,4 \text{ хв.}$$

2.5. Нормування часу виконання операцій базового та розробленого технологічних процесів

Дані проведених вище розрахунків, для порівняння норм часу, які витрачається на відновлення деталі, по базовому і розробленому технологічних процесах. занесено в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Норми часу на виконання технологічних операцій для базового та розробленого технологічного процесу відновлення.

Операції базового технологічного процесу	Норма часу, $T_{шт}$, хв.	Операції розробленого технологічного процесу	Норма часу, $T_{шт}$, хв.
1	2	3	4
Мийна	0,05	Мийна	0,05
Дефектація	0,5	Дефектація	0,5
Шліфувальна	0,55	Роздача	1,5
Мийка і монтаж на підвіску	0,45	Контрольна	1,3
Обезжирювання	5	Шліфувальна	0,5
Промивання	0,05	Шліфувальна	0,5
Декапірування	0,65	Шліфувальна	0,5
Хромування і промивка пальців	2,27	Шліфувальна	0,3
Повторне обезжирювання	3	Шліфувальна	0,3
Видалення водню з шару покриття	1,125	Контрольна	1,3
Механічна обробка	0,5	Свердлильна	0,3
Механічна обробка	0,5	Полірувальна	0,3
Вимірювання і сортування	1,3	Шліфувальна	0,5
Консерваційна	0,4	Шліфувальна	0,5
		Доводочна	0,5
		Маркувальна	0,05
		Консерваційна	0,4
		Маркувальна	0,05
		Консерваційна	0,4
Всього	18,345	Всього	13,3

Як видно з таблиці 2.4, на відновлення поршневих пальців запропонованим

методом дозволяє скоротити час на відновлення, що поряд з підвищеною зносостійкістю, якістю поверхні деталі дає можливість збільшення кількості партій деталей для відновлення.

2.6. Розробка проекту ділянки по відновленню поршневих пальців

Розподіляємо трудомісткість капітального ремонту гільз циліндрів і результат зводимо в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Розподіл трудомісткості капітального ремонту

№ п/п	Найменування операції	Трудомісткість	
		на одиницю, хв.	на програму, люд.- год.
1	Мийна	0,56	2731,12
2	Дефектація	0,56	2731,12
3	Роздача	1,69	8242,13
4	Контрольна	1,46	7120,42
5	Шліфувальна	0,56	2731,12
6	Шліфувальна	0,56	2731,12
7	Шліфувальна	0,56	2731,12
8	Шліфувальна	0,34	1658,18
9	Шліфувальна	0,34	1658,18
10	Контрольна	1,46	7120,42
11	Свердлильна	0,34	1658,18
12	Полірувальна	0,34	1658,18
13	Шліфувальна	0,56	2731,12
14	Шліфувальна	0,56	2731,12
15	Доводочна	0,56	2731,12
16	Маркувальна	0,16	780,40
17	Консерваційна	0,45	2194,95
Всього		11,06	53940,00

Трудомісткість на одиницю визначається по формулі:

$$T = T_{ум} + \frac{T_{п.з.}}{H},$$

де $T_{ум}$ – штучний час, хв.;

$T_{п.з.}$ – підготовчо-заклучний час, хв.;

H – норма наробітку, шт.

Норма наробітку визначається за формулою:

$$H = \frac{T_{зм} \cdot T_{п.з.}}{T_{ум}},$$

де $T_{зм}$ – змінний час, хв.;

2.6.1. Режим роботи підприємства і розрахунок річних фондів часу

Режим роботи підприємства характеризується кількістю робочих днів за рік, числом змін роботи.

Визначаємо номінальний річний фонд часу за формулою:

$$\Phi_n = D_p \cdot n - D_n \cdot (n - n_1),$$

де: D_p – кількість робочих днів за рік;

n – протяжність зміни, год.;

D_n – кількість передсвяткових днів за рік;

n_1 – протяжність зміни у передсвяткові дні.

$$\Phi_H = 255 \cdot 8 - 5 \cdot (8 - 7) = 2035 \text{ год.}$$

Дійсний річний фонд часу праці працюючих менший за номінальний річний фонд на час втрат, що пов'язані з відпустками, виконанням державних та інших суспільних обов'язків.

$$\Phi_D = (\Phi_H - (d_o + d_y + d_d + d_r + d_n) \cdot t_c),$$

де: Φ_D - дійсний річний фонд часу, год.;

d_o - кількість відпускних днів в періоді, що планується;

d_y - кількість відпускних днів робітникам, які навчаються в вечірніх і

заочних навчальних закладах (від 10 до 40 днів на рік);

d_D — кількість днів декретної відпустки, яка складає 1,3 - 1,6% від кількості робочих днів на рік;

d_e — кількість днів не виходу на роботу в зв'язку з виконанням державних і суспільних обов'язків, яка складає приблизно 0,15 - 0,3% від кількості робочих днів року;

d_n - кількість інших невиходів на роботу складає приблизно 0,5% від кількості робочих днів року;

t_c - тривалість зміни в год.

$$\Phi_{д8} = 2035 - (24 + 20 + 5 + 1 + 2) \cdot 8 = 1619 \text{ год.}$$

Річний фонд часу робочого місця ($\Phi_{р.м.}$) можна визначити за формулою:

$$\Phi_{р.м} = \Phi_H \cdot n_p \cdot c,$$

де: n_p — кількість робітників, одночасно працюючих на даному робочому місці. Приймається за таблицею 21 [1];

c - кількість змін роботи.

$$\Phi_{р.м8} = 2035 \cdot 1 \cdot 2 = 4070 \text{ год.}$$

Річні фонди часу обладнання розподіляють на календарні, або так звані номінальні ($\Phi_{о.н}$) і дійсні ($\Phi_{о.д}$). Їх визначають за формулами:

$$\Phi_{о.н.} = \Phi_H \cdot c;$$

$$\Phi_{о.д.} = \Phi_H \cdot c \cdot \eta,$$

де: η - коефіцієнт, який характеризує використання обладнання за часом.

Для ремонтних підприємств при однозмінній роботі $\eta = 0,98-0,97$; при двозмінній роботі $\eta = 0,97 - 0,95$; при трьохзмінній роботі $\eta = 0,96 - 0,90$.

$$\Phi_{о.н.8} = 2035 \cdot 2 = 4070 \text{ год.}$$

$$\Phi_{о.д.8} = 2035 \cdot 2 \cdot 0,97 = 3947,9 \text{ год.}$$

2.6.2. Розрахунок і підбір обладнання поточної лінії

Розраховуємо число одиниць основного обладнання за формулою:

$$n_{об} = \frac{T}{\Phi_{од.} \cdot \eta},$$

де T – трудомісткість робіт на даній операції;

η – коефіцієнт використання обладнання, $\eta = 0.85$.

1. Мийних машин:

$$n_{об} = \frac{2731,12}{3947,9 \cdot 0,85} = 0,81.$$

Приймаємо 1 шт.

2. Установок для гідротермічної роздачі:

$$n_{об} = \frac{8242,13}{3947,9 \cdot 0,85} = 2,4.$$

Приймаємо 2 шт.

3. Шліфувальна:

$$n_{об} = \frac{2731,12}{3947,9 \cdot 0,85} = 0,81$$

Приймаємо 1 станок.

4. Шліфувальна

$$n_{об} = \frac{2731,12}{3947,9 \cdot 0,85} = 0,81$$

Приймаємо 1 станок.

5. Шліфувальна

$$n_{об} = \frac{2731,12}{3947,9 \cdot 0,85} = 0,81$$

Приймаємо 1 станок.

6. Шліфувальна

$$n_{об} = \frac{1658,18}{3947,9 \cdot 0,85} = 0,5$$

Приймаємо 1 станок.

7. Шліфувальна

$$n_{об} = \frac{1658,18}{3947,9 \cdot 0,85} = 0,5$$

Приймаємо 1 станок.

Приймаємо 1 станок.

8. Свердлильна

$$n_{об} = \frac{1658,18}{3947,9 \cdot 0,85} = 0,5$$

Приймаємо 1 станок.

9. Полірувальна

$$n_{об} = \frac{1658,18}{3947,9 \cdot 0,85} = 0,5$$

Приймаємо 1 станок.

10. Шліфувальна

$$n_{об} = \frac{2731,12}{3947,9 \cdot 0,85} = 0,81$$

Приймаємо 1 станок.

11. Шліфувальна

$$n_{об} = \frac{2731,12}{3947,9 \cdot 0,85} = 0,81$$

Приймаємо 1 станок.

12. Доводочна

$$n_{об} = \frac{2731,12}{3947,9 \cdot 0,85} = 0,81$$

Приймаємо один верстат.

Все інше обладнання приймаємо за технологічною необхідністю.

Таблиця 2.4 Обладнання на ділянці по ремонту поршневих пальців ДВЗ

№ п/п	Найменування обладнання	Кількість	Марка	Габаритні розміри		Встановлена потужність, кВт	Зайнята площа, м ²
				Довжина, мм	Ширина, мм		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Закалочна установка ЕКН	2	ЛПЗ-107	2200	4040	107*2	17,78
2	Установка для роздачі	2	УГТР – 00	2522	1166	11,12*2	5,88
3	Безцентрово-шліфувальний станок	5	ЗШ-184И	3510	2200	17,7*5	38,61
4	Плоскошліфувальний верстат	1	ЗБ-722	3300	2020	15,8	6,67
5	Обдирочно-шліфувальний верстат	1	ТШН-400	725	630	2,8	0,46
6	Стіл для перевірки твердості	1	5491.04	1200	800	–	0,96
7	Мийна машина	1	ОМ-6083	9550	3700	11.0	35,34
8	Установка для миття і сушіння конструкцій	1	РК-254	3000	2000	8.0	6,0
9	Стіл монтажний	4	ОРТ-1468	1200	800	–	3,84
10	Контейнер для вибракуваних деталей	4	7.7875	800	800	–	2,56
11	Шафа для вимірювального інструменту	2	04.05.046	860	360	–	0,60
12	Візок	3	ГТ-250	940	654	–	1,88
13	Тумбочка для інструменту	4	04.05.044	600	402	–	0,96
14	Ванна для нанесення розчину	2	–	1500	700	–	2,10
15	Шафа для зберігання консерваційного мастила	1	–	1500	680	–	1,02
16	Транспортер ланцюговий	1	–	1800	200	2,8	3,60
17	Підставка для деталей	8	–	800	800	–	5,12
18	Стіл пересувний	6	–	1300	850	–	6,63

19	Пристосування для зняття внутрішніх фасок	1	70-7609-1001	850	550	2,8	0,48
20	Стелаж накопичувач	3	–	3000	800	–	7,20
21	Пристосування для полірування зовнішніх фасок	1	70-7605-1002	1220	610	2,8	0,74
22	Безцентроводово дочний верстат	1	ЗШ – 184 Д	3510	2200	17,7	7,72
23	Таль електрична	2	ТЭ-0,5-511-220 ГОСТ 25274-72	–	–	4,35*2	–

Визначаємо площу ділянки за формулою:

$$F = f_{об} \cdot K_3,$$

де $f_{об}$ – площа, що займає обладнання, м²;

K_3 – коефіцієнт робіт, $K_3 = 3$ [],

$$F = 156,15 \cdot 3 = 468,45 \text{ м}^2.$$

Приймаємо площу ділянки 504 м².

Розраховуємо коефіцієнт завантаженості по кожній операції:

$$\eta_{z_i} = \frac{\partial_{pi}}{\partial_{npi}},$$

де ∂_p – розрахункове число обладнання;

∂_{np} – прийняте число обладнання.

1. Мийна

$$\eta_z = \frac{0,81}{1} = 0,81.$$

2. Роздавальна:

$$\eta_z = \frac{2,4}{2} = 1,2.$$

3. Шліфувальна:

$$\eta_3 = \frac{0,81}{1} = 0,81.$$

4. Шліфувальна

$$\eta_3 = \frac{0,81}{1} = 0,81.$$

5. Шліфувальна

$$\eta_3 = \frac{0,81}{1} = 0,81.$$

6. Шліфувальна

$$\eta_3 = \frac{0,5}{1} = 0,5.$$

7. Шліфувальна

$$\eta_3 = \frac{0,5}{1} = 0,5.$$

8. Свердлильна

$$\eta_3 = \frac{0,5}{1} = 0,5.$$

9. Полірувальна

$$\eta_3 = \frac{0,5}{1} = 0,5.$$

10. Шліфувальна

$$\eta_3 = \frac{0,81}{1} = 0,81.$$

11. Шліфувальна

$$\eta_3 = \frac{0,81}{1} = 0,81.$$

12. Доводочна

$$\eta_3 = \frac{0,81}{1} = 0,81.$$

Знаходимо середній коефіцієнт завантаження обладнання:

$$\eta_{\zeta} = \frac{\sum_{i=1}^m \ddot{a}_{P_i}}{\sum_{i=1}^m \ddot{a}_{i\delta^3}},$$

де m – число операцій даного технічного процесу.

$$\bar{\eta}_3 = \frac{0,81+1,2+0,81+0,81+0,81+0,5+0,5+0,5+0,5+0,81+0,81+0,81}{1+2+1+1+1+1+1+1+1+1+1} = 0,68.$$

Даний коефіцієнт завантаження відповідає масовому типу виробництва.

Розраховуємо розмір партії деталей:

$$n_{np} = \frac{F_{mic} \cdot 60}{S \cdot t_n \cdot K_3},$$

де F_{mic} – місячний фонд часу робочого місяця, год.

$$F_{mic} = \frac{\Phi_{дрм}}{12} = \frac{4070}{12} = 339,17, \text{ год.},$$

t_n – необхідний штучний час, що припадає в середньому на виконання однієї операції, хв.

$$t_n = \frac{\sum_{i=1}^m t_{um}}{m} = \frac{0,5+0,5+1,5+1,3+0,5+0,5+0,5+0,3+0,3+0,3+0,3+0,3+0,5+0,5+0,5+0,05+0,4}{17} = 0,52$$

$$n_{np} = \frac{339,17 \cdot 60}{2 \cdot 0,52 \cdot 1} = 19567, \text{ шт.}$$

Розраховуємо середній такт запуску деталей даного найменування, шт.:

$$\bar{C}_3 = \frac{\Phi_{дрн} \cdot 60 \cdot \eta}{N_3},$$

де η – коефіцієнт завантаження лінії в часові, $\eta = 0,85 \dots 0,9$.

$$\bar{C}_3 = \frac{4070 \cdot 60 \cdot 0,9}{72000} = 3,05, \text{ хв/шт.}$$

Необхідну кількість робочих місць визначаємо за формулою:

$$n = \frac{T_n}{C_3},$$

де T_n – норма часу на операцію, хв.;

\bar{C}_3 – середній такт запуску, хв.

1. Мийна

$$n = \frac{3}{3,05} = 0,98; C_p=1 \text{ шт.}$$

2. Дефектувальна

$$n = \frac{3}{3,05} = 0,98; C_p=1 \text{ шт.}$$

3. Термічна

$$n = \frac{3,5}{3,05} = 1,14; C_p=1 \text{ шт.}$$

4. Контрольна

$$n = \frac{2,5}{3,05} = 0,81; C_p=1 \text{ шт.}$$

5. Шліфувальна:

$$n = \frac{3,5}{3,05} = 1,14; C_p=1 \text{ шт.}$$

6. Шліфувальна:

$$n = \frac{3,5}{3,05} = 1,14; C_p=1 \text{ шт.}$$

7. Шліфувальна:

$$n = \frac{3,5}{3,05} = 1,14; C_p=1 \text{ шт.}$$

8. Шліфувальна:

$$n = \frac{3,2}{3,05} = 1,05; C_p=1 \text{ шт.}$$

9. Шліфувальна:

$$n = \frac{3,2}{3,05} = 1,05; C_p=1 \text{ шт.}$$

10. Контрольна:

$$n = \frac{2,5}{3,05} = 0,81; C_p=1 \text{ шт.}$$

11. Свердлильна:

$$n = \frac{2,8}{3,05} = 0,92; C_p=1 \text{ шт.}$$

12. Полірувальна:

$$n = \frac{2,8}{3,05} = 0,92; C_p=1 \text{ шт.}$$

13. Шліфувальна:

$$n = \frac{3,5}{3,05} = 1,14; C_p=1 \text{ шт.}$$

14. Шліфувальна:

$$n = \frac{3,5}{3,05} = 1,14; C_p=1 \text{ шт.}$$

15. Доводочна:

$$n = \frac{3,2}{3,05} = 1,05; C_p=1 \text{ шт.}$$

16. Маркування:

$$n = \frac{2,3}{3,05} = 0,75; C_p=1 \text{ шт.}$$

17. Консервація:

$$n = \frac{2,5}{3,05} = 0,81; C_p=1 \text{ шт.}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.5:

Таблиця 2.5 — Результати розрахунків

№ п/п	Операції	Позначення	Кількість робочих місць	Розряди працююч их		%завантаж.
				C _p	C _{пр}	
1	2	3	4	5	6	7
1	Мийна	ОМ-6083	0,98	1	1	98
2	Дефектовочна	0,5-ИГП	0,98	1	1	98
3	Роздача	УГТР-00	1,14	1	1	114
4	Контрольна	8113-0136	0,81	1	1	81
5	Шліфувальна	ЗШ-184И	1,14	1	1	114
6	Шліфувальна	ЗШ-184И	1,14	1	1	114

7	Шліфувальна	ЗШ-184И	1,14	1	1	114
8	Шліфувальна	ЗБ-722	1,05	1	1	105
9	Шліфувальна	ТШН-400	1,05	1	1	105
10	Контрольна	ТК-2М	0,81	1	1	81
11	Свердлильна	70-7609-1001	0,92	1	1	92
12	Полірувальна	70-7605-1002	0,92	1	1	92
13	Шліфувальна	ЗШ-184И	1,14	1	1	114
14	Шліфувальна	ЗШ-184И	1,14	1	1	114
15	Доводочна	ЗШ-184Д	1,05	1	1	105
16	Маркувальна	0,5-ИГП	0,75	1	1	75
17	Консерваційна	ТЭ-0,5-511-220	0,81	1	1	81

Визначаємо необхідну кількість промислових працюючих по кожному місцю:

$$m_{np} = \frac{T}{\bar{C}_3},$$

де T – трудомісткість робіт на певному робочому місці,

\bar{C}_3 – такт виробництва.

1. Мийна

$$m_{np} = \frac{3}{3,05} = 0,98.$$

Приймаємо 1 люд.

2. Дефектувальна

$$m_{np} = \frac{3}{3,05} = 0,98.$$

Приймаємо 1 люд.

3. Термічна

$$m_{np} = \frac{3,5}{3,05} = 1,14.$$

Приймаємо 1 люд.

4. Контрольна

$$m_{np} = \frac{2,5}{3,05} = 0,81.$$

Приймаємо 1 люд.

5. Шліфувальна:

$$m_{np} = \frac{3,5}{3,05} = 1,14.$$

Приймаємо 1 люд.

6. Шліфувальна:

$$m_{np} = \frac{3,5}{3,05} = 1,14.$$

Приймаємо 1 люд.

7. Шліфувальна:

$$m_{np} = \frac{3,5}{3,05} = 1,14.$$

Приймаємо 1 люд.

8. Шліфувальна:

$$m_{np} = \frac{3,2}{3,05} = 1,05.$$

Приймаємо 1 люд.

9. Шліфувальна:

$$m_{np} = \frac{3,2}{3,05} = 1,05.$$

Приймаємо 1 люд.

10.Контрольна:

$$m_{np} = \frac{2,5}{3,05} = 0,81.$$

Приймаємо 1 люд.

11.Свердлильна:

$$m_{np} = \frac{2,8}{3,05} = 0,92.$$

Приймаємо 1 люд.

12.Полірувальна:

$$m_{np} = \frac{2,8}{3,05} = 0,92.$$

Приймаємо 1 люд.

13.Шліфувальна:

$$m_{np} = \frac{0,56}{3,05} = 0,18.$$

Приймаємо 1 люд.

14.Шліфувальна:

$$m_{np} = \frac{3,5}{3,05} = 1,14.$$

Приймаємо 1 люд.

15.Доводочна:

$$m_{np} = \frac{3,2}{3,05} = 1,05.$$

Приймаємо 1 люд.

16.Маркування:

$$m_{np} = \frac{2,3}{3,05} = 0,75.$$

Приймаємо 1 люд.

17.Консервація:

$$m_{np} = \frac{2,5}{3,05} = 0,81.$$

Приймаємо 1 людину.

За проведеними розрахунками отримали кількість працюючих робітників, $R_{осн}=17$ чол. Так як завод працює у дві зміни, то кількість працюючих збільшується у два рази і становить $R_{осн}=34$ чол.

Складаємо штатну відомість основних працівників:

Таблиця 2.6. Штатна відомість основних працівників

№ п/п	Найменування професій	Розряд робіт	Кількість працюючих
1	Мийник	2	2
2	Дефектувальник	3	2
3	Терміст	3Г	2
4	Контролер	4	2
5	Токар	3	2
6	Токар	3	2
7	Токар	3	2
8	Токар	3	2
9	Токар	3	2
10	Контролер	4	2
11	Токар	3	2
12	Токар	3	2
13	Токар	3	2
14	Токар	3	2
15	Токар	3	2
16	Маркувальник	2	2
17	Пакувальник	2	2

Визначаємо кількість допоміжних працівників:

$$R_{\text{доп}} = 11\% \cdot R_{\text{осн}},$$

$$R_{\text{доп}} = 0,11 \cdot 34 = 3,74 \text{ чол.}$$

Приймаємо $R_{\text{доп}} = 4$ чол.

Складаємо штатну відомість допоміжних працюючих:

Таблиця 2.7. Штатна відомість допоміжних працюючих

Найменування професій	Розряд робіт	Кількість працюючих
Слюсарі з ремонту і обслуговування обладнання	4	2
Електромонтер	3	1
Транспортні робітники	2	1

Визначаємо кількість ІТР, СКП, і МОП.

$$ITP = 14\% \cdot (R_{осн} + R_{дон}),$$

$$ITP = 0,14 \cdot (34 + 4) = 5,32$$

Приймаємо 5 чол.

Складаємо штатний розклад ІТР.

Таблиця 2.8. Штатна відомість ІТР

Посада	Кількість працюючих
Начальник цеху	1
Зам. Начальника цеху	1
Змінний майстер	1
Технолог	1
Нормувальник	1

$$СКП = 5\% \cdot (R_{осн} + R_{дон}),$$

$$СКП = 0,05 \cdot 38 = 1,9$$

Приймаємо 2 чол.

Складаємо штатний розклад СКП.

Таблиця 2.9. Штатна відомість СКП

Найменування професії	Кількість
Бухгалтер	1
Табельник	1

$$МОП = 3\% \cdot (R_{осн} + R_{дон}),$$

$$МОП = 0,03 \cdot 38 = 1,14$$

Приймаємо 1 чол.

Складаємо штатний розклад МОП.

Як видно з вище зроблених розрахунків поточна лінія по відновленню поршневих пальців працюватиме лише приблизно на 80% від можливих своїх потужностей, обладнання використовується не в повному обсязі. Щоб цього уникнути, необхідно збільшити ремонт поршневих пальців на рік, до 100%

завантаження лінії. Але на сьогоднішній день це зробити важко, так як ремонт двигунів значно скоротився, і на відновлення колишніх потужностей заводу потрібно багато коштів, в тому числі і на рекламу.

2.6.3. Розрахунок силової електроенергії

Розрахунок річної потреби в електроенергії проводимо через коефіцієнт попиту за формулою:

$$N_a = K_c \cdot \sum N_{уст} \cdot \Phi_{од},$$

де K_c – коефіцієнт попиту, що враховує час роботи струмоприймачів і їх навантаження за потужністю;

$\sum N_{уст}$ – сумарна встановлювана потужність струмоприймачів, кВт.

Металообробні станки.

$$K_c = 0.18.$$

$$N_a = 0,18 \cdot (88,5 \cdot 3811 + 15,8 \cdot 3811 + 2,8 \cdot 3 \cdot 3811 + 17,7 \cdot 3811) = 89451,79 \text{ кВт}$$

Мийні машини.

$$K_c = 0.25.$$

$$N_a = 0,25 \cdot 3811 \cdot (22 + 8) = 28582,5 \text{ кВт}$$

Закалочна установка ЕКН.

$$K_c = 0,5$$

$$N_a = 0,5 \cdot 3811 \cdot 214 = 407777 \text{ кВт}$$

Установка для роздачі

$$K_c = 0,5$$

$$N_a = 0,5 \cdot 3811 \cdot 22,24 = 42378,32 \text{ кВт.}$$

Прилади для транспортування деталей

$$K_c = 0,7$$

$$N_a = 0,7 \cdot 3811 \cdot (2,8 + 8,7) = 30678,55 \text{ кВт.}$$

2.6.4. Розрахунок освітлювальної енергії

Розрахунок освітлювальної енергії проводимо за формулою:

$$W = \frac{F \cdot t \cdot W_n}{1000} \cdot T_p,$$

де F – площа підлоги, освітлюваного приміщення, м²;

t – середня протяжність роботи освітлювачів на протязі доби (при двозмінній праці 10 годин);

W_n – середні витрати Ватт за годину на 1 м² виробничої площі (15 Вт);

T_p – число днів на рік.

$$W = \frac{504 \cdot 10 \cdot 253}{1000} \cdot 15 = 19126,8 \text{ кВт}$$

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Призначення пристосування.

В умовах ремонту поршневих пальців важливим фактором є використання пристосувань, які б прискорили процес обробки деталей, а також знизили виробничий травматизм. Так як при відновленні поршневих пальців запропонованим способом значна частина технологічного процесу – це шліфувальні операції на безцентровошліфувальних верстатах, то доцільно провести автоматизацію процесу подачі деталей на дані верстати.

3.1.1. Робоче креслення пристрою та принцип його роботи.

Пристрої призначені для завантаження безцентрових круглошліфувальних верстатів при шліфуванні на прохід деталей типу поршневих пальців, кілець підшипників, втулок невеликої ширини, сідел клапанів і інших аналогічних деталей.

У процесі безцентрового шліфування відсутній жорсткий кінематичний зв'язок між заготовкою й колами. Привід обертання й подачі деталей фрикційний. Тому поряд з високими вимогами до настроювання верстатів пред'являються вимоги до умов завантаження заготовок у зону різання верстата. При установці валків варто забезпечити:

- вільний перехід заготовок із валкових пристроїв у робочу зону верстата;
- правильну орієнтацію торця заготовок при їхньому вході в робочу зону верстата. При зламі стовпа заготовок у вертикальній площині в робочому просторі утворюються розриви, злами стовпа в горизонтальній площині приводять до появи конусності, погіршуються умови шліфування;
- необхідну швидкість руху заготовок і силу підпору для одержання якісного шліфування;
- однакову тягу обома валками.

При установці безцентрового круглошліфувального верстата в автоматичній лінії завантажувальні пристрої розташовані так, що одне з них служить для подачі заготовок у робочий простір (подаючі валки), а інше - для відводу пальців з робочого простору верстата (відвідні валки). Принцип роботи валків аналогічний.

Завантаження деталей на двухвалковий завантажувальний пристрій здійснюється по лотку через відсікач. Він служить для відділення від загального потоку одного виробу (іноді групи виробів), що далі надходить на завантажувальний пристрій. Відсікач приводиться в дію від електромагніта через важіль, що повертає заслінку й пропускає оброблюваний виріб по лотку на двухвалковий завантажувальний пристрій. У процесі роботи відсікач може займати два положення, при яких відтинається одна заготовка, що надходить по лотку, і подається на завантажувальний пристрій. Команда на включення електромагніта здійснюється датчиком. Робота відбувається в такий спосіб: заготовка через відсікач попадає на двухвалковий завантажувальний пристрій і замикає контакти датчика. При подальшому проходженні заготовки в зону шліфування контакт датчика розмикається. Це є командою на включення електромагніта, поворот заслінки й подачі наступної заготовки.

На листі 2 робочого креслення показаний загальний вид подаючих валків. У станині коритоподібної форми змонтовані два валки 2, що приводяться в обертання ланцюговою передачею 3 від електродвигуна постійного струму 8 з редуктором 4. Застосування електродвигуна постійного струму дозволяє забезпечити безступінчасте регулювання чисел обертів валків і, отже, синхронізувати роботу декількох пар валків при застосуванні їх в автоматичній лінії. Станина цього вузла монтується на тумбі 7, щодо якої може переміщатися при установці у вертикальному напрямку по гвинті 5. Для горизонтального переміщення на невелику величину при установці станини з валками щодо верстата є напрямні планки й гвинт 6.

Установка валків відносно один одного провадиться поворотом планок 9 і 10 по відповідних осях. Валок перебуває на двох регульованих опорах, прикріплених до корита. Сферичний дворядний підшипник дозволяє

встановлювати валок під різними кутами нахилу. Крутний момент на валок передається від зірочки хрестовиною через штифти (обидва валки ведучі).

Електрична схема валкового пристосування спроектована для роботи в робочому й налагоджувальному циклах. Електродвигуни подаючих і приймальних валків включаються в роботу в робочому циклі після включення провідного кола, при налагодженні включення електродвигунів провадиться спеціальними кнопками.

Правильність установки валків у вертикальній площині контролюється за рівнем. Припустимий нахил стовпа — не більше 0,1 мм на довжині 1 м. Правильність установки в горизонтальній площині перевіряється пробним шліфуванням. Показником неправильної установки є підвищена конусність оброблених деталей і погана робота в робочій зоні (наявність розривів у стовпі кілець).

Швидкість подачі заготовель можна регулювати зміною числа обертів валків або кута їхнього перекосу. Величина перекосу, що рекомендується, 10-15 мм на 1 м довжини валків. Підвищений перекіс валків приводить до перекосу деталей на валках. За рахунок збільшення швидкості обертання валків можна збільшити силу підпору стовпа заготовок.

Не варто занадто широко розводити валки. Рух кілець найбільш стійкий, коли кут, під яким видні центри валків із центра виробу, не перевищує 90° .

3.1.2. Розрахунок пристосування

Проводимо розрахунок циліндричного одноступеневого редуктора, який встановлюється на пристрої для завантаження безцентрових круглошліфувальних верстатів.

Розрахунки проводимо за такими даними: потужність на ведучому валу $P_1=18$ кВт при його кутовій швидкості $\omega_1 = 100$ рад/с; передаточне число передачі $u=4$; передача нереверсивна; режим навантаження середній нормальний (СН); можливі короткочасні перевантаження до 150% від номінального; строк служби

передачі $h=20000$ год.

1. Параметри навантаження зубчастої передачі.

Номинальний обертовий момент на ведучому валу

$$T_1 = T_{1H} = T_{1F} = \frac{P_1}{\omega_1} = \frac{18 \cdot 10^3}{100} = 180 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

При короткочасному перевантаженні до 150% максимальний обертовий момент на ведучому валу

$$T_{1max} = 1,5 \cdot T_1 = 1,5 \cdot 180 = 270 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Кутова швидкість веденого вала

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u} = \frac{100}{4} = 25 \text{ рад/с}.$$

2. Матеріали зубчастих коліс.

Для виготовлення шестірні та колеса вибираємо відносно дешеву леговану сталь 40Х із термообробкою – поліпшення. За даними табл. 22.3 [46] вибираємо:

для шестірні твердість поверхні зубців $H_1=269\dots302$ НВ (найбільш імовірна твердість $H_1=280$ НВ), $\sigma_{B1}=900$ МПа, $\sigma_{T1}=750$ МПа при діаметрі заготовки до 125 мм;

для колеса твердість поверхні зубців $H_2=235\dots262$ НВ (найбільш імовірна твердість $H_2=245$ НВ), $\sigma_{B2}=790$ МПа, $\sigma_{T2}=640$ МПа при діаметрі заготовки до 280 мм.

3. Допустимі напруження для розрахунку зубчастої передачі.

а. Допустимі контактні напруження. Границі контактної витривалості зубців шестірні та колеса (табл. 22.5 [46]) будуть такими:

$$\sigma_{Hlimb1} = 2 \cdot H_1 + 70 = 2 \cdot 280 + 70 = 730 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{Hlimb2} = 2 \cdot H_2 + 70 = 2 \cdot 245 + 70 = 560 \text{ МПа}.$$

Базу випробувань для матеріалу шестірні та колеса визначаємо за формулою:

$$N_{H01} = 30 \cdot H_1^{2.4} = 30 \cdot 280^{2.4} = 2.24 \cdot 10^7;$$

$$N_{H02} = 30 \cdot H_2^{2.4} = 30 \cdot 245^{2.4} = 1.63 \cdot 10^7.$$

Допустимі контактні напруження для зубців шестірні та колеса при коефіцієнті $Z_R = 1$ (шорсткість поверхонь зубців $R_a = 1,25 \dots 0,63$) та коефіцієнті запасу $s_H = 1.1$ знаходимо за формулами:

$$[\sigma]_{H1} = \frac{\sigma_{H\text{lim}b1} \cdot Z_R \cdot K_{HL}}{s_H} = \frac{730 \cdot 1 \cdot 1}{1.1} = 664 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{H2} = \frac{\sigma_{H\text{lim}b2} \cdot Z_R \cdot K_{HL}}{s_H} = \frac{560 \cdot 1 \cdot 1}{1.1} = 509 \text{ МПа}.$$

Допустиме граничне контактне напруження

$$[\sigma]_{H\text{max}} = 2.8 \cdot \sigma_{T2} = 2.8 \cdot 640 = 1792 \text{ МПа}.$$

б. Допустимі напруження на згин. Границі витривалості зубців при згині для бази випробувань $N_{FO} = 4 \cdot 10^6$

$$\sigma_{F\text{lim}b1} = 1.8 \cdot H_1 = 1.8 \cdot 280 = 504 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{F\text{lim}b2} = 1.8 \cdot H_2 = 1.8 \cdot 245 = 441 \text{ МПа},$$

Допустиме напруження на згин для зубців шестірні та колеса при коефіцієнті $K_{FC} = 1$ (нереверсивна передача) і коефіцієнті запасу $s_F = 2.2$ визначаємо за формулами:

$$[\sigma]_{F1} = \frac{\sigma_{F\text{lim}b1} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL}}{s_F} = \frac{504 \cdot 1 \cdot 1}{2.2} = 229 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{F2} = \frac{\sigma_{F\text{lim}b2} \cdot K_{FC} \cdot K_{FL}}{s_F} = \frac{441 \cdot 1 \cdot 1}{2.2} = 200 \text{ МПа}.$$

Для зубців шестірні та колеса граничне допустиме напруження на згин:

$$[\sigma]_{F1\text{max}} = \frac{4.8H_1}{s_F} = \frac{4.8 \cdot 280}{2.2} = 610 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_{F2\text{max}} = \frac{4.8H_2}{s_F} = \frac{4.8 \cdot 245}{2.2} = 534 \text{ МПа}.$$

4. Проектний розрахунок передачі.

Попередньо виберемо коефіцієнт ширини вінця $\psi_{ba} = 0,40$ і відповідно $\psi_{bd} = 0,5 \cdot \psi_{ba} (u + 1) = 0,5 \cdot 0,40 \cdot (4 + 1) = 1$.

За графіками на рис. 23.8 [46] залежно від ψ_{bd} визначаємо коефіцієнт нерівномірності навантаження по ширині зубчастих вінців, $K_{H\beta} = 1,07$.

Для сталевих прямозубих коліс допоміжний коефіцієнт $K_a = 430 \text{ МПа}^{1/3}$.

За формулою (23.32) [46] мінімальна міжосьова відстань передачі:

$$a_{\omega \min} = K_a \cdot (u + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{T_{1H} \cdot K_{H\beta}}{u \cdot \psi_{ba} \cdot [\sigma]_H^2}} = 430 \cdot (4 + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{180 \cdot 1,07}{4 \cdot 0,40 \cdot 528^2}} = 149,7 \text{ мм.}$$

Вибираємо фактичну міжосьову відстань $a_{\omega} = 160 \text{ мм}$.

Вибираємо число зубців шестерні $z_1 = 15$, а число зубців колеса $z_2 = uz_1 = 4 \cdot 15 = 60$. Візьмемо $z_2 = 60$.

За формулою модуль зубців

$$m'_n = \frac{2 \cdot a_{\omega} \cdot \cos \beta}{z_1 + z_2} = \frac{2 \cdot 160 \cdot \cos 0^\circ}{15 + 60} = 4 \text{ мм.}$$

За стандартом беремо $m_n = 4 \text{ мм}$.

5. Попередні значення деяких параметрів передачі.

Зовнішні ділильні діаметри шестерні та колеса визначаємо за формулами:

$$d_1 = m_n \cdot z_1 = 4 \cdot 15 = 60 \text{ мм.}$$

$$d_2 = m_n \cdot z_2 = 4 \cdot 60 = 240 \text{ мм.}$$

Ширина зубчастих вінців

$$b_2 = \psi_{ba} \cdot a_{\omega} = 0,40 \cdot 160 = 64 \text{ мм.}$$

$$b_1 = b_2 + 2 \text{ мм} = 64 + 2 = 66 \text{ мм.}$$

За формулою середня конусна відстань

$$R_m = R_e - 0,5 \cdot b = 131,56 - 0,5 \cdot 66 = 113,81 \text{ мм,}$$

Середній модуль зубців

$$m_m = \frac{m_e \cdot R_m}{R_e} = 7 \cdot \frac{113,81}{131,56} = 6,05 \text{ мм.}$$

Колова швидкість зубчастих коліс

$$v = 0.5 \cdot \omega_1 \cdot d_1 = 0.5 \cdot 100 \cdot 60 \cdot 10^{-3} = 3 \text{ м/с.}$$

За даними виберемо 8-й ступінь точності ($n_{cm} = 8$) для всіх показників точності зубчастих коліс та передачі.

Еквівалентні числа зубців конічних шестірні та колеса знаходимо за формулами:

$$z_{v1} = \frac{z_1}{\cos^3 \beta} = \frac{15}{\cos^3 0^\circ} = 15;$$

$$z_{v2} = \frac{z_2}{\cos^3 \beta} = \frac{60}{\cos^3 0^\circ} = 60.$$

Коефіцієнт торцевого перекриття зубців

$$\varepsilon_\alpha = \left(1.88 - 3.2 \cdot \left(\frac{1}{z_1} + \frac{1}{z_2} \right) \right) \cdot \cos \beta = \left(1.88 - 3.2 \cdot \left(\frac{1}{15} + \frac{1}{60} \right) \right) \cdot 1 = 1.613.$$

Колова сила у зачепленні зубчастих коліс

$$F_t = F_{Ht} = F_{Ft} = 2 \cdot \frac{T_1}{d_1} = 2 \cdot \frac{180 \cdot 10^3}{60} = 6000 \text{ Н.}$$

6. *Розрахунок активних поверхонь зубців на контактну втому.*

Попередньо визначимо коефіцієнти:

$Z_M = 275 \text{ МПа}^{1/2}$ — коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалів зубчастих коліс (для сталевих коліс);

$Z_H = 1,77$ — коефіцієнт форми спряжених поверхонь зубців;

$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{\varepsilon_\alpha}} = \sqrt{\frac{1}{1.613}} = 0.79$ — коефіцієнт сумарної довжини контактних ліній;

$K_{H\alpha} = 1,07$ — коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубцями;

$K_{H\beta} = 1,06$ — див. п. 4 розрахунку;

$K_{Hv} = 1,03$ — коефіцієнт динамічного навантаження

За формулою питома розрахункова колова сила

$$w_{Ht} = \frac{F_{Ht}}{b_2} \cdot K_{H\alpha} \cdot K_{H\beta} \cdot K_{Hv} = \frac{6000}{60} \cdot 1,07 \cdot 1,07 \cdot 1,03 = 117,92 \text{ Н/мм.}$$

За формулою розрахункове контактне напруження

$$\sigma_H = Z_M \cdot Z_H \cdot Z_\varepsilon \cdot \sqrt{\left(\frac{w_{Ht}}{d_1}\right) \cdot \left(\frac{u+1}{u}\right)} = 275 \cdot 1.77 \cdot 0.79 \cdot \sqrt{\left(\frac{117.92}{60}\right) \cdot \left(\frac{4+1}{4}\right)} = 599,87 \text{ МПа.}$$

Можна вважати, що стійкість зубців проти втомного викришування їхніх активних поверхонь забезпечується, оскільки розрахункове контактне напруження $\sigma_H = 599,87$ МПа перевищує допустиме $[\sigma]_H = 590$ МПа на 1,02 % (допускається до 5 %).

7. Розрахунок активних поверхонь зубців на контактну міцність.

При дії максимального навантаження за формулою

$$\sigma_{H \max} = \sigma_H \cdot \sqrt{\frac{T_{1 \max}}{T_1}} = 599,87 \cdot \sqrt{\frac{360}{180}} = 848,34 \text{ МПа.}$$

Контактна міцність зубців забезпечується, тому що $\sigma_{H \max} = 848,34$ МПа < $[\sigma]_{H \max} = 1792$ МПа.

8. Розрахунок зубців на втому при згині.

Розрахункові коефіцієнти:

$Y_{F1} = 3,90$, $Y_{F2} = 3.60$ — коефіцієнти форми зубців);

$Y_\varepsilon = 1$ — коефіцієнт перекриття зубців;

$Y_\beta = 1$ — коефіцієнт нахилу зубців (для прямозубої передачі);

$K_{F\alpha} = 1$ — коефіцієнт, що враховує розподіл навантаження між зубцями;

$K_{F\beta} = 1.12$ — коефіцієнт нерівномірності навантаження по ширині зубчастих вінців;

$K_{Fv} = 1.10$ — коефіцієнт динамічного навантаження зубців.

За формулою питома розрахункова колова сила

$$w_{Ft} = \left(\frac{F_{Ft}}{b_2}\right) \cdot K_{F\alpha} \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv} = \frac{6000}{60} \cdot 1 \cdot 1.12 \cdot 1.10 = 123,2 \text{ Н/мм.}$$

Розрахункове напруження згину в зубцях шестірні та колеса визначаємо за

формулою:

$$\sigma_{F1} = \frac{Y_{F1} \cdot Y_{\varepsilon} \cdot Y_{\beta} \cdot w_{Ft}}{m_n} = \frac{3,90 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 123,2}{4} = 120,12 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{F2} = \frac{Y_{F2} \cdot Y_{\varepsilon} \cdot Y_{\beta} \cdot w_{Ft}}{m_n} = \frac{3,60 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 123,2}{4} = 110,88 \text{ МПа}.$$

Стійкість зубців проти втомного руйнування при згині забезпечується, оскільки розрахункові напруження в зубцях шестірні та колеса менші за відповідні допустимі напруження $[\sigma]_{F1} = 229 \text{ МПа}$ і $[\sigma]_{F2} = 200 \text{ МПа}$.

9. Розрахунок зубців на міцність при згині.

Під час дії максимального навантаження за формулою :

$$\sigma_{F1\max} = \sigma_{F1} \left(\frac{T_{1\max}}{T_1} \right) = 120,12 \cdot \left(\frac{360}{180} \right) = 240,24 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_{F2\max} = \sigma_{F2} \left(\frac{T_{1\max}}{T_1} \right) = 110,88 \cdot \left(\frac{360}{180} \right) = 221,76 \text{ МПа}.$$

Міцність зубців на згин під час дії максимального навантаження також забезпечується, оскільки максимальні розрахункові напруження менші від граничних допустимих напружень $[\sigma]_{F1\max} = 610 \text{ МПа}$ і $[\sigma]_{F2\max} = 534 \text{ МПа}$.

10. Розрахунок параметрів зубчастої передачі.

Розміри елементів зубців:

- висота головки зубця

$$h_a = m_n = 4 \text{ мм};$$

- висота ніжки зубця

$$h_f = 1,25 \cdot m_n = 1,25 \cdot 4 = 5 \text{ мм};$$

- висота зубця

$$h = 2,25 \cdot m_n = 2,25 \cdot 4 = 9 \text{ мм};$$

- радіальний зазор

$$c = 0,25 \cdot m_n = 0,25 \cdot 4 = 1 \text{ мм};$$

- кут профілю зубців

$$\alpha_n = 20^\circ.$$

Розміри вінців зубчастих коліс:

- зовнішні ділильні діаметри $d_1 = 60$ мм; $d_2 = 240$ мм (див. п. 5 розрахунку);

- діаметри вершин зубців

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot m_n = 60 + 2 \cdot 4 = 68 \text{ мм};$$

$$d_{a2} = d_2 + 2 \cdot m_n = 240 + 2 \cdot 4 = 248 \text{ мм};$$

- діаметри впадин

$$d_{f1} = d_1 - 2,5 \cdot m_n = 60 - 2,5 \cdot 4 = 50 \text{ мм};$$

$$d_{f2} = d_2 - 2,5 \cdot m_n = 240 - 2,5 \cdot 4 = 230 \text{ мм};$$

Міжосьова відстань передачі

$$a_o = 0,5 \cdot m \cdot (z_1 + z_2) = 0,5 \cdot 4 \cdot (15 + 60) = 150 \text{ мм}.$$

11. *Сили в зачепленні зубців передачі.*

Колова сила (див. п. 5 розрахунку) $F_t = 6000$ Н.

Радіальна сила:

$$F_r = \frac{F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\cos \beta} = \frac{6000 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ}{\cos 0^\circ} = 2184 \text{ Н}.$$

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Конструктивні особливості та умови роботи поршневих пальців дизельних двигунів

Дизельні двигуни СМД-60, СМД-62, ЯМЗ-236 та інші є основним силовим агрегатом ряду машин, таких як трактори, комбайни, навантажувачі, поливальні системи та інші. Відомо, що більшість з цих машин працює в умовах підвищених навантажень і наявності абразивного середовища. В процесі експлуатації деталі двигунів зазнають впливу сил змінних як за величиною, так і за знаком, а також підлягають інтенсивному абразивному зношуванню.

Однією з найбільш відповідальних складових частин двигуна є кривошипно-шатунний механізм (КШМ), елементи якого умовно поділяють на дві групи: нерухомі і рухомі. До нерухомих елементів відносяться циліндри, головка циліндрів, картер з підшипниками колінчатого валу і з'єднувальні деталі.

При роботі двигуна верхня поверхня поршня, сприймаючи тиск, що утворюється в результаті згоряння паливної суміші, починає рухатись в бік збільшення об'єму камери згоряння. Отримана хімічна енергія від спалаху робочої суміші перетворюється в механічну енергію, яка витрачається на подолання сил опору машини та органів руху робочих органів на колінчатому валі. Передача зусилля від поршня до колінчатого валу здійснюється за допомогою шатуна, який у верхній частині шарнірно з'єднується з поршнем за допомогою поршневого пальця, а у нижній частині з'єднується з шатунною шийкою колінчатого валу. Всі зазначені параметри зумовлюють підвищені вимоги до деталей кривошипно-шатунного механізму.

Однією з деталей, що лімітує довговічність дизельних двигунів є поршневий палець. Поршневий палець призначений для шарнірного з'єднання поршня з шатуном двигуна. При шорсткості $R_a \leq 0,16$ мкм, для різних типорозмірів пальців складає від 0,002 до 0,004 мм.

Через те, що сполучення " поршневий палець – поршень" працює переважно

в напівсухій і граничній фазах тертя, то в процесі експлуатації поршневі пальці піддаються інтенсивному зношуванню. Внаслідок зношування збільшується зазор між пальцем і втулкою верхньої головки шатуна. Це в свою чергу сприяє зростанню ударних навантажень, тиску мастила, що і призводить до підвищеного зношування пар тертя. Поява металевого стукоту під час роботи двигуна свідчить про те, що зазор сполучення "палець - поршень" є гранично допустимим. Розміри зазору в цьому випадку для різних пальців дизельних двигунів знаходяться в межах від 0,007 до 0,01 мм. Подальше збільшення зазору призводить до руйнування поршня і виходу з ладу двигуна в цілому. Тому для запобігання цього необхідно чітко дотримуватися правил проведення технічних обслуговувань і при наявності граничного зазору виконувати ремонт деталей циліндро-поршневої групи.

Матеріалом для виготовлення ПП тракторних дизельних двигунів служить переважно хромонікелева сталь 12ХНЗА. Допускається виготовлення поршневих пальців зі сталей інших марок, фізико-механічні властивості яких не нижчі ніж у сталей 12ХНЗА і 20Г. Хімічний склад сталі 12ХНЗА наведено в таблиці 2.1.

Хімічні елементи, що входять до складу даної сталі (таблиця 2.1), свідчать про її в'язкість і те, що заготовку деталі можна отримати шляхом видавлювання з суцільного диска.

Зовнішня поверхня поршневих пальців підлягає цементації, після чого здійснюється загартовування. Загальна товщина цементованого шару становить 1,1...1,8 мм.

Таблиця 4.1 - Хімічний склад сталі 12ХНЗА

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	S, %	P, %	Інші елементи, %
0,09...0,16	0,3...0,6	0,17...0,37	0,6...0,9	2,75...3,50	0,025...0,030	0,025	≤ 0,2

Твердість робочої поверхні поршневих пальців у відповідності з вимогами ДСТУ 616-99 повинна мати величину від HRC 56 до 63, а серцевини – від HRC 20

до 35.

4.2 Аналіз характеру та величини зношування поршневих пальців

Різна інтенсивність зношування поршневих пальців обумовлена і порушенням масляного шару під час роботи спряжень внаслідок деформування деталей під дією змінних по величині і напрямку сил, різниці температур тертя і навколишнього середовища, недостатньої подачі змащувального матеріалу до зони тертя і зниження його в'язкості та прояву інших причин. Найбільш швидко спрацьовуються поршневі пальці з недостатньо високою вихідною твердістю.

При граничному змащуванні коефіцієнт тертя досягає найменшого значення і відповідно цим умовам тертя встановлюється оптимальний параметр шорсткості.

На поверхні поршневого пальця двигуна, працюючого разом з бронзовою втулкою верхньої головки шатуна, параметр шорсткості в середньому складає $R_a = 0,081$ мкм, а у пальців, працюючих у парі з алюмінієвими бобишками поршня $R_a = 0,099$ мкм. Тобто, можна припустити, що ці спряження спрацьовуються в умовах, близьких до граничного тертя.

Зі збільшенням вихідної шорсткості поршневого пальця двигуна у порівнянні з раціональною підвищується спрацювання як самого поршневого пальця так і втулки верхньої голівки шатуна. Зменшення шорсткості поверхні поршневого пальця призводить до деякого несуттєвого збільшенню спрацювання деталей спряження.

У процесі роботи поверхня верхньої частини бобишок поршня набуває незначної шорсткості по всій довжині контакту з поршневим пальцем. Поверхня нижньої частини бобишок поршня шатуна також має незначну шорсткість, але з боку циліндра на ній знаходилися частково згладжені риски.

У процесі припрацювання спряжень змінюються умови тертя, напівсухе тертя переходить у граничне, при цьому знижується коефіцієнт тертя до деякого мінімуму, обумовленого товщиною масляної плівки, шорсткості поверхонь тертя, тиском, температурою (середовища і тертя) і зміною швидкості ковзання від 0 до

2,0 м/с.

Вплив залишкових напружень на експлуатаційні властивості матеріалу ПП добре висвітлено в роботах різних авторів. Але зробити який-небудь однозначний висновок про вплив залишкових напружень на зносостійкість деталей на основі літературних джерел не виявляється можливим, оскільки на зносостійкість крім залишкових напружень впливає твердість поверхневого шару.

Поршневий палець під впливом діючих на нього сил деформується, в результаті чого у його поверхневому шарі з'являються розтягуючі або стискаючі напруження.

Слід зазначити, що посилення факторів, що знижують величину напружень в матеріалі поршневого пальця, сприяє зменшенню величини його спрацювання і навпаки. Цей факт підтверджується експериментально.

В процесі тертя, в результаті впливу температури і дії поверхневих дотичних і нормальних сил, у поверхневому шарі термічно оброблених сталевих деталей порушується правильність побудови кристалічної решітки і проходить подальше подрібнення блоків і розпад перенасиченого твердого розчину з утворенням високодисперсної карбідної фази. В процесі деформування тонкий поверхневий шар цементованого загартованого поршневого пальця значно зміцнюється.

Поршневі пальці після цементації підлягають загартуванню і відпусканню. При цих процесах проходить подрібнення структури і спотворення кристалітів і кристалічної решітки, що обумовлює виникнення залишкових напружень стискання в поверхневих шарах і підвищення твердості металу.

Експериментально встановлено, що у цементованих, загартованих і відпущених поршневих пальцях двигунів залишкові напруження, що мають стискуючий характер знаходилися у межах 400...700 МПа і розповсюджувались на глибину 80...170 мкм.

Відмітимо також, що для цементованого поршневого пальця двигуна в областях спряжень зі втулками верхньої головки шатуна і з отворами бобишок поршня, напруження стискування залишаються практично однаковими як по

величині, так і за характером зміни.

Для практики дуже важливим є розв'язання питання, що надає вирішальний вплив на підвищення зносостійкості сталі структура цементованого шару чи стискаючих залишкових напружень, які виникають у поверхневому шарі після цементації. Виявлено, що у поверхневому шарі цементованої сталі утворюються значні по величині напруження стискування, які різко знижуються по мірі їх проникнення у товщину металу і потім переходять у розтягуючі напруження. У зразках, з видаленим після шліфування поверхневим цементованим шаром товщиною 0,2 мм, в процесі загартування утворюються залишкові напруження стискування величиною 750...1050 МПа.

Дослідженнями проведеними в роботах деяких вчених встановлено, що на поверхні цементованих деталей після гідротермічної роздачі не тільки не спостерігається різкого підвищення концентрації вуглецю, а навпаки, поверхневий шар збіднюється на вуглець. Суттєвої зміни залишкових напружень стискування від вмісту вуглецю не виявлено. Присутність вуглецю в сталі змінює межі пружної деформації кристалів мартенситу від $(2,5...3)10^{-3}$ (при 0,1 % C) до 810^{-3} (при 1,4 % C).

У загартованих деталях залишкове напруження обумовлене структурними перетвореннями. Разом з тим нагрівання деталей до температури високого відпускання і швидке інтенсивне охолодження знижують величину залишкового напруження стискування у поверхневому шарі за рахунок структурних перетворень.

Оскільки в процесі тертя беруть участь поверхневі шари, то опір зношуванню деталей залежить і від фізичних властивостей матеріалу поверхневого шару. Пластичне деформування і температурні градієнти сприяють утворенню метастабільних фаз, відмінних від тих, що отримуються при звичайній термічній обробці. В залежності від ступеню подрібнення блоків мозаїки і величини пружної деформації мікрообластей змінюється характер опору металу процесу зношування.

Підвищення опору деформуванню сталі можливо внаслідок утворення

тонкої субструктури і зміни властивостей кристалів в об'ємі субмікрообластей. Це призводить до більш повного використання міжатомних зв'язків, а отже до підвищення міцності металу.

Значне підвищення опору зношуванню сталених поршневих пальців обумовлено і характером їх нагрівання та наступним процесом охолодження.

Твердість матеріалу поршневого пальця можна значно підвищити в процесі пластичного деформування за рахунок часткового перетворення аустеніту в мартенсит, додаткового виділення дисперсної фази й подрібнення структури.

На процес зношування поршневого пальця значно впливає і якість мастил. Відомо, що якість автомобільних мастил вища. Автомобілі мають кращу фільтрацію і полегшені умови роботи щодо запиленості. Трактор у сільському господарстві в 70% випадків експлуатується в умовах запиленості, а отже, посиленого абразивного зношування. Порівняльний аналіз, величини і характеру зношування ПП при експлуатації дизельних двигунів сільськогосподарської техніки, тракторів і автомобілів в літературі практично відсутній.

Зношування поршневих пальців дизельних двигунів залежить від багатьох причин, які не пов'язані між собою певною залежністю і в сукупності своїй є випадковими. Тому для обґрунтування можливості відновлення поршневих пальців до номінальних розмірів необхідно застосувати статистичні методи, виявити фактори, що мають суттєвий вплив на величину і характер зношування поршневих пальців, побудувати статистичну модель їх спрацювання.

4.3 Характеристика конструктивно-технологічних особливостей відновленої деталі

Поршневим пальцем поршень шарнірно з'єднується із шатуном. Палець являє собою пустотілий циліндр розміром 45 x 25 x 110 (рис 4.1).

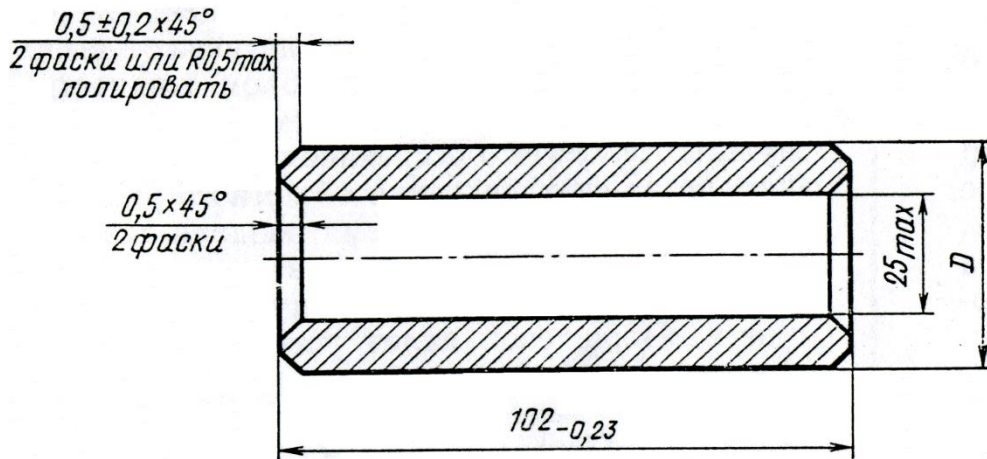


Рисунок 4.1 – Поршневий палець

Від осевого переміщення в бобишках поршня палець утримується пружинними стопорними кільцями, у яких для полегшення монтажу є відігнуті усередину вусики.

Виготовлений із хромонікелевої сталі 12ХН3А поршневий палець, підлягає поверхневій цементації та загартуванню для забезпечення високої зносостійкості, міцності й опору ударним навантаженням. По мікроструктурі зовнішній цементований шар матеріалу пальця пальця являє собою мартенсит голчастої будови, а серцевина являє собою маловуглецевий мартенсит із окремими включеннями фериту, при цьому товщина цементованого шару складає 1,1-1,8 мм, твердість HRC 56-63. Для одержання на робочій поверхні пальця величини шорсткості не нижче 9 класу, після процесів цементації й загартування, проводять технологічні операції шліфування і полірування, можлива також обробка алмазним вигладжуванням. Для зміцнення матеріалу поверхневих шарів внутрішньої поверхні пальця використовують процес дорнування.

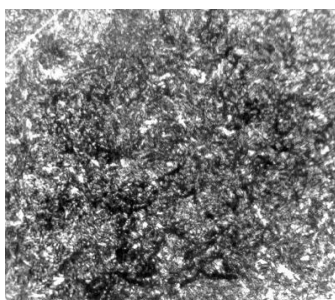
При сортуванні поршневих пальців по зовнішньому діаметру на дві розмірні групи використовують маркування, аналогічне як і при сортуванні поршнів. Різниця в масі поршневих пальців згідно заданої точності не повинна перевищувати 5 гр, і при необхідності, масу поршневих пальців вирівнюють за рахунок збільшення фаски по внутрішньому діаметру до 3 мм.

4.4. Дослідження структури та властивостей матеріалу відновлених поршневих пальців

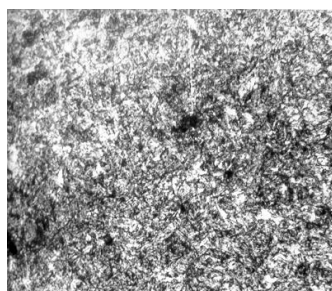
4.4.1. Мікроструктура матеріалу поршневих пальців.

Дослідження показали, що від умов нагрівання і охолодження залежить як величина роздачі так і якість поршневого пальця. Мікроструктура загартованого цементованого шару поршневого пальця являє собою дрібногочастий мартенсит не вище 4 балу з рівномірно розподіленими включеннями, цементиту, залишкового аустениту та троститу (рис. 4.2, 4.3). В мікроструктурі серцевини знаходяться окремі включення фериту (рис 4.2). Кількість залишкового аустеніту не перевищує 18% для оптимальних режимів відновлення технічного обслуговування запропонованим способом, що узгоджується з ДСТУ 619-99.

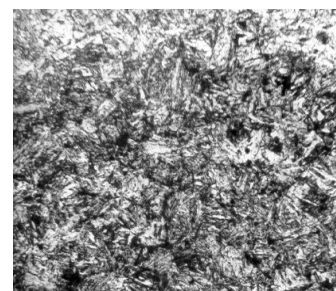
Глибину загартованого цементованого шару визначали як за мікротвердістю, так і за мікроструктурою. Товщина загартованого шару склала 1,2...2,0 мм.



а)



б)



в)

Рисунок 4.2 – Мікроструктура загартованого цементованого шару поршневого пальця після ЕКН і комбінованого спреїєрного охолодження: а) поверхневий шар; б) перехідна зона; в) серцевина

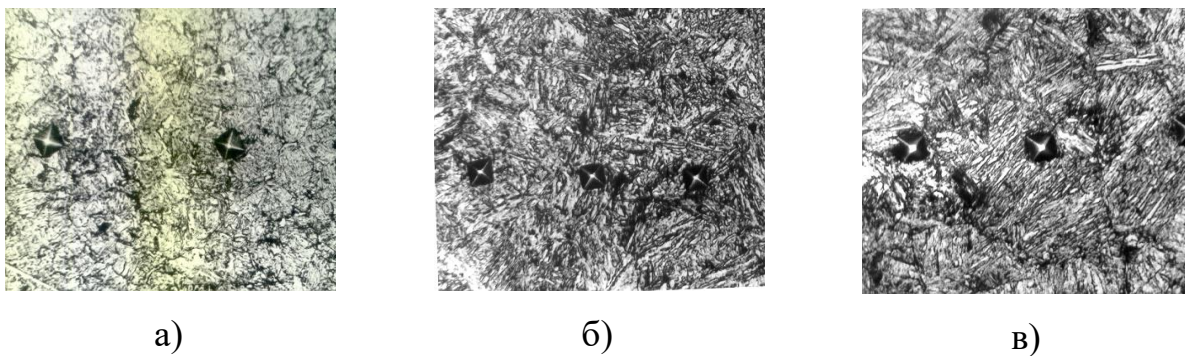


Рисунок 4.3 – Мікроструктура загартованого цементованого шару поршневого пальця після ЕКН і комбінованого спреїєрного охолодження з вимірюванням мікротвердості: а) поверхневий шар; б) перехідна зона; в) серцевина

Для порівняння поршневих пальців на рис. 4.4, 4.5 наведено мікроструктури поверхневих загартованих цементованих шарів різними способами відновлення.

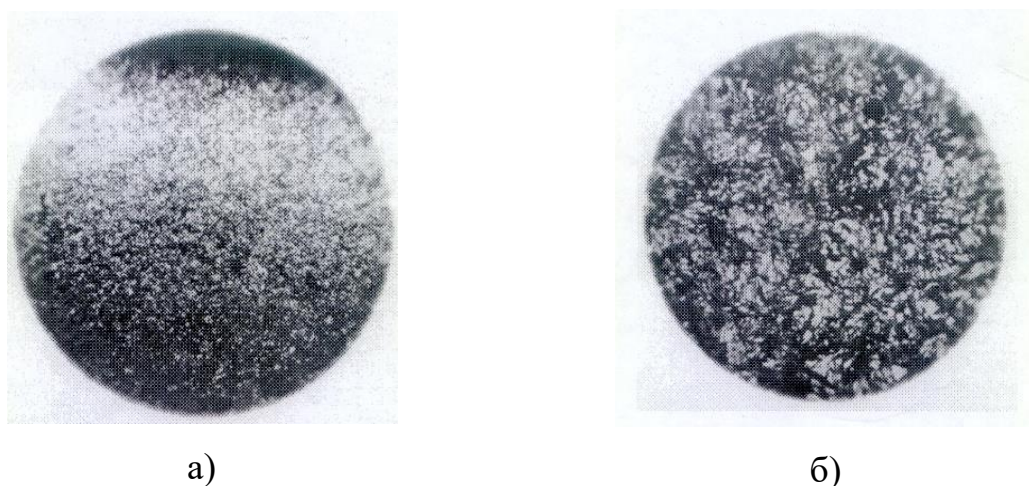


Рисунок 4.4 – Мікроструктура загартованого цементованого шару з нагріванням ЕКН і комбінованим спреїєрним охолодженням: а) x120; б) x440.



Рисунок 4.5 – Мікроструктура загартованого цементованого шару з нагріванням СВЧ і проточним охолодженням: а) x120; б) x440.

Дані металографічного аналізу наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати металографічного аналізу

№ зразків	Характеристика мартенситу	Бал	Вміст залишкового аустеніту, %, γ
1	Дрібно- і середньогольчастий	4-3	26
2	Середньогольчастий	6-7	25
3	Дрібноогольчастий	4	24
4	Середньогольчастий	5	23
5	Середньогольчастий	4	22
6	Дрібноогольчастий	до 4	20
7	Дрібноогольчастий	до 4	18

Результати структурного аналізу свідчать про те, що структури металу поршневих пальців відповідають вимогам ДСТУ 619-99. Матеріал поверхневого шару поршневого пальця після цементації, являє собою мартенсит (4-го класу і нижче), при цьому спостерігається тенденція до подрібнення зерна (цементитної) сітки, аналогічно і для внутрішніх шарів.

Таблиця 4.3 – Результати дослідження фазового складу зразків

Зразки	Місце зрізу	Відсотковий вміст залишкового аустеніту, %, γ	Ширина лінії В, ряд
1	2	3	4
1	Робоча поверхня	24	0,07272
1	1 Серцевина	18	0,03127
2	Робоча поверхня	18	0,03127
2	2 Серцевина	-	0,06254
3	Робоча поверхня	21	0,06672
3	Серцевина	-	0,04108
4	Робоча поверхня	20	0,06421
4	Серцевина	-	0,04503

Дані наведені в таблиці 4.3 при вибраних режимах, говорять про те, що

даний вид термічної обробки являє собою різновид циклічного електротермічного покращення структури, яке полягає в подрібненні зерна (голок мартенситу) як поверхневих, так і внутрішніх шарів, подрібненні і більш рівномірному розподіленні карбідів і збільшенні мікротвердості мартенситних кристалів. Про протікання цих процесів свідчить зростання мікротвердості поверхневих шарів поршневих пальців.

4.4.2. Твердість та мікротвердість робочої поверхні матеріалу поршневих пальців.

В процесі експериментальних досліджень встановлено, що твердість робочої поверхні поршневих пальців після відновлення методом електроконтактним нагріванням і комбінованим спреєрним охолодженням знаходиться в межах 59...64 HRC, що відповідає вимогам ДСТУ 619-99. Твердість зовнішньої циліндричної поверхні нових поршневих пальців склала HRC 59...60, відновлених ГТР – HRC 59...62, відновлених електроконтактним нагріванням і комбінованим спреєрним охолодженням – HRC_e 60...64.

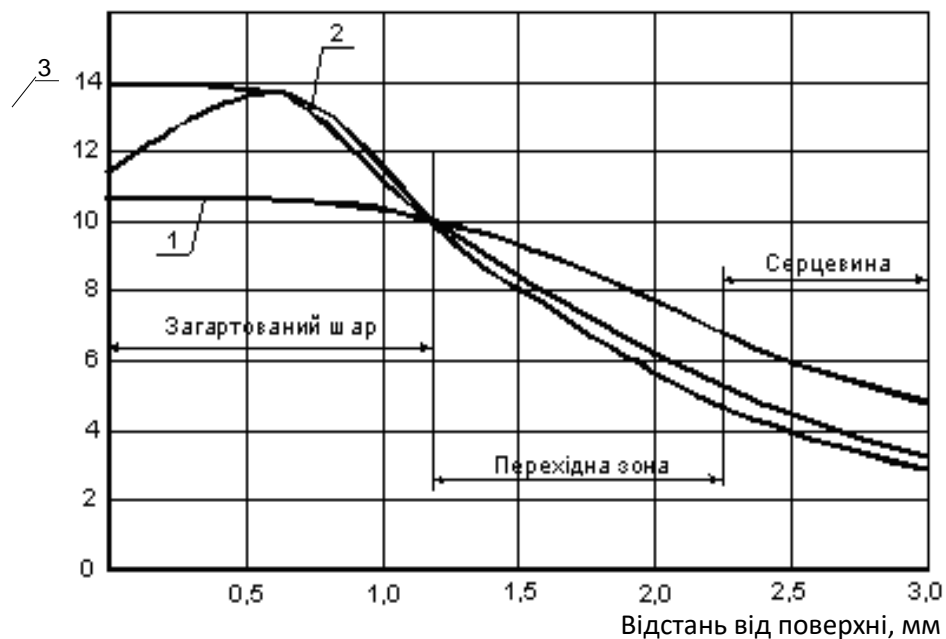


Рисунок 4.6 – Зміна мікротвердості загартованого шару повздовж радіуса відновленого поршневого пальця: 1 – нові; 2 – після ГТР; 3 – запропонованим способом.

Глибина загартованого шару складає 1,1...1,6 мм. Величина мікротвердості при відновленні поршневих пальців методом ГТР більша на 6...8%, а застосування обробки холодом – більша на 12...15% від величини мікротвердості поршневих пальців відновлених ГТР з індукційним нагріванням. Спостерігається аналогічне збільшення й товщини загартованого шару.

4.4.3. Внутрішні напруження матеріалу поршневих пальців

При неодночасному охолодженні поршневих пальців по всьому перерізу, змінюється характер розподілу напружень по мірі охолодження. При охолодженні зовнішній шар внутрішньої поверхні перестає скорочуватися в розмірах, одночасно з цим дальній глибший шар металу охолоджуючись, скорочується. Даний шар приводить до стягнення внутрішнього холодного металу, при цьому створюються в ньому розтягуючі напруження.

Охолодження глибших шарів в поверхневому цементованому шарі, приводить до виникнення розтягуючих напружень.

В процесі перетворення аустеніту в мартенсит, виникають напруження, які зумовлені структурними перетвореннями при охолодженні із збільшенням об'єму. Це процес відбувається при значному зниженні температури цементованого поверхневого шару нижче 350 °С, а загартовані шари збільшуються в об'ємі, чому, як правило, перешкоджає зв'язок поверхневого шару матеріалу з серцевиною. З боку серцевини загартований поверхневий шар матеріалу зазнає напружень стиску, при одночасному розтягуванні серцевини.

По мірі охолодження, при термічній обробці, процес утворення мартенситу розвивається в напрямку до зовнішньої поверхні, при зміні початкового розподілу залишкових напружень. При збільшенні об'єму металу в загартованих шарах виникають стискуючі напруження.

Внаслідок охолодження процес збільшення об'єму, відбувається в усьому нагрітому поверхневому шарі, а в наслідок структурних перетворень збільшення

об'єму відбувається в цементованому поверхневому шарі, величина якого значно менша. Як і мартенситне перетворення так і перелічені вище перетворення відбувається при температурі нижче за 350 °С, при мало пластичній сталі, а залишкові напруження залишаються стискуючими після повного охолодження.

Схема розподілу залишкових напружень в поршневих пальцях показана на рисунку 4.7.

До основних факторів, які впливають на величину і характер розподілу залишкових напружень відносяться: твердість і глибина загартованого поверхневого шару матеріалу, режимів нагрівання та охолодження, якості вихідного матеріалу, характеру розподілу загартованого шару по всій поверхні деталі.

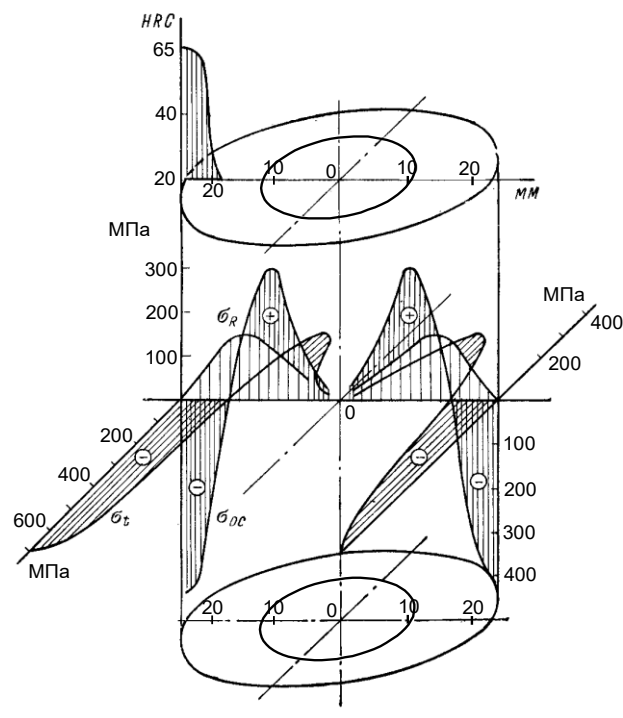


Рисунок 4.7 – Характер розподілу трьох основних векторів залишкових напружень в поршневих пальцях після електроконтактного нагрівання і комбінованого спреєрного охолодження.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Безпека електроустановок

Електроустановки повинні відповідати вимогам Правил будови електроустановок, Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів та іншим чинним нормативним актам.

В приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних відносно ураження людей електрострумом при встановленні світильників напругою 220 В загального освітлення з лампами розжарювання і газорозрядними лампами на висоті менше 2,5 м необхідно застосовувати світильники, конструкція яких виключає доступ до ламп без застосування інструменту. Електропроводка, що підводиться до світильників, повинна бути в металевих трубах, рукавах або захисних оболонках.

Для живлення світильників місцевого стаціонарного освітлення з лампами розжарювання повинна застосовуватися напруга: в приміщеннях без підвищеної небезпеки – не вище 220 В, а в приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних – не вище 42 В.

Світильники з люмінесцентними лампами напругою 127-220 В допускається застосовувати для місцевого освітлення при умові недоступності їх струмопровідних частин для випадкового дотику.

В приміщеннях сирих, особливо сирих жарких і з хімічно активним середовищем застосування люмінесцентних ламп для місцевого освітлення допускається тільки в арматурі спеціальної конструкції.

Електричне управління агрегатами мийної установки повинно бути низьковольтним (не вище 42 В).

У вибухонебезпечних приміщеннях електроустановки повинні бути у вибухозахисному виконанні, а в пожежонебезпечних – мати ступінь захисту, відповідний класу пожежної небезпеки.

На електродвигуни, світильники, інші електричні машини, апарати та обладнання, встановлені у вибухонебезпечних або пожежонебезпечних зонах, повинні бути нанесені знаки, що вказують їх ступінь захисту.

Освітлення оглядових каналів світильниками (з лампами розжарювання або люмінесцентними лампами), живлення яких здійснюється напругою 127-220 В, дозволяється при додержанні наступних умов:

- вся проводка повинна бути внутрішньою (схованою), яка має надійну електро- і гідроізоляцію;
- освітлювальна арматура і вимикачі повинні мати електро- і гідроізоляцію;
- світильники слід закривати склом і огороджувати захисною решіткою; металевий корпус світильника слід заземлити.

Для живлення переносних світильників у приміщеннях із підвищеною небезпекою і особливо небезпечних використовують напругу не вище 42 В.

При наявності особливо несприятливих умов, коли небезпека ураження електрострумом посилюється тісністю, незручністю, дотиком із заземленими поверхнями (робота в котлах, ємкостях тощо), для живлення переносних світильників використовується напруга не вище 12 В.

Переносні світильники, що застосовуються в оглядових каналах, зонах профілактичного обслуговування та ремонту транспортних засобів, інших пожежонебезпечних зонах, повинні мати захисний скляний ковпак із захисною металевою сіткою.

Для живлення переносних і пересувних електроприймачів повинні застосовуватися шнури і гнучкі кабелі з мідними жилами, спеціально призначені для цієї мети, з урахуванням можливих механічних впливів.

Все електрообладнання (корпуси електричних машин, апаратів, світильників, розподільних пристроїв, металеві корпуси пересувних та переносних електроприймачів тощо) повинні мати надійне захисне заземлення або занулення.

Вимірювання опору ізоляції, визначення опору заземлюючих пристроїв, перевірка ланцюга між заземлювачами та заземлюючими елементами та інші випробування електроустановок повинні проводитися в обсязі та з періодичністю, які вказані в Правилах технічної експлуатації електроустановок споживачів.

Розподільні пристрої повинні мати чіткі написи, що вказують призначення окремих ланцюгів і панелей.

Струмоведачі частини пускорегулюючих і захисних апаратів повинні бути захищені від випадкових дотиків. У спеціальних приміщеннях (електромашинних, щитових, станцій керування тощо) допускається відкрита (без захисних кожухів) установка апаратів.

Дверці розподільних пристроїв повинні запиратися на ключ.

На приводах комутаційних апаратів повинні бути чітко вказані положення «включено» та "відключено".

Плавкі вставки запобіжників повинні бути калібровані із зазначенням на клеймі номінального струму вставки (клеймо ставиться заводом-виготовлювачем або електротехнічною лабораторією). Застосування саморобних некаліброваних плавких вставок забороняється.

Забороняється:

- встановлювати або замінювати лампи в світильниках, що знаходяться під напругою;
- навішувати на електропроводку і інше електрообладнання будь-які предмети, обгортати електролампи папером або тканиною;
- улаштовувати у виробничих та інших приміщеннях тимчасову електропроводку, за винятком випадків ремонту приміщень і реконструкції електромережі. Тимчасова електропроводка повинна монтуватися згідно з діючими правилами і нормами;
- включати освітлення і будь-які інші електротехнічні установки за допомогою з'єднання оголених кінців проводів.

5.2 Розрахунок штучного освітлення поста

Задача. Розрахувати систему загального рівномірного освітлення з лампами розжарювання для поста ПР, в якому виконуються зорові роботи грубої точності (розряд VI).

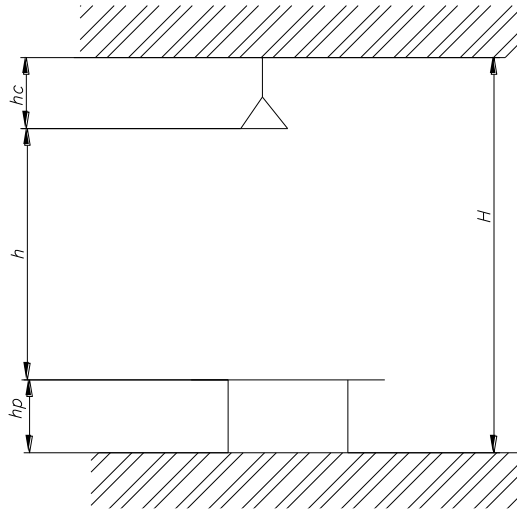


Рисунок 5.1 – Схема визначення висоти підвісу світильника

Розміри приміщення: довжина $a = 36$ м, ширина $b = 24$ м, висота $H = 5,2$ м. приміщення має світлову побілку: коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{стелі}} = 70\%$, $\rho_{\text{стін}} = 50\%$, $\rho_{\text{робочої п.}} = 10\%$. Висота робочих поверхонь (верстака слюсарного) $h_p = 1$ м. для освітлення прийнято світильники типу УПМ-15, які підвішуються до стелі; відстань від світильника до стелі $h_c = 0,5$ м. мінімальна освітленість за нормами $E = 150$ лк.

Визначаємо висоту підвісу світильників над підлогою

$$h_o = H - h_c = 5,2 - 0,5 = 4,7 \text{ м.} \quad (5.1)$$

для світильників загального освітлення з лампами розжарювання потужністю більше 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно до СніП II-4-79 повинна бути $4-6$ м, залежно від характеристики світильника. В нашому випадку h_o відповідає цій вимозі.

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею дорівнює:

$$h = h_o - h_p = 4,7 - 1 = 3,7 \text{ м.} \quad (5.2)$$

Рівномірність освітлення досягається при відповідному співвідношенні відстані між світильниками L і висоти їх підвісу h . Визначимо рекомендовану відстань між світильниками:

$$L = 0,7h = 0,7 \cdot 3,7 = 2,59 \text{ м.} \quad (5.3)$$

Необхідна кількість світильників становить:

$$N = \frac{ab}{L^2} = \frac{24 \times 36}{6,708} = 129. \quad (5.4)$$

Приймаємо 130 світильників, враховуючи розміри приміщення розміщуємо їх у 24 стовпці по 5 штук.

Показник приміщення i становить:

$$i = \frac{ab}{h(a+b)} = \frac{24 \times 36}{3,7(24+36)} = 3,89 \quad (5.5)$$

Таким чином коефіцієнт використання $\eta = 0,55$ для світильника УПМ-15 при $i = 3,89$, $\rho_{стелі} = 70\%$, $\rho_{стін} = 50\%$, $\rho_{робочої п.} = 10\%$.

Світловий потік одного світильника, а значить і лампи, оскільки за конструктивним виконанням у світильнику встановлюється тільки одна лампа, розраховується за формулою:

$$\Phi_{л} = \frac{ESKz}{N\eta}, \quad (5.6)$$

де, E – нормоване значення освітленості;

S – площа приміщення, м^2 ;

K – коефіцієнт запасу, $K = 1,3$;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості; при лампах розжарювання $z = 1,15$;

Отже,

$$\Phi_{л} = \frac{150 \cdot 864 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{130 \cdot 0,55} = 2709,8 \text{ лм.} \quad (5.7)$$

За таблицею вибираємо лампу Г-170 потужністю 170 Вт , світловий потік якої становить 2606 лм . Хоча значення на 7% менше розрахункового, однак не перевищує встановлену норму – $10\% < \Phi_{л} > +20\%$.

Сумарна електрична потужність усіх світильників, встановлених у приміщенні становить:

$$\sum P_{ce} = P_{ce} \cdot N = 170 \cdot 130 = 22100 \text{ Вт} \quad (5.8)$$

5.3 Організація оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях

Оповіщення – доведення сигналів і повідомлень органів ЦО про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій і населення.

Система оповіщення цивільної оборони (далі – система оповіщення ЦО) – комплекс організаційно-технічних заходів, апаратури і технічних засобів оповіщення, апаратури, засобів та каналів зв'язку, призначених для своєчасного доведення сигналів та інформації з питань цивільної оборони до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій і населення.

Положення про організацію оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях визначає порядок:

- оповіщення керівного складу центральних і місцевих органів виконавчої влади та відповідних органів ЦО та НС, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ і організацій, населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій природного, техногенного та воєнного характеру у

мирний час, в особливий період і у воєнний час та постійного інформування їх про обстановку в зоні можливого ураження з метою вжиття ефективних заходів захисту населення, промислових і сільськогосподарських об'єктів від наслідків надзвичайних ситуацій;

- забезпечення зв'язку для центральних і місцевих органів виконавчої влади, членів комісій з надзвичайних ситуацій на території, де виникла

- надзвичайна ситуація, сил ЦО, а також зв'язку для зарубіжних формувань та організацій (агентств) з країнами, які беруть участь у ліквідації

наслідків надзвичайних ситуацій;

- забезпечення зв'язку взаємодії між виконавцями рятувальних, інших невідкладних і відновних робіт та відповідними органами управління;

- забезпечення можливості приймання передач радіомовлення для населення, яке постраждало від наслідків надзвичайної ситуації, в місцях його тимчасового проживання;

- проведення експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури і технічних засобів оповіщення та зв'язку ЦО.

Оповіщення і зв'язок у надзвичайних ситуаціях забезпечується за допомогою єдиної національної системи зв'язку (ЄНСЗ).

Сигнали оповіщення ЦО, повідомлення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, інформація про дії в умовах надзвичайної ситуації доводяться до працівників підприємств, установ, організацій, населення всіма наявними засобами зв'язку, мовлення, оповіщення.

ВИСНОВКИ

У представлених матеріалах магістерської роботи досліджено процес термічної роздачі поршневих пальців дизельних двигунів. Розроблено технологію процесу по їх відновленню на прикладі двигуна внутрішнього згорання сімейства СМД-60, СМД-62 для умов Розроблений технологічний процес відновлення поршневих пальців базується на застосуванні електроконтактного нагрівання та спреєрного охолодження змінної інтенсивності охолодження.

В даній роботі наведені теоретичні дослідження мікроструктур по товщині стінки поршневих пальців. Описано процес та механізм пластичної деформації матеріалу деталі в процесі роздачі.

Розроблено пристосування для автоматичної подачі поршневих пальців на шліфування до безцентрово-шліфувального автомату. Розраховано редуктор до цього пристосування.

В розділі охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях проведено розрахунок штучного освітлення поста ПР та електроустановок, а також розглянуто питання оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Аскинази Б.М. "Уточнение и восстановление деталей машин электромеханической обработкой". – 3-е издание, перераб. и дополнен., – М.: Машиностроение, 1989
2. Аскинази Б.М., Бабат Г.И. Обработка металлов при индукционном нагреве ТВЧ. – Вестник металлопромышленности, 1989
3. Безопасность труда: сборник научн. Работ по охране труда ВЦСПС . – М.: Профиздат, 1989
4. Шоботов В.М. Цивільна оборона: Навчальний посібник. – Київ: "Центр навчальної літератури", 2004. – 439 с.
5. Мищенко І.М., Мезенцева О.М. Цивільна оборона: Навчальний посібник. – Чернівці: Книги – ХХІ, 2004. – 404 с.
6. В. І. Анурьев. „Довідник конструктора – машинобудівника”, т.ІІІ.
7. Д. В. Чернілевський, В. С. Павленко, М. В. Любін. „Деталі машин”. Київ НМКВО, 1992р.
8. Державний реєстр міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорона праці. – Харків.: Форт, 2003
9. Донецкий В. А. и др. Увеличение ресурса машин технологическими методами. — М.: „Машиностроение”, 1987г.
10. Збірник нормативних документів з безпеки життєдіяльності /Сачков Л.С/. – К.: Фенікс, 2000
11. І. П. Демиденко. „Підвищення стійкості роботи об'єктів народного господарства в військовий час”. Київ, Вища школа, 1984р.
12. Павлівський В.М. Підвищення зносостійкості автотракторних двигунів. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня д.т.н. Хмельницький – 1999р.
13. Ремонт машин. И.Е. Ульман, Г.А. Тонн
14. Смелов А. П. Курсовое и дипломное проектирование по ремонту машин. — М.: „Колос”, 1984г.

15. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин:
Підручник. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.