

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

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Вдосконалення технологічного процесу відновлення деталей
циліндро-поршневої групи двигунів групи ЯМЗ

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МАС-41
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Бридун А.В.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Гупка А.Б.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Тесля В.О.</u> (прізвище та ініціали)
Зав. кафедри	<u>Цьонь О.П.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Ярема І.Т.</u> (прізвище та ініціали)

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

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«24» січня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Бридуну Анатолію Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення технологічного процесу відновлення деталей циліндро-поршневої групи двигунів групи ЯМЗ

Керівник роботи Гупка Андрій Богданович., к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2023 року № 4/7-73

2. Термін подання студентом завершеної роботи 13 червня 2022

3. Вихідні дані до роботи Базовий технологічний процес відновлення пальця двигуна ЯМЗ

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

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

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

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

Палець поршневий – 2 листа А1

Технологічна схема складання циліндро-поршневої групи – 1 лист А1

Аналіз споживання ПЕР в Україні – 3 листа А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 24 січня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	11.03.2023	
2	Технологічний розділ	25.03.2023	
3	Конструкторський розділ	14.04.2023	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	15.05.2023	
5	Оформлення графічної частини	23.05.2023	
6	Захист бакалаврської роботи	22.06.2023	

Студент

(підпис)

Бридун А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Гупка А.Б.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Вдосконалення технологічного процесу відновлення деталей циліндро-поршневої групи двигунів групи ЯМЗ».

Робота виконана на кафедрі автомобілів ТНТУ ім. І. Пулюя.

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра к.т.н., доцент Гупка А.Б.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 53 сторінки формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини.

Ключові слова: биття, сходження, стійкість, керованість, експлуатація.

РЕФЕРАТ	4
ЗМІСТ	5
ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Загальна характеристика ЦПГ двигунів	7
1.2 Основні види пошкоджуваності та методи їх усунення	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	14
2.1 Загальна характеристика робочого агрегату, який підлягає ремонту.	14
2.2 Характеристика умов експлуатації та основних процесів зношування	15
2.3 Розробка ремонтного креслення деталі, яка відновлюється	16
2.4 Технологічний процес дефектування відновлюваної деталі робочого агрегату	22
2.5 Розрахунок та вибір режимів виконання технологічних операцій	33
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1 Розробка схеми пристосування	39
3.2 Вибір затискного механізму	39
3.3 Розрахунок пристосування на точність	40
3.4 Опис роботи пристосування	42
3.5 Вихідні дані розрахунку	43
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	46
4.1 Вимоги безпеки праці під час виконання ремонтних робіт	46
4.2 Охорона праці в Україні	48
4.3 Аналіз умов праці на ділянці поточного ремонту	49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	51
БІБЛІОГРАФІЯ	52
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У сучасному світі автомобілі відіграють важливу роль у нашому повсякденному житті. Залежність від автотранспорту постійно зростає, тому забезпечення ефективної та надійної роботи автомобілів є критично важливим завданням. Одним з найважливіших компонентів автомобіля є циліндро-поршнева група, яка забезпечує перетворення енергії палива в механічну роботу.

Циліндро-поршнева група автомобіля піддається постійному зносу та потребує регулярного обслуговування та ремонту. Ця система включає поршні, циліндри, поршневі кільця, шатунні вали та інші компоненти, які працюють у важких умовах, високих температурах та під великим навантаженням. Від правильної роботи циліндро-поршневої групи залежить ефективність, потужність та тривалість експлуатації автомобіля. Ремонт циліндро-поршневої групи є складним та відповідальним процесом, який вимагає високої кваліфікації та досвіду.

Правильно виконані ремонтні роботи забезпечують оптимальну роботу двигуна, зменшують витрати палива, підвищують надійність та тривалість служби автомобіля. Крім того, правильний ремонт циліндро-поршневої групи може знизити рівень шкідливих викидів та сприяти збереженню навколишнього середовища.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Загальна характеристика ЦПГ двигунів

Одними із найбільш відповідальних робочих вузлів автомобілів є двигун, а саме циліндро-поршнева група. Актуальною є проблема підвищення надійності та довговічності відповідних вузлів тертя, які обмежують період працездатності двигуна. До таких пар тертя відносяться пара тертя ковзання – нерухома вісь – втулка роликів вузла штовхача дизельного двигуна автомобілів марки Scania.

При спробі збільшити циклову подачу палива за рахунок збільшення діаметра плунжера з 9 до 10 мм суттєво зростає максимальний тиск над плунжером із 42,5 до 54,3 МПа при максимальному зростанні осьової сили з $2,7 \cdot 10^3$ до $4,25 \cdot 10^3$ Н. Це призводить до появи схоплювання робочих поверхонь пари тертя нерухома вісь – втулка роликів вузла штовхача паливного насоса приблизно через чотири години його експлуатації.

Визначення характеристик ведучого виду зносу даної пари тертя та характер впливу на даний процес основних силових та кінетичних параметрів, матеріалів пар тертя, методів обробки. Для реалізації поставленої мети використано метод паспортизації трибо логічних взаємодій при якому проводиться детальний аналіз технічних вимог на виготовлення деталі, процесів в зоні фрикційного контакту пари тертя, режимів експлуатації.

В процесі дослідження визначався характер ведучого виду зношування та параметри впливу на його величину. Досліджувались наступні пари тертя: пара тертя вісь-втулка (поверхня осі пошкоджена) з використанням регульовального стенду при максимальних значеннях осьової сили – період дослідження 4 години; пара тертя вісь-втулка із нормальними робочими поверхнями в режимі при оптимальних параметрах осьової сили; нові пари тертя вісь-втулка.

Результати дослідження характеру поверхневого руйнування поверхонь пари тертя вісь-втулка при використанні методу паспортизації представлені в таблиці 1.1, як технічна функція даної трибомеханічної системи.

Таблиця 1.1 Технічна функція трибо технічної системи. Метод паспортизації

Характеристика поверхневого шару	Гартування при 850°C ($t = 210\text{хв.}$), охолодження в оливі. Обробка холодом ($-30\dots-60^{\circ}\text{C}$) протягом 200 хв. Відпуск при 180°C протягом 200хв. Охолодження на повітрі.	Вид змащування – граничне Умови змащування – барбодажем
IV. ТРИБОЛОГІЧНІ ВЗАЄМОДІЇ		
V. ТРИБОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ		
Вид зношування	Ескіз спряження	Контролюючі параметри
Схоплювання II роду, гарячий задир.	<p>1 - вісь; 2 - втулка.</p>	Інтенсивність зношування, коефіцієнт тертя, температура, КЕО, питома робота руйнування, енергоємність системи тертя.

Круглограми втулок досліджуваних груп приведені на рисунку 1.1, а результати аналізу похибки форми – на рисунку 1.2. Аналіз показує, що всі

досліджувані деталі мають похибку форми у вигляді огранки. Причому у втулці, яка експлуатувалась 1330 годин в нормальних умовах, огранка виражена найменше і може бути кваліфікована як незначна овальність (Рисунок 1.2, крива 1), в нових втулок – огранка чотирьохгранна (Рисунок 1.2, крива 2), у пошкоджених – багатогранна (Рисунок 1.2, крива 3).



Рисунок 1.1 Круглограми робочих поверхонь втулок.

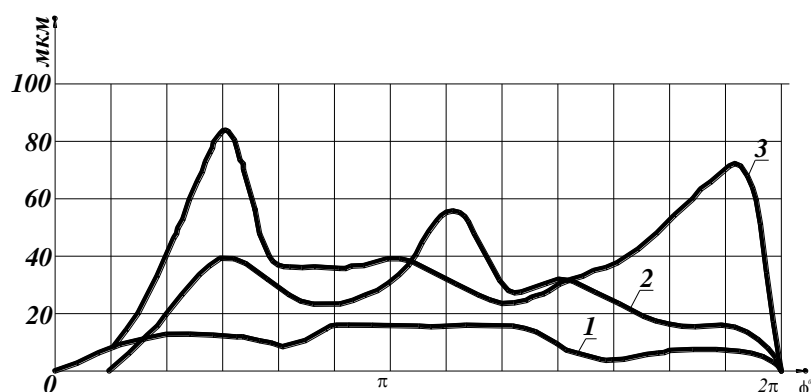
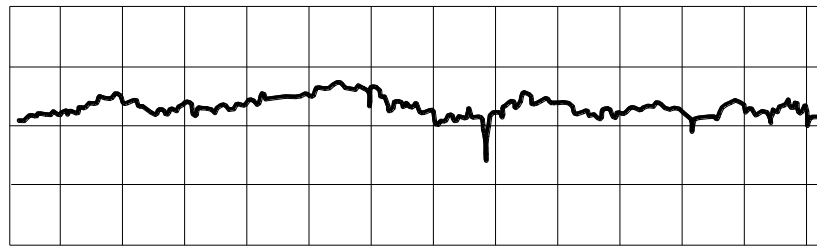


Рисунок 1.2 Значення похибок форми втулок: 1 – нові втулки, 2 – після експлуатації 1330 год., 3 – пошкоджені втулки.

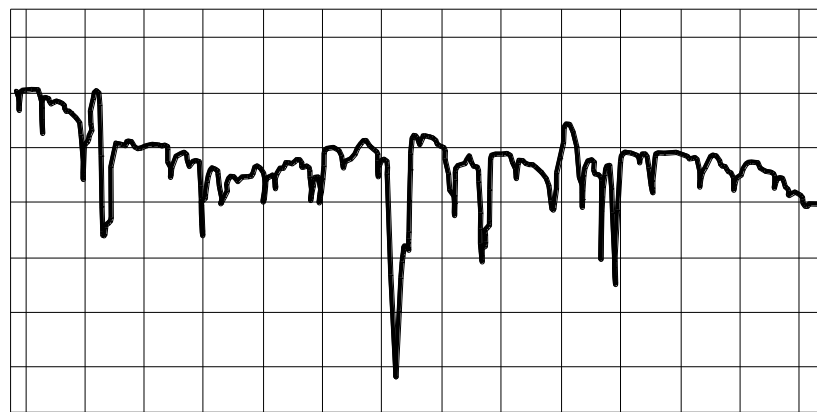
Дослідження якості поверхні нової віссі, після експлуатації 1500 годин і тої що вийшла з ладу приведені на рисунок 1.3. Шорсткість поверхні віссі після стандартної експлуатації набагато менша, ніж у нової деталі. Якість зовнішньої поверхні віссі більш краща ($\Delta R_{\text{max}} = 1,6 \text{ мкм}$), ніж внутрішньої поверхні втулки ($\Delta R_{\text{max}} = 58 \text{ мкм}$), хоча за технічними умовами має бути однаковою.

Показники мікротвердості поверхневих шарів осей показані на рис. 4.

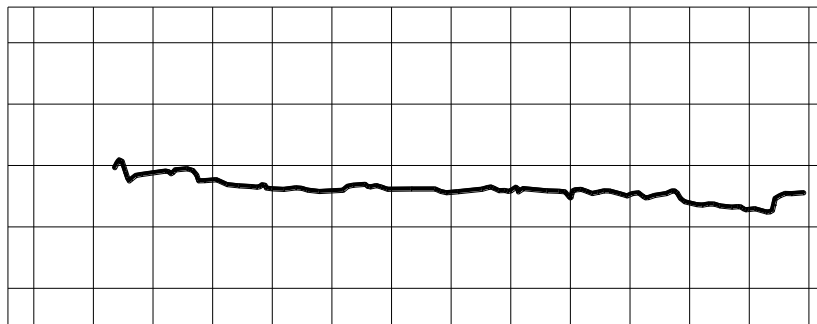
Середня мікротвердість поверхневих шарів матеріалу нової осі рівна 6500 МПа (рисунок 1. 4, крива 1).



а)



б)



в)

Рисунок 1.3. Профілограми поверхонь осей - робочі: а) – нова вісь (в пб×10000, г пб×80); б) – пошкодженої віссі (в зб×4000, г зб×80); в) - після стандартної експлуатації (1330 год.) (в пб×10000, г пб×80)

Режим нормальної експлуатації даного вузла тертя забезпечує суттєве зміцнення матеріалу поверхневих шарів робочих поверхонь деталей. Зокрема мікротвердість матеріалу поверхневих шарів підвищилась до 6060 МПа.

(Рисунок 1.4 , крива 2). Період експлуатації тривав 1330 год. При наявності на робочих поверхнях осей та втулок білих ущільнених зон високої твердості підвищується початкова мікротвердість, що призводить до пошкодження поверхонь даних деталей. (Рисунок 1.4, крива 3). Причиною появи даних зон є теплове перевантаження , яке призводить до вторинного загартування матеріалів деталей. В режимі оптимального навантаження на деталі, в процесі експлуатації, спостерігається аналогічне явище, хоча і в меншому об'ємі. Дослідження пошкоджених поверхонь рентгенівським методом зафіксувало утворення нової фази Fe_3C .

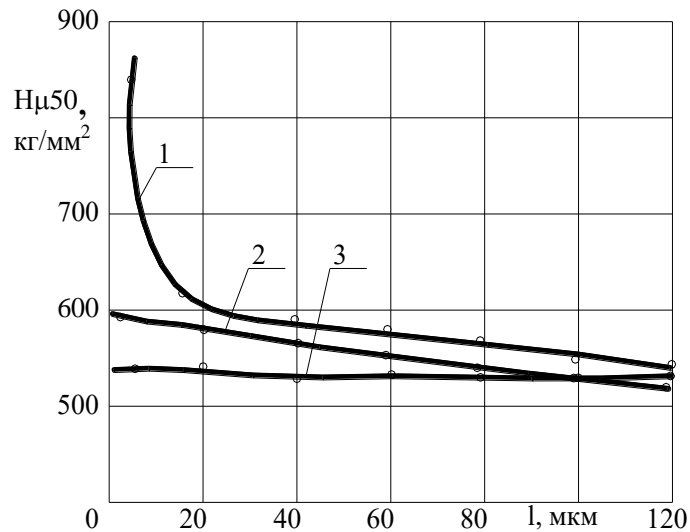


Рисунок 1.5 Параметри мікротвердості матеріалу поверхневих шарів пошкодженої вісі (1), вісі, яка працювала в режимі нормального тертя та зношування (2), нової вісі (3)

Основною причиною, яка суттєво скорочує період працездатності пари тертя нерухома вісь – втулка штовхача паливного насосу є процес схоплювання II роду (гарячий задир), який призводить до поверхневого руйнування робочих поверхонь даних деталей. Однією з причин появи гарячого задиру при терті є відсутність систематичного підводу мастила в зону фрикційного контакту. Це призводить до порушення динамічної рівноваги процесів утворення, трансформації та руйнування вторинних структур (ВС), які забезпечують режим нормального тертя та зношування та

контакту ювенільних робочих поверхонь деталей пар тертя. Внаслідок використання споріднених матеріалів (сталь ШХ15), які використовують для виготовлення даних деталей виникають зони схоплювання робочих поверхонь (утворюються металічні зв'язки). Проворот втулки на нерухомій осі, завдяки тангенціальній силі, руйнує ці зв'язки. В даних зонах відмічено інтенсивне підвищення температури, що призводить до появи термічної пластичності. І як наслідок розміцнення, відпуск та оплавлення матеріалу, а при охолодженні виникає вторинне загартування.

1.2 Основні види пошкоджуваності та методи їх усунення

В основному на появу та інтенсивність протікання схоплювання II роду впливають фізико-механічні та тепло-фізичні властивості матеріалів деталей.

Серед факторів, які зумовлюють появу гарячого задиру в трибо-спряженнях є режим граничного мащення, який зумовлений нерегулярною подачею мастильного матеріалу в зону тертя.

Основні етапи появи схоплювання II роду (фізична модель): інтенсивне руйнування захисних вторинних структур та мастильних шарів; поява та зближення ювенільних поверхонь досліджуваних деталей; поява активних дислокаційних центрів, внаслідок пластичної деформації, для яких характерна висока концентрація вакансій та дислокованих атомів; утворення в зонах контакту металевих зв'язків за рахунок взаємної дифузії; перенос основного металу з поверхонь тертя, поява частинок продуктів зношування, внаслідок руйнування металічних зв'язків. Відповідальними за захист поверхонь тертя від ювенільного контакту та схильності до пластичного деформування є вторинні структури.

Для зменшення впливу схоплювання II роду на інтенсивність пошкодження робочих поверхонь деталей необхідна динамічна рівновага процесів активації та пасивації, які зумовлюють утворення високоякісних

вторинних структур. За рахунок використання методів зміцнюючої технології, жароміцних матеріалів вдається стримувати процеси активації. Роль пасивації полягає у збільшенні розсіючої здатності матеріалів пар тертя, а також за рахунок використання робочих мастильних середовищ з відповідними окислювачами, що забезпечує формоутворення на поверхнях тертя високоякісних вторинних структур.

Як показала практика експлуатації даних вузлів, для унеможливлення появи процесів пошкодження в парах тертя необхідно використовувати конструкторські, технологічні та експлуатаційні засоби:

1. Причиною появи гарячого задиру у спряжені втулка - нерухома вісь є нерегулярний підвід мастильного матеріалу в зону фрикційного контакту. Для збільшення об'єму мастильного матеріалу пари тертя пропонується виконувати осьові канавки та ексцентричну розточку на робочій поверхні вісі у найменш навантаженої зоні.

2. Можлива заміна матеріалу для однієї деталі пари тертя для забезпечення умов антифрикційності.

3. Параметрична оптимізація паливної апаратури для покращення процесу вприскування пального без суттєвого збільшення силового навантаження на привід плунжера.

4. З метою оптимізації процесів активації та пасивації ефективно обробити робочі поверхні деталей глибоким холодом (рідкий азот) зразу після процесу гартування, що не уможливорює стабілізацію аустеніту.

5. Для регулювання основних параметрів точності та якості вторинних структур необхідно використовувати найбільш оптимальні способи фінішних механічних операцій, а також методів для ущільнення поверхневих шарів, які забезпечать оптимальний мікрорельєф робочих поверхонь та хімічний склад вторинних структур.

6. Для забезпечення антизношувальних та антизадирних властивостей вторинних структур необхідний комплексний підхід по підбору та використанню спеціальних хімічно-активних добавок.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Загальна характеристика робочого агрегату, який підлягає ремонту.

Двигун ЯМЗ широко застосовується в якості силового агрегату на автомобілях марок Scania, ЗІЛ-133. Чотиритактний дизель ЯМЗ має вісім циліндрів, що розташовані під кутом 90°. Робочий об'єм - 10,85 л, діаметр циліндра – 120 мм, хід поршня 120 мм, ступінь стиску – 17. Максимальна потужність, що розвивається двигуном при 2500 об/хв. – 210 к.с., максимальний крутний момент становить – 65 кгс·м при 1400...1700 об/хв.

Блок циліндрів відлитий із спеціального чавуну спільно з верхньою частиною картера. Гільзи циліндрів «мокрого» типу, відлиті із спеціального чавуну, ущільнення забезпечене двома гумовими кільцями. Головки циліндрів роздільні, на кожен циліндр, відлиті з алюмінієвого сплаву. Камера згорання тороїдальна, нероздільного типу, виконана в днищі поршня. Поршні відлиті з висококремнистого алюмінієвого сплаву.

Поршневі пальці - сталеві, плаваючого типу, осьовий зсув в поршні обмежується стопорними кільцями. Шатуни сталеві, двотаврового перетину, нижня головка виконана з прямим роз'ємом і плоским стиком. Підшипники поршневої головки шатуна - біметалічні втулки з несучим бронзовим шаром. Однією з найбільш відповідальних складових двигуна, що визначає в більшості випадків його технічний стан є циліндро-поршнева група. Елементи циліндро-поршневої групи умовно поділяють на дві групи: нерухомі і рухомі. До нерухомих елементів відносяться циліндри і їх ущільнення. До рухомих елементів відносяться: поршень з компресійними та маслоз'ємними поршневими кільцями, поршневий палець, шатун з підшипником.

Циліндр разом з поршнем і головкою циліндра утворюють замкнутий об'єм - камеру згорання, в якій проходить процес згорання паливної суміші.

Внутрішня поверхня стінок циліндра є направляючою поршня. Гільзи циліндрів виготовляють з легованих чавунів, що мають високу зносостійкість і високі механічні властивості.

2.2 Характеристика умов експлуатації та основних процесів зношування робочого агрегату

При експлуатації двигуна поршень рухається в сторону збільшення об'єму камери згоряння за рахунок сприйняття верхньою поверхнею поршня тиску, який виникає в результаті згоряння паливної суміші. При цьому хімічна енергія перетворюється в механічну. Дана енергія дозволяє подолати сили опору на колінчастому валу. Шатун у верхній частині з'єднаний з поршнем при допомозі поршневого пальця, а у нижній частині з'єднується із шатунною шийкою колінчастого валу, забезпечує передачу зусилля від поршня до колінчастого валу.

При відчиненому впускному клапані, за рахунок руху поршня від верхньої мертвої точки (ВМТ) до нижньої мертвої точки (НМТ) проходить такт впуску, при якому об'єм над поршнем заповнюється новим зарядом, забезпечуючи тиск в циліндрі 0,07...0,09 МПа та температуру газів 70...100 °С.

При зворотньому русі поршня, при закритих клапанах, об'єм над поршнем зменшується, що призводить до стискання заряду. При цьому питомий тиск підвищується до 0,7...1,2 МПа, а температура газів підвищується до 300...400°С. Внаслідок спалаху стиснутої горючої суміші в районі ВМТ питомий тиск збільшується до 3,5...4,5 МПа, а температура газів до 2500...2700°С. При зачинених клапанах поршень переміщається в напрямку до НМТ, при цьому робота від розширення робочих газів передається на колінчастий вал. Питомий тиск робочих газів знижується до 0,3...0,4 МПа, а температура відповідно до 1000...1200°С.

Основні причини (фактори), які впливають на інтенсивність зношування деталей пар тертя даного вузла:

- механічний характер зношування деталей циліндро-поршневої групи (гільзи циліндрів, поршневі кільця);
- абразивна форма зношування внаслідок попадання в зону тертя зовнішнього абразиву та самих продуктів зношування.

Зона контакту поверхонь поршневого пальця та втулки шатуна зношується внаслідок втомності матеріалу через велику кількість циклів навантаження.

Погіршення умов тертя зумовлено значними деформаційними втратами у поверхневих шарах матеріалів втулки шатуна та поршневого пальця. Впливають на характер зношування також перекося осей деталей, динамічний характер навантаження, реверсивний характер руху, вібрації.

Зняті з автомобіля двигуни потрапляють на дільницю розбирання. Для того, щоб вилучити шатунно-поршкову групу до складу якої входять поршневі пальці, які підлягають відновленню, необхідно зняти головки циліндрів, відкрутити болти кріплення піддону картера, зняти його. Після цього по черзі знімають кришки нижніх головок шатунів, маркуючи їх відповідно до номера циліндра. З вилучених поршнів з шатунами в зборі знімають компресійні та маслосборні кільця, стопорні кільця поршневого пальця. Далі поршень встановлюють на основу спеціального пристосування і випресовують поршневі пальці. Вилучені поршневі пальці складають до спеціального контейнеру і направляють на відновлення.

2.3 Розробка ремонтного креслення деталі, яка відновлюється

При розробці ремонтного креслення робочі поверхні деталі, які обробляються в процесі ремонту, виділяють товстою суцільною лінією, решта поверхонь деталі – тонкою суцільною лінією. Згідно таблиці дефектів

кожен дефект пронумерований. Дана інформація переноситься на робоче креслення.

При розробці робочого креслення деталей, які підлягають ремонту, показують основні види, розрізи та перерізи, параметри точності та якості поверхонь, параметри взаємного розміщення поверхонь, твердість вихідного матеріалу, параметри шорсткості. До довідкових розмірів відносяться розміри, які використовують при розрахунку складових норм часу на механічну обробку, для вибору технологічного обладнання та оснащення.

На робочому кресленні деталі розміщують таблицю дефектів, в яку заноситься інформація про види дефектів та їх характеристики, способи усунення даних дефектів. Крім цього, вказуються види дефектів за якими деталь не підлягає відновленню, а також розроблений технологічний процес для відновлення деталі, з метою усунення дефектів.

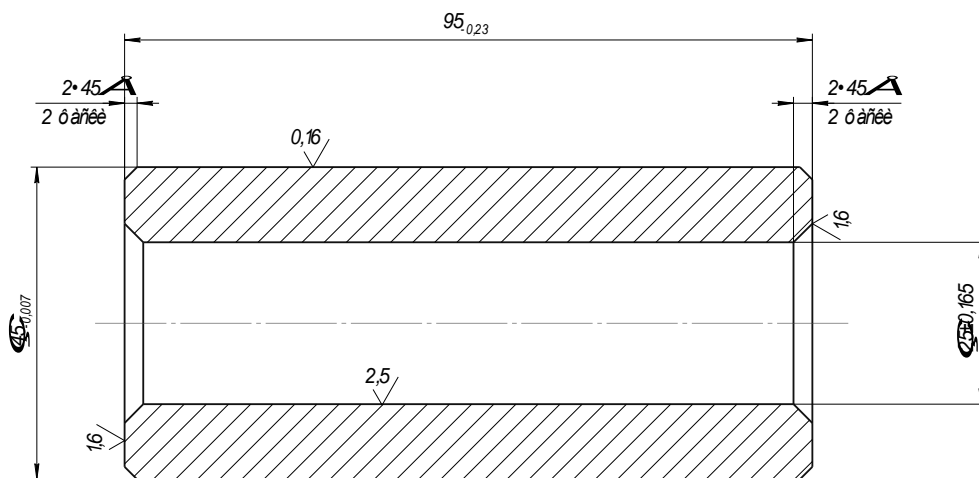


Рисунок. 2.1. Поршневий палець двигуна ЯМЗ – 740.

Приведені конструктивно-технологічні характеристики та технічні вимоги на кожен поверхню деталі зводимо у таблицю 2.1

Таблиця 2.1 Конструктивно-технологічні характеристики та технічні вимоги деталі – поршневий палець

Найменування поверхні деталі	Відхилення розмірів поверхні деталі, мм	Клас точності виготовлення поверхні	Термічна обробка (попередня)	Термічна обробка (заключна)	Твердість поверхні, HRC	Назва методу заключної механічної обробки	Шорсткість поверхні, мм
1. Зовнішня поверхня деталі	-0,007	II	Цементація з наступним дардув. СВЧ	Обробка холодом $t = -50 \dots -70^{\circ}\text{C}$	56-62	Холінгування	$Ra = 0,8-1,6$
2. Внутрішня поверхня деталі	+0,165 -0,165	IV	СВЧ	—	35-45	Шліфування	$Ra = 1,6-2,5$
3. Торцева поверхня деталі	-0,230	IV	—	—	35-45	Шліфування	$Ra = 1,6-2,5$
4. Фаски зовнішні і внутрішні	+0,100 -0,150	V	Цементація з наступним дардув. СВЧ	Обробка холодом $t = -50 \dots -70^{\circ}\text{C}$	40-50	Токарня	$Ra = 2,5-3,2$

Під дією знакозмінних сил ПП прогинається, а втулка верхньої головки шатуна деформуються, тому тиск по довжині контакту розподіляється нерівномірно. Тиск досягає найбільшого значення біля торцевих поверхонь шатуна (втулки або бобишок поршня). Нерівномірний розподіл тиску призводить до нерівномірного спрацювання поверхонь тертя зазначених деталей. Що стосується величини і нерівномірності зношування ПП по довжині твірної, то літературні дані свідчать про вельми суперечливий характер відомостей. Найбільше зношування (0,1 мм) спостерігається по лінії контакту торців верхньої головки шатуна та внутрішніх торців бобишок поршня. В той же час літературні джерела містять і протилежну інформацію - ПП у спряженні з бобишками поршня має величину зносу 0,03 мм, що в два рази менше ніж у спряженні з

втулкою верхньої головки шатуна.

Нерівномірність зношування ПП пояснюється зміною характеру розподілення тиску на протязі циклу роботи двигуна і деформацією деталей. Області найбільшого зношування ПП співпадають з напрямком тиску, в тактах розширення та стискання.

Різна інтенсивність зношування ПП 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 ПП з недостатньо високою вихідною твердістю.

При граничному змащенні зі збільшенням навантаження коефіцієнт тертя прагне до деякого постійного значення. Це пояснюється тим, що по мірі зростання навантаження товщина плівки мастила зменшується. Тонкі шари мастила чинять великий опір зсуву, а збільшення сили тертя проходить повільніше, ніж зростає навантаження. При тонких плівках мастила незначна зміна температури практично не впливає на зміну коефіцієнта тертя. Крім того, зростання фактичної площі контакту відбувається повільніше, ніж зростає навантаження.

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

На поверхні ПП 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.

Із збільшенням вихідної шорсткості поршневого пальця двигуна у порівнянні з раціональною підвищується спрацювання як самого ПП так і втулки верхньої голівки шатуна. Зменшення шорсткості поверхні ПП

призводить до деякого несуттєвого збільшенню спрацювання деталей спряження. При важких умовах роботи, при тривалих вібраціях проявляються ефекти втоми матеріалу. Удари зумовлюють в деталі і сполучення коливання у широкому спектрі частот, що викликає на власних резонансних частотах більші амплітуди переміщення і відкази деталей. При відомих умовах роботи, всі ці впливи перебувають у складній взаємозалежності і виявляються у вигляді механічної, теплової та хімічної енергії.

Схема навантаження деталей сполучення зображена на рисунку. 2.2

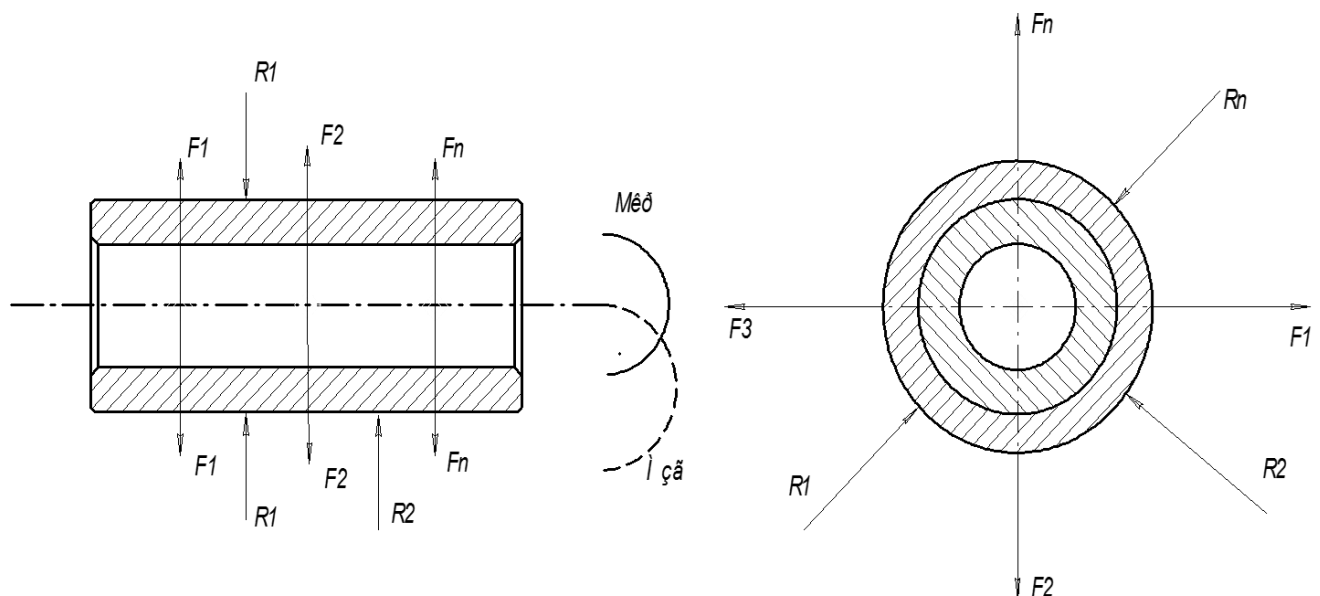


Рисунок 2.2 Схема навантаження робочого спряження палець-втулка поршня

Поршневий палець в спряженні поршневий палець-бобишки поршня встановлюється з натягом. Після нагріву поршня до робочої температури палець в бобишках поршня обертається вільно. Внаслідок величини та напрямку зовнішнього навантаження поршневий палець поперемінно прилягає до отворів у бобишках поршня, а також до втулки верхньої головки шатуна. При таких умовах роботи масляний шар в повній мірі не володіє достатньою товщиною і деталі спряження працюють переважно в граничній фазі тертя, при високих тисках та навантаженнях і наявності абразиву, що

призводить до підвищеного зносу поршневого пальця.

При збільшенні зносу зазор між деталями збільшується, а так як навантаження знакозмінні, то це призводить до появи і поступового зростання ударних навантажень які викликають видавлювання мастила та прогресивне збільшення зносу. Зазор при якому в спряження з'являється металевий стук слід вважати гранично допустимим. Для поршневих пальців двигуна ЯМЗ знос по робочій поверхні зовнішнього діаметра складає від 0,011 до 0,033 мм.

Зношування характеризується поступовою зміною геометричних розмірів тіла при терті, що виявляється у від'єднанні з поверхні тертя матеріалу, або його пластична деформація. При деформації поверхонь під дією зовнішніх сил, а також термічної активації, тобто при отриманні додаткової енергії, можливий рух дислокацій, коли викривлення ґратки від дислокації передаються в інші області кристала метала. При цьому атоми переміщуються незначно із неврівноваженого положення у зрівноважене, виводячи із стійкості сусідні атоми до певного моменту, наприклад виходу дислокації на поверхню кристалу, перетину з іншою дислокацією або взаємодії з іншими дефектами кристалічної ґратки і здатні перерости у мікро- і макроскопічні дефекти поверхонь.

Для трибо спряження поршневий палець – втулка шатуна характерним є механічний вид зношування. Інтенсивність зношування поверхневих шарів матеріалу пальця зумовлене силовим впливом зовнішнього середовища із сторони втулки верхньої головки шатуна та бобишрк поршня. Як правило, взаємодія робочих поверхонь деталей пар тертя локалізована у вторинних структурах, фізико-механічні, технологічні, хімічні характеристики даних структур суттєво відрізняються від аналогічних характеристик основного вихідного матеріалу. В процесі тертя фактичні площі контакту постійно змінюються, що призводить до змін основних характеристик поверхневих шарів. Фрикційні зв'язки, які при цьому виникають постійно руйнуються, що призводить до зношування робочих поверхонь.

Характер зносу та механізм його протікання в зоні фрикційного контакту залежить від багатьох факторів, в тому числі температури в точках фактичного контакту, адсорбційними процесами, утворенням, трансформацією та руйнуванням вторинних структур на поверхнях тертя, впливу навколишнього середовища.

2.4 Технологічний процес дефектування відновлюваної деталі

Дефектом називають кожну окрему невідповідність деталі вимогам, встановленим нормативною документацією. Оцінка технічного стану деталі і визначення її придатності до експлуатації є завданням технологічного процесу дефектації. В технічних умовах на дефектацію зазначаються два види оцінювальних параметрів, тобто критеріїв технічного стану деталі: критерій допустимого подальшого використання деталей, який забезпечує ресурс до наступного ремонту, та критерій граничного стану, за якого деталь не може встановлюватись на машину, таку деталь ремонтують якщо це технологічно можливо, або бракують якщо вона не піддається відновленню.

Стан деталей під час дефектації оцінюється наступними способами: оглядом – для визначення загального стану деталі; лінійним інструментом для визначення розмірних дефектів; спеціальними приборами та пристосуваннями для оцінки фізико-механічних властивостей деталі; гідравлічні та пневматичні випробування – для виявлення тріщин, нещільностей; дефектоскопія – для виявлення прихованих дефектів та мікротріщин.

Процес дефектації деталі виконують після її попередньої очистки, знежирювання та миття. При дефектації деталі необхідно суворо дотримуватися технічних вимог на їх контроль та сортування. Дефектація деталей виконується робітниками певного розряду та кваліфікації на спеціально обладнаних місцях.

Під час роботи поршневий палець сприймає зовнішні знакозмінні

навантаження які призводять до виникнення в ньому наступних дефектів:

- тріщини, сколи, відшарування цементованого шару які недопустимі в подальшій експлуатації поршневого пальця;
- збільшення діаметру внутрішнього отвору;
- зменшення довжини поршневого пальця;
- знос зовнішнього діаметру поршневого пальця.
-

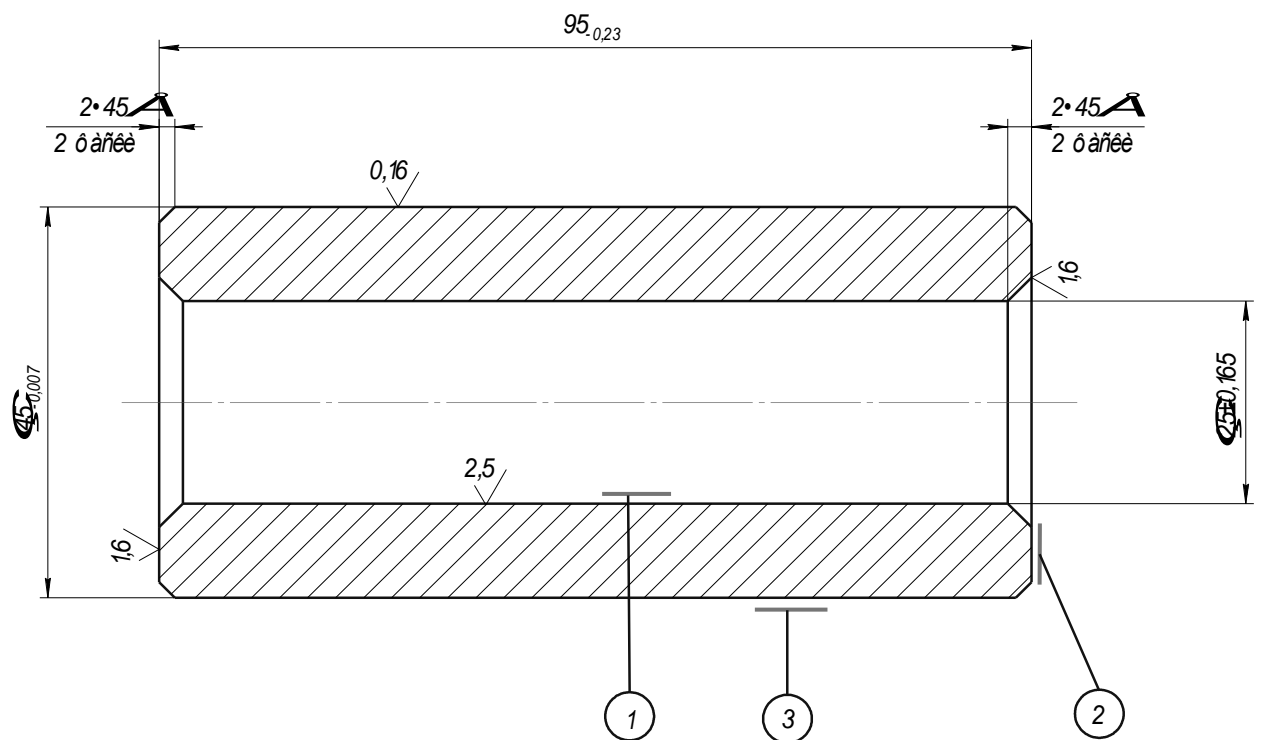


Рисунок 2.3. Дефекти поршневого пальця двигуна ЯМЗ.

Величини граничних параметрів дефектів, засоби контролю та висновок щодо подальшого використання деталі при наявності дефекту наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Технологічна карта дефектації поршневого пальця.

поз.рис. 2.3.	Контролюємий дефект	Розміри, мм		Засоби контролю		Висновок
		По кресленню	Граничний	Найменування	Позначення	
	Тріщини, сколи, відшарування цементованого шару	Не допускається				Бракувати
1	Збільшення діаметру внутрішнього отвору	25±0,165	26	Пробка	70-8141-1010	Бракувати
2	Зменшення довжини	95 ^{-0,23}	93,5	Скоба	70-8101-1032	Бракувати
3	Знос зовнішнього діаметра	45 ^{-0,007}	Не менше 444,97	Мікрокатор Стійка	05-4ГП ДСТУ 6933-72 С-І-28 100×40 ДСТУ 10197-70	Ремонту вати

Аналізуючи дані таблиці 2.2. можна зробити висновок про те, що відновленню поршневий палець підлягає лише при зношуванні зовнішньої поверхні, яка є робочою. Згідно з даним дефектом складається технологічний маршрут відновлення зношеної поверхні деталі під діаметр $45_{-0,010}^{-0,005}$ мм.

Відновлення зношених деталей забезпечує їх тривалий термін служби, знижує витрати запасних частин, матеріальних витрат і трудових ресурсів. Існує велика кількість сучасних способів відновлення деталей. При цьому згідно загальних вимог стандартів надійність відновлених деталей повинна складати не менше 80% від надійності нових деталей. В теперішній час розроблено і використовується на виробництві велика кількість сучасних вискоєфективних способів відновлення деталей.

Згідно розробленої методики розглядаємо різні потенційно можливі способи відновлення, що відповідають критерію застосування і вибираємо ті, що забезпечують необхідний ресурс деталей, що відновлюються, тобто

відповідають необхідному значенню надійності, продуктивності і економічності.

Загальна методика вибору способів відновлення містить чотири частини методики визначення чисельних значень коефіцієнтів застосування, надійності, продуктивності і відносної економічності ефективності.

Використовуємо інтегральний коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$K_i = K_z \cdot K_n \cdot K_p \cdot K_e,$$

де K_z – коефіцієнт застосування способу;

K_n – коефіцієнт надійності;

K_p – коефіцієнт продуктивності;

K_e – коефіцієнт економічності.

Коефіцієнт застосування способу. При визначенні коефіцієнта застосування керуємось наступними міркуваннями: по-перше, якщо одна з характеристик, що відновлюється не відповідає технологічним можливостям способу, що вибирається, то він не може бути застосований; по-друге, якщо характеристики деталі, що відновлюється, і технологічні можливості способу не виключають можливості його застосування, то з'ясовуються конкретні можливості підприємства по використанню вибраного способу.

Коефіцієнт надійності. За своєю природою залежить від багатьох факторів і може бути виражений наступною функціональною залежністю:

$$K_H = f(K_{zn} K_{zc} K_{em}),$$

де K_H – коефіцієнт надійності;

K_{zn} – коефіцієнт зносостійкості;

$K_{зч}$ – коефіцієнт зчеплення;

$K_{вм}$ – коефіцієнт втомленої міцності.

Чисельні значення коефіцієнтів зносостійкості, зчеплення і втомленої міцності можуть бути визначені на підставі лабораторних досліджень зносостійкості зчеплюємість і втомленої міцності зразків. Коефіцієнт довговічності лише в загальному випадку залежний від усіх трьох аргументів. У конкретних випадках, стосовно до груп деталей, які придатні до відновлення, він може бути залежний від двох і, навіть, одного з них.

Коефіцієнт продуктивності. При визначенні коефіцієнта продуктивності користуються відносними коефіцієнтами. За базу порівняння вибрали ручне дугове наплавлення, для якого коефіцієнт продуктивності $K_n = 1$. При цьому, чим вища продуктивність методу, тим більший відносний коефіцієнт продуктивності. Коефіцієнт економічності. Остаточну оцінку обраного способу відновлення можна дати тільки після проведення його економічної оцінки.

При визначенні коефіцієнта економічності користувалися відносними коефіцієнтами. За базу порівняння вибрали ручне дугове наплавлення, для якого коефіцієнт економічності $K_e = 1$. При цьому, чим більш економічний метод, тим вищий, тим більший відносний коефіцієнт економічності.

Таким чином інтегральний коефіцієнт K_i буде дорівнювати: для термопластичного роздавання: $K_i = 0,5 \cdot 1,87 \cdot 0,6 \cdot 1,2 = 0,67$;

Суть способу гідротермічного роздавання поршневих пальців полягає в тому, що зношений поршневий палець виготовлений зі сталі 12ХНЗА нагрівають до температури від 820 до 830°C. При цьому, внаслідок явища лінійного теплового розширення, відбувається збільшення лінійних розмірів поршневого пальця, а саме його довжини та зовнішнього і внутрішнього діаметрів. Величина на яку збільшується зовнішній діаметр достатня для відновлення спрацьованої поверхні та забезпечує припуск на механічну

обробку.

Структура отриманого металу повинна являти собою дрібногольчатий мартенсит, до четвертого класу, поверхневого цементованого шару та маловуглецевий мартенсит серцевини поршневого пальця. Принципово цього можливо досягнути використавши швидкість нагріву не менше $100^{\circ}\text{C}/\text{с}$. Це дозволяє зменшити час перебування температури деталі вище точки аустенітно-мартенситного фазового перетворення. Після нагрівання деталь охолоджують. Для забезпечення необхідної структури металу поршневого пальця швидкість охолодження повинна бути не меншою ніж $100^{\circ}\text{C}/\text{с}$. В інтервалі температур від 650 до 250°C аустеніт має низьку стійкість і тому з високими швидкостями переходить в феритно-цементитну суміш, для запобігання цього переходу швидкість охолодження в цьому інтервалі температур повинна бути більше $120^{\circ}\text{C}/\text{с}$. Такий режим охолодження забезпечує спреєрне охолодження. За допомогою спреєра охолоджується внутрішня поверхня поршневого пальця. Швидкість подачі охолоджуючої рідини на внутрішню поверхню поршневого пальця не менше 5 м/с. При менших значеннях швидкості витікання охолоджуючої рідини зі спреєра неможливе руйнування поверхневої парової плівки та як наслідок різко зменшується швидкість охолодження.

Технологічний процес відновлення поршневих пальців буде мати наступну послідовність. Зі складу деталі подаються до мийних машин, де вони промиваються розчином Лабоміда-101, після чого поступають на дефектацію. Далі поршневі пальці, що підлягають відновленню направляються на роздавання. Роздавання проходить в два етапи: перший – нагрів деталі в індукторі; другий – охолодження деталі в установці для охолодження. Після роздачі проводять грубе шліфування зі зняттям від $0,02$ до $0,22$ мм поверхневого шару, після чого на твердомірах типу ТР проводять 100% контроль на твердість. Далі виконують шліфування торців, для цього деталі монтують групами по $30-50$ шт. в касети. Проводять шліфування і полірування зовнішніх фасок, шліфування зовнішньої поверхні в розмір,

доводять зовнішній діаметр до номінального. Операції контролю, консервації, упаковки є завершальними. Після цього відновлені деталі поступають на склад готової продукції.

Таблиця 2.3 – Технологічний процес відновлення поршневих пальців.

№ операції	№ переходу	Найменування операції	Виконання операції
1	2	3	4
005		Мийна	Очистити деталь від бруду
010		Дефектувальна	Визначити придатність поршневого пальця для відновлення
015	1	Гідротермічне роздавання	Нагріти поршковий палець до температури від 820 до 830°C
	2		Збільшити зовнішній діаметр поршневого пальця шляхом роздавання до $45,1^{+0,07}_{-0,12}$ мм
020		Шліфувальна	Шліфувати зовнішній діаметр поршневого пальця з $45,1^{+0,07}_{-0,12}$ до $45,035_{-0,017}$ мм.
025	1	Шліфувальна	Шліфувати торець поршневого пальця
	2		Шліфувати торець поршневого пальця витримавши розмір по довжині $95_{-0,23}$ мм.
030	1	Шліфувальна	Шліфувати зовнішню фаску $2 \times 45^\circ$
	2		Шліфувати зовнішню фаску $2 \times 45^\circ$
035	1	Зенкерувальна	Зняти внутрішню фаску $2 \times 45^\circ$

	2		Зняти внутрішню фаску $2 \times 45^\circ$
040		Полірувальна	Полірувати зовнішню фаску
045		Шліфувальна	Шліфувати зовнішній діаметр поршневого пальця з $45,035_{-0,017}$ до $45,02_{-0,01}$ мм.
050		Шліфувальна	Шліфувати зовнішній діаметр поршневого пальця з $45,02_{-0,01}$ до $45,01_{-0,01}$ мм.
055		Доводочна	Довести зовнішню поверхню поршневого пальця по групам з діаметру $45,01_{-0,01}$ мм в розмір: $45_{-0,010}^{-0,005}$ мм; $45_{-0,015}^{-0,010}$ мм.
060		Обтиральна	Обтерти марлею поверхню поршневого пальця
065		Контрольно-маркувальна	Контролювати розмір поршневого пальця та маркувати згідно з розмірною ваговою групою
070		Консервувальна	Покрити поршковий палець консервувальним покриттям
075		Пакувальна	Пакувати поршкові пальці

Для якісного виконання операцій відновлення важливим є правильний вибір установочних баз. У випадку гідротермічного роздавання базовою буде зовнішня циліндрична поверхня поршневого пальця. Для операцій шліфування зовнішньої циліндричної поверхні базовими будуть поверхні внутрішнього отвору. При шліфуванні торців поршневих пальців базовими будуть як протилежні торцеві поверхні, так і зовнішні циліндричні поверхні. Формування зовнішньої фаски можливе при використанні зовнішньої та

внутрішньої циліндричних поверхонь пальців як базових, а при формуванні внутрішньої фаски – базовою буде внутрішня циліндрична поверхня.

В умовах ремонтних підприємств вигідним є універсальне обладнання, яке дозволяє виконувати велику кількість операцій. Виходячи з умов технологічного процесу та економічності вибираємо обладнання, ріжучий та вимірювальний інструмент за допомогою яких можливе виконання всіх необхідних операцій. Данні по вибраному обладнанню, інструментам та матеріалам наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Перелік технологічного обладнання і інструменту для відновлення поршневих пальців двигуна ЯМЗ.

№ операції	Перелік операції	Назва устаткування, тип і технічна характеристика	Назва, модель, ДСТУ ріжучого інструменту, матеріалу	Назва та ДСТУ контрольно-вимірюючих інструментів
1	2	3	4	5
005	Мийна	Мийна машина ОК-6093, кран стаціонарний двобалковий	16...30% розчин "Лабамед-103"	
010	Дефектувальна	Стіл ЗП-1497		Кришка 70-8141-1010 Скоба 70-8101-1032 Мікрокатор 05-4ГП Стійка С-І-28 100×40
015	Гідротермічне роздавання	Устаткування для загартування ЛПЗ-107 Індуктор ТВЧ-70-0772-1005	Охолоджуюча рідина: 10-% розчин NaCl	

		Установка роздачі пальців Пристосування для охолодження внутрішньої поверхні пальців		
020 025 030	Шліфувальна	Безцентровий шліфувальний верстат 3А-184 (3500×2200)	Круг шліфувальний ПП-450×63×280 24А 50ПСМ 7к5 30 м/с 1кл. А. Охолоджуюча рідина 1,5% розчину кальцинованої соди	Скоба 70-8100-1002 Пристосування для контролю биття ПШТО-70-8137-1058
035	Шліфування торців	Плоскошліфувальний верстат 3Б-722 (3460×2080). Пристосування ПШТ-25	Коло шліфувальне ПП-450×63×280 24А, 50ПСМ 7к5, 30 м/с 1кЛА,	Скоба 70-8100-1002. Пристосування для контролю биття ППБ-70-8731-1058
040	Шліфування зовнішніх фасок	Обдирально-шліфувальний верстат ТШН-400 (3500×2200) Пристосування ПШФ	Коло шліфувальне ПП 400×32×203 24А, 40ПМ 17к5, 30м/с 1кЛА	ЧК 150×63×32 СМ 12
045	Зенкерування	Пристосування для зняття	Зенкер ПЗФ-22ХО	Штангенциркуль ШЦ 1-01-125

	внутрішньої фаски	внутрішньої фаски ПЗФ-70-7609-1001		
050	Полірувальна	Пристосування ППФ –70-7605-1002	Алмазне шліфування	
055	Шліфувальна	Безцентровий шліфувальний верстат 3А-184 (3500×2200)	Шліфувальне коло ПП500×550×305 24А6 ПС 17к5 30 м/с 1кЛА	Профілограф Б-III-3 Скоба 8113-1030-04
060	Шліфувальна	Безцентровий шліфувальний верстат 3А-184 (3500×2200)	Шліфувальне коло ПП500×550×305 24А6 ПС 17к5 30 м/с 1кЛА	Профілограф Б-III-3 Скоба 8113-1030-04
065	Доводочна	Безцентровий шліфувальний верстат 3Ш-184Д (3500×2200)	Шліфувальне коло ПП 500×550× 305 24А6 ПС17к5 30 м/с 1кЛА	Профілограф Б-III-3 Скоба 70-8113-1030-04
070	Обтиральна		Марля побутова	
075	Контрольно-маркувальна	Стіл ЗП-1497	Темпель ЗП-1497 Пензель КФК-6 Фарба ТУ-6-10-1162-71	
080	Консервувальна	Ванна для розчину 70-7888-3074	Розчин “Лабомід –201”	

		Ванна з підігрівом розчину 70-7888-76 Стіл для стікання розчину	Розчин нітрату натрію	
085	Пакувальна	Стіл для пакування 70-7077-1001	Папір парафінований	

2.5 Розрахунок та вибір режимів виконання технологічних операцій

Операція 005 Мийна.

В мийну машину ОМ-6083 завантажують 4 корзини, в кожену з яких укладають по 100 поршневих пальців. Для миття рекомендується використовувати 15% розчин “Лабомід – 101” нагрітий до температури від 75 до 85°C. Мийну операцію проводять на протязі 30 хвилин.

Операція 010. Дефектувальна.

Процес дефектації проводять за допомогою спеціальних вимірювальних інструментів до повного визначення дефектів деталі за технологічною картою дефектації.

Операція 015. Гідротермічне роздавання.

Поршневий палець встановлюють в індуктор і нагрівають до температури від 800 до 820°C.

Приймаємо час нагріву – 40с.

Нагрітий палець встановлюють в пристосування для роздачі і охолоджують протягом 18 с.

Операція 020. Шліфувальна.

Припуск на шліфування

$$h = \frac{D-d}{2};$$

де D – початковий діаметр оброблюємої поверхні;

d – кінцевий діаметр оброблюємої поверхні

$$h = \frac{45,1 - 45,035}{2} = 0,0325 \text{ мм.}$$

Глибину обробки при чорновому шліфуванні приймаємо в межах від 0,02 до 0,04 мм.

Величину поперечної подачі шліфувального кола визначаємо за формулою 84

$$t = S = 0,03 \text{ мм.}$$

Число проходів визначаємо за формулою 19 []

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,0325}{0,03} = 1.$$

Колову швидкість різання обираємо за таблицею 88 []

$$V = 14 \text{ м/хв.}$$

Число обертів деталі визначаємо за формулою 22 []

$$n = \frac{318 \cdot V}{d} = \frac{318 \cdot 14}{45,1} = 98,7 \text{ об/хв,}$$

приймаємо $n=150$ об/хв.

Виконуємо перерахунок швидкості різання у відповідності з прийнятою частотою обертання деталі за формулою 23[16]

$$V = \frac{n \cdot d}{318} = \frac{150 \cdot 45,1}{318} = 21 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертання шліфувального кола приймаємо, згідно з технічними даними верстата рівною 1300 об/хв.

Розрахунок для інших операцій шліфування циліндричних поверхонь виконуємо аналогічно та результати заносимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Режими виконання технологічних операцій зовнішнього круглого шліфування.

Операція	Діаметр		Припуск на шліфування h, мм	Поперечна подача t, мм	Число проходів, і	Частота обертання шліфувального кола, n _к , об/хв	Швидкість різання V, мм/хв		Частота обертання деталі, n, об/хв	
	Початковий D, мм	Кінцевий d, мм					вихідна	уточнена	Розрахункова	прийнята
020	45,100	45,035	0,0325	0,0300	1	1300	14	21	98,7	150
045	45,035	45,020	0,0075	0,0075	1	1337	14	21	98,9	150
050	45,020	45,010	0,0050	0,0050	1	1337	14	21	98,9	150
055	45,010	45,000	0,0050	0,0050	1	1920	14	21	98	150

Операція 025 Шліфувальна.

Припуск на шліфування торців поршневого пальця, визначаємо за формулою

$$h = \frac{L-l}{2} = \frac{95,8-95}{2} = 0,04 \text{ мм},$$

де L та l – відповідно початкова та кінцева довжина поршневого пальця, мм.

Глибину обробки при шліфуванні приймаємо в межах від 0,02 до 0,04 мм.

Величину поперечної подачі визначаємо за формулою

$$t=S=0,04\text{мм}.$$

Кількість проходів визначаємо за формулою

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,04}{0,04} = 1.$$

Повздовжню подачу визначаємо за таблицею

$$S_n=0,35 \text{ мм/об.}$$

Частота обертів шліфувального круга за технічними даними верстату $n=1460$ об/хв.

Операція 030. Шліфувальна.

За допомогою пристосування здійснюється зняття зовнішньої фаски на поршневому пальці $2 \times 45^\circ$ з обох боків поршневого пальця. Частоту обертання шліфувального круга за технічними даними верстату приймаємо $n=1440$ об/хв. Подача поршневого пальця здійснюється вручну.

Операція 035. Зенкерувальна.

За допомогою пристосування здійснюється зняття внутрішньої фаски $2 \times 45^\circ$ з обох торців поршневого пальця. Частота обертання зенкера відповідає частоті обертання ротору електродвигуна і дорівнює 1440 об/хв. Подача поршневого пальця здійснюється вручну.

Операція 040. Полірувальна.

За допомогою пристосування здійснюємо полірування зовнішньої фаски поршневого пальця з обох торців. Частота обертання шліфувального круга відповідає частоті обертання ротора електродвигуна і становить 1500 об/хв. Подачу поршневого пальця виконують вручну.

Виконання операцій 060, 065, 070, 075 здійснюється вручну за допомогою пристосувань та матеріалами які наведені в таблиці 1.4.

Операція 005. Мийна.

Основний час знаходимо за формулою

$$T_o = \frac{t_m}{n_{ум}} = \frac{30}{1556} = 0,019 \text{ хв,}$$

де t_m – час миття партії деталей, $t_m=30$ хв;

$n_{ум}$ – кількість деталей в партії, визначаємо за формулою

$$n_{ум} = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{100000 \cdot 4}{257} = 1556 \text{ дет,}$$

N – річна програма випуску деталей, шт;

a – кількість днів, на які необхідно мати запас деталей, $a=4$ дні;

F – кількість робочих днів в році.

За таблицею 91 [16] приймаємо загальний допоміжний час:

$$T_d = 1,1 \text{ хв.}$$

Додатковий час визначаємо за формулою

$$T_{доd} = \frac{T_{on} \cdot \kappa}{100} = \frac{1,119 \cdot 2}{100} = 0,023 \text{ хв}$$

де κ – відсоткове відношення додаткового часу до оперативного, визначають за таблицею 7 [16], $\kappa=2\%$;

$T_{оп}$ – оперативний час, знаходимо за формулою

$$T_{оп} = T_o + T_d = 0,019 + 1,1 = 1,119 \text{ хв.}$$

Загальний час на виконання операції визначаємо за формулою

$$T_n = T_o + T_d + T_{доd} + \frac{T_{пз}}{n_{ум}} = 0,019 + 1,119 + 0,023 + \frac{9}{1556} = 1,16 \text{ хв.}$$

де $T_{пз}$ – підготовчо-заключний час, згідно з таблицею 92[16], $T_{пз}=9$ хв.

Операція 010. Дефектувальна.

Норми часу, згідно нормативів на дефектацію одного поршневого пальця приймаємо рівними 1,68хв.

Операція 015. Гідротермічне роздавання.

Основний час приймаємо згідно базового методу гідротермічного роздавання - 58 секунд

$$T_o = 0,97 \text{ хв,}$$

Допоміжний час на відновлення приймаємо за таблицею 90 []

$$T_d = 0,2 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час

$$T_{доd} = \frac{T_{on} \cdot \kappa}{100} = \frac{1,17 \cdot 4}{100} = 0,046 \text{ хв,}$$

де $T_{оп} = T_o + T_d = 0,97 + 0,2 = 1,17$ хв;

Підготовчо-заключний час визначаємо з таблиці 92 []

$$T_{пз} = 12 \text{ хв;}$$

Визначаємо норму часу

$$T_H = T_0 + T_d + T_{\text{дод}} + \frac{T_{\text{нз}}}{n_{\text{шт}}} = 1,17 + 0,2 + 0,046 + \frac{12}{4669} = 1,42 \text{ хв};$$

На інші операції приймаємо норми часу згідно з нормативами та заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Норми часу на виконання технологічних операцій.

№ операції	Найменування операції	T ₀	T _д	T _{оп}	T _{дод}	T _{пз}	T _н
1	2	3	4	5	6	7	8
005	Мийна	0,064	1,1	1,164	0,023	9	1,16
010	Дефектувальна						1,68
015	Гідротермічне	0,97	0,2	1,17	0,046	12	1,42
020	Шліфувальна	0,13	0,704	0,834	0,075	17	0,91
025	Шліфувальна	0,044	0,069	0,113	0,01	7	0,12
030	Шліфувальна	0,16	0,42	0,58	0,052	7	0,63
035	Зенкерувальна	0,07	0,4	0,47	0,042	4	0,51
040	Полірувальна	0,16	0,52	0,68	0,061	7	0,74
045	Шліфувальна	0,2	0,706	0,906	0,082	17	0,99
050	Шліфувальна	0,2	0,706	0,906	0,082	17	0,99
055	Доводочна	0,096	0,403	0,499	0,045	7	0,55
060	Обтиральна	0,006	0,01	0,07	0,006	4	0,08
065	Контрольно-маркувальна						0,25
070	Консервувальна						0,4
075	Пакувальна						0,4
Всього		2,042	5,238	7,334	0,523	108	10,83

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розробка схеми пристосування

Враховуючи вихідні дані та вимоги на проектування та теоретичну схему базування деталі, визначаємо схему закріплення деталі пристосуванням, яке зображене на рисунку 3.1 – установка деталі на розтискному трьохкулачковому патроні на роз тиск з базуванням по торцю.

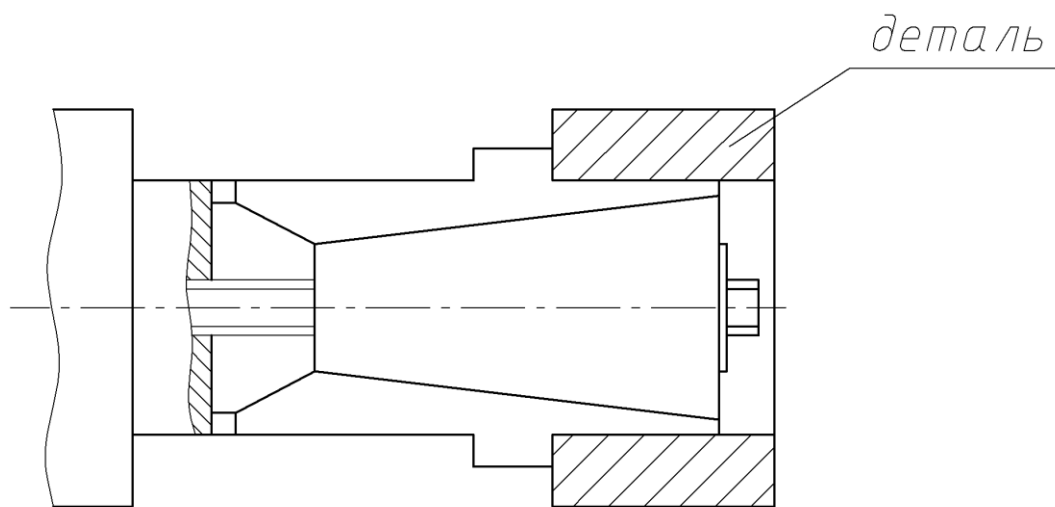


Рисунок 3.1 – Схема можливого закріплення деталі

3.2 Вибір затискного механізму

Враховуючи, що $T_o = 2,20$ хв. і те, що час на закріплення деталі (зняття деталі) перекривається основним часом механічної обробки, та конструкцією верстата, призначаємо механічний затискний механізм – цанговий патрон з приводом від гідроциліндра, вмонтованого у шпинделі верстата.

Із [14] відзначаємо, що має місце умова (3.3), так як $t_{yz} = 0,10$ хв.

Призначаємо пристосування одномісне.

3.3 Розрахунок пристосування на точність

Для розрахунку пристосування на точність застосовуємо формулу (3.2), для якої $\omega=0,1$, $\varepsilon_{\bar{\sigma}}=0$, $\varepsilon_z=0$ [6]. $\varepsilon_{уст}=0,08$, $\varepsilon_{изн}=0,06$, $\varepsilon_n=0,01$, $\omega=0,1$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{np} &= 0,1 - 1,2 \cdot \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0 + 0,08^2 + 0,06^2 + 0,01^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} \\ &= 0,1 - 0,014 = 0,086 \text{ мм}\end{aligned}$$

Отже, точність пристосування на розмір $\varnothing 180\text{H}9$ становить 0,086 мм.

Розрахункова схема силового патрона представлена на рисунку 3.2.

Вихідні дані:

$$D = 90 \text{ мм}; \quad \alpha = 5^\circ;$$

$$D_1 = 196,8 \text{ мм} \quad R = 0,5 \cdot D = 45 \text{ мм};$$

$$P_z = P_{z\max} = 2528 \text{ Н}; \quad R_1 = 0,5 \cdot D_1 = 98,4 \text{ мм};$$

$$Q_{ум} = 19600 \text{ Н (згідно паспорту верстата)}$$

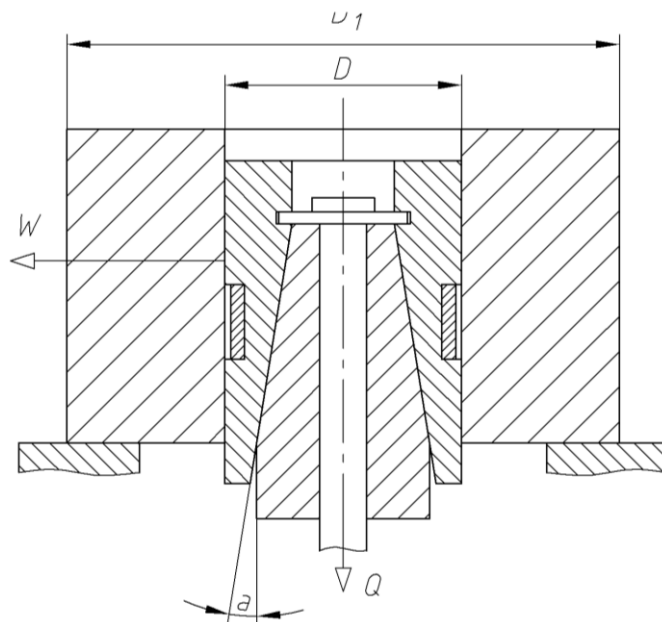


Рисунок 3.2 – Схема розрахунку силового патрона

У процесі механічної обробки заготовка піддається впливу моменту

різання, якому протидіє момент сили тертя. Останній визначимо за формулою [7]:

$$M_{тр} = W_{сум} \cdot f \cdot R, \quad (3.1)$$

де $W_{сум}$ – сумарна сила затиску оброблюваної заготовки усіма кулачками пристосування, Н;

f – коефіцієнт тертя між кулачками і деталлю, $f = 0,8$.

Умова рівноваги у цьому випадку має вигляд:

$$W_{сум} = f \cdot R = R \cdot M = R \cdot P_z \cdot R_1, [7] \quad (3.2)$$

де M – момент різання, Н;

R – коефіцієнт запасу затиску, $R = 1,5$.

Із формули (3.2) визначаємо сумарну силу затиску оброблюваної заготовки:

$$W_{сум} = \frac{R \cdot M}{f \cdot R} = \frac{R \cdot P_z \cdot R_1}{f \cdot R}, \quad (3.3)$$

$$W_{сум} = \frac{1,5 \cdot 2528 \cdot 98,4}{0,8 \cdot 45} = 10365 \text{ Н}$$

При упорі заготовки об борт оправки і при розжимній цанзі, залежність між силою затиску $W_{сум}$ і силою на штоці гідроциліндра Q визначається за формулою:

$$Q = W_{сум} \cdot [tg(\alpha + \varphi) + f], \quad (3.4)$$

де φ – кут тертя у цанзі, $tg\varphi = 0,2$, то $\varphi = 11,31^\circ$

$$Q = 10365 \cdot [tg(5^\circ + 11,31^\circ) + 0,8] = 11325 \text{ Н}$$

Використовуючи раніше визначену умову (5.10) відзначаємо, що $11325 \text{ Н} < 19600 \text{ Н}$, тому робота затискного механізму забезпечує функціонування системи.

У даному пристосуванні найбільш навантаженим елементом є листки цанги. У процесі затиску деталі можливе зминання як поверхонь листків цанги, так і посадочної поверхні закріплення деталі – \varnothing отвору 90Н7.

Умова міцності на зминання має вигляд:

$$\sigma_{зм} = \frac{P \cdot K}{\pi \cdot D \cdot l_k \cdot 2} \leq [\sigma]_{зм}, \quad (5.16)$$

де P – сила затиску, $P = W = 10365 \text{ Н}$;

l_k – довжина взаємного контакту вздовж осі, $l_k = 20 \text{ мм}$ (конструктивний параметр);

2 – кількість контактуючих поверхонь;

K – коефіцієнт запасу, $K = 1,6$;

$[\sigma]_{зм}$ – допустиме напруження зминання, $[\sigma]_{зм} = 140 \text{ Н/мм}^2$ – для сталі,

$[\sigma]_{зм} = 90 \text{ Н/мм}^2$ – для чавуну;

$$\sigma_{зм} = \frac{10365 \cdot 1,6}{\pi \cdot 90 \cdot 20 \cdot 2} = 1,5 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{зм}$$

Отже, умова міцності забезпечена.

3.4 Опис роботи пристосування

Деталь встановлюється на кулачки (поз. 5). Опорною поверхнею деталі являється торець $\varnothing 265$.

Зусилля від гідроциліндра, розміщеного в шпинделі верстата через шток (поз. 8) передається на кулачки (поз. 5). Переміщуючись по конусним поверхням оправки (поз. 6) вздовж осі оправки, кулачки одночасно

переміщуються і в радіальному напрямку, передаючи в цьому ж напрямку і зусилля від штока.

До шпинделя верстату патрон кріпиться з допомогою чотирьох болтів (поз. 8)

3.5 Вихідні дані розрахунку

Обладнання – агрегатний верстат А-1;

Матеріал деталі – СЧ20 ДСТУ 1412-85;

Діаметр обробки – 13 мм;

Кількість отворів – 8;

Силкові фактори та режими різання, що виникають при сверлінні 1-го отвору:

$$S = 0,1 \text{ мм/хв.}; V = 8,2 \text{ м/хв.}; n = 200 \text{ об/хв.}; S_m = 20 \text{ мм/хв.}; T_m = 2,0 \text{ хв.};$$

$$N_{8отв.} = 0,64 \text{ кВт}; P_z = 4780 \text{ Н.}$$

Параметри верстату: $N = 1,1$ кВт – потужність силової бабки, кількість обертів вихідного валу – 465 об/хв.

Враховуючи параметри оброблюваності деталі на верстаті, та характеристик останнього, прийнята наступна кінематична схема (див. рисунок 5.8):

- обертання усіх шпинделів праве, що вимагає наявності паразитних шестерень;
- відстань між осями шпинделів дозволяють розмістити усі зубчасті колеса в один ярус;
- кожне зубчасте колесо розміщується між двома опорами (радіальні підшипники).

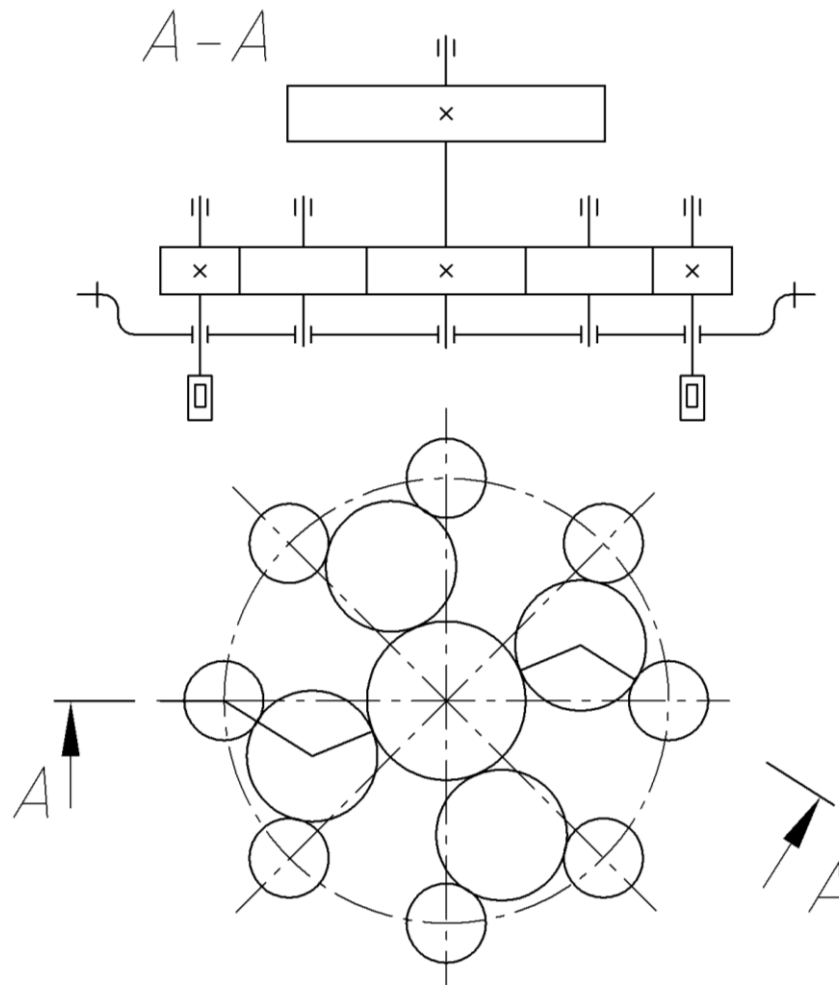


Рисунок 3.8 – Кінематична схема восьмишпindelної свердильної головки

Центральний ведучий вал є найбільш навантаженим. Тому при визначенні модуля зачеплення усіх зубчастих коліс головки, слід брати навантаження, яке припадає на зуб шестерні, встановленої на цьому валі.

Діаметр ведучого вала визначимо по величині крутного моменту, який передається в процесі різання (сверління) за формулою:

$$d_1 = \sqrt{\frac{16M_{кр}}{\pi \cdot [\tau]}}, \quad (5.17)$$

де d_1 – діаметр центрального валу;

$[\tau]$ – допустиме напруження кручення, $[\tau] = 1500 \text{ кгс/см}^2$ – при матеріалі сталь 45 [19];

$M_{кр}$ – крутний момент, кгс·см

$$M_{кр} = \frac{7160N}{n} \cdot i = \frac{7160 \cdot \frac{1100}{735,5}}{465} \cdot \frac{3}{10} = 70 \text{ кгс·см}$$

де i – передаточне число між двигуном та центральним валом;

735,5 – коефіцієнт переводу потужності вираженої у Вт у кінці сили.

Отже, діаметр вала:

$$d_1 = \sqrt{\frac{16 \cdot 70}{\pi \cdot 1500}} = 0,48 \text{ см}$$

Враховуючи те, що на валі для закріплення ведучого колеса необхідна шпонка, приймаємо діаметр вала – 30 мм.

Діаметр D направляючої (хвостової) частини робочих шпинделів приймаємо в залежності від діаметра сверла d . Із табл. 7 [21] при $d = 13$, $D/d = 1,3$.

Отже, $D = 13 \cdot 1,3 = 16,9$ мм; приймаємо 20 мм.

Згідно рекомендацій цього ж підручника, модель веденої шестерні робочого шпинделя слід вибирати в залежності від діаметра сверла. При $d = 13$ мм, враховуючи запас міцності, приймаємо $m = 3$.

Діаметр D_o ділильного кола зубчастого колеса робочого шпинделя рівний: $D_o = D + 2e + 6,8 \cdot m = 20 + 26 + 6,8 \cdot 3 = 52,4$ мм, де e – глибина шпоночного пазу. Приймаємо $D_o = 63$ мм (при конструюванні передбачаємо можливість застосування свердлильної головки для обробки отворів іншого діаметру).

Ширина зубчастих коліс приймається рівною 10 модулям. Приймаємо 25 мм.

Діаметри проміжних валів (осей), при умові що паразитна шестерня приводить в рух два робочих шпинделя, рівні $D_n = 1,3 \cdot D = 1,3 \cdot 20 = 26$ мм. Приймаємо 30 мм.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вимоги безпеки праці під час виконання ремонтних робіт

Під час виконання ремонтних робіт робітники повинні дотримуватись правил безпечного користування інструментом, підйомними засобами, механічними верстатами тощо, причому всі механічні засоби, які використовуються для ремонтних робіт, повинні відповідати вимогам Державних стандартів. Зони небезпеки на верстатах, машинах, механізмах, які експлуатуються в майстерні господарства, повинні мати запобіжні пристрої у відповідності з Державним стандартом “Обладнання виробниче”, “Верстати металоріжучі”. Захисні пристрої не повинні допускати: доторкання людини до рухомих частин; викидання з верстата ріжучого інструменту або деталі; перевищення гранично допустимих величин вібрації і шуму; можливості травмування при встановленні і заміні ріжучого інструменту. Огороджувальні пристрої не повинні впливати на роботу механізму і автоматично фіксуватись в робочому положенні, від їх конструкцій вимагається кріплення, відсутність перешкод для роботи, прибирання і обслуговування верстату.

Внутрішні поверхні захисних дверей, кришок огороження і місця їх кріплення фарбуються в червоний колір. Вантажопідйомні машини повинні відповідати вимогам правил безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів, затверджених Держтехнаглядом України. Вантажопідйомні машини і механізми не можуть бути допущені до експлуатації, якщо вони не пройшли реєстрації. Залежно від виду виконуваних операцій робочі місця відповідно обладнуються: стелажми, столами, шафами, тумбочками, при потребі кріслами і іншими пристроями для зручного і безпечного виконання робіт і зберігання інструменту, пристосувань і деталей. 40 Стелажі, столи, шафи, тумбочки і інше обладнання повинні бути зручними, стійкими, вигідними для роботи, надійно закріпленими до підлоги. Ширина проходів між

стелажами і машинами, які стоять на зберіганні, повинна бути не менше 1 м, між торцями машин і будинком не менше 0,5 м, між машинами, що ремонтуються, не менше 1,2 м, між машиною і зовнішніми воротами не менше 2 м. Віддаль від стіни до верстата повинна бути не менше 0,8 м. Якщо між верстатами нема проходу, то вони повинні встановлюватись на віддалі один від одного на 1 м, якщо між верстатами є односторонній прохід, то на віддалі 3,1 м, при двосторонньому русі - 4,5 м. Якщо верстати обслуговуються з зовнішньої сторони, то ця віддаль зменшується відповідно на 1,4 м. На столах і стелажах, призначених для складання виробів і матеріалів, робляться чіткі написи про гранично допустимі на них навантаження.

Безпечна робота під час ремонту техніки забезпечується загороджувальними пристроями, сигналізацією, системою дистанційного управління, застосуванням засобів індивідуального захисту. Лещата на верстатах встановлюються на віддалі 1 м одні від одних, а для захисту працюючих від можливих уламків встановлюються сітки. При двосторонній роботі на верстатах сітка встановлюється по середині, а при односторонній – зі сторони, поверненої до робочих місць проходами і вікнами. Робочі місця забезпечуються комплектом необхідного робочого і вимірювального інструменту, а також відповідними підйомно-транспортними засобами. В приміщенні з холодними підлогами, а також в вологих приміщеннях на робочих місцях під ноги працюючих встановлюються дерев'яні решітчасті підставки.

Виробничі процеси потрібно організовувати так, щоб шум і вібрація не перевищували встановленої санітарної норми. Засоби захисту необхідно готувати до початку робочого процесу або заблокувати їх так, щоб виконання робочого процесу було неможливим при відключених засобах захисту або їх несправності.

Захисні пристосування повинні спрацьовувати при виникненні небезпеки і неповинні припиняти своєї дії скоріше, ніж припиниться дія

небезпечного виробничого чинника. Зарядку акумуляторних батарей необхідно проводити у щільно закритих витяжних шафах. Шафи виготовляють з дошок столярним методом з легковідкидними кришками і оглядовими вікнами. В акумуляторній майстерні необхідно мати засоби індивідуального захисту та першої допомоги (діелектричні рукавиці, захисні окуляри, посуд для доливання електроліту, ареометр, дистильовану воду, п'ятипроцентний розчин соди і умивальник). В майстерні повинні бути візки для транспортування акумуляторних батарей і кислотних посудин.

Посудини повинні знаходитися у плетених корзинах, заповнені дерев'яною стружкою або соломою. Для огляду чи ремонту коліс, а також вузлів ходової частини, трансмісії тощо, потрібно піднімати машину. Цю операцію необхідно виконувати тільки з застосуванням справних вантажопідійомних засобів (домкрати, талі, кран-балки). Домкрати необхідно встановлювати в місцях вказаних у заводських інструкціях.

Для забезпечення повної безпеки під навішену машину ставлять міцні підставки, які необхідно періодично перевіряти на відповідну вантажопідійомність. На кран-балці і інших підіймальних пристроях необхідно встановити пристрій, який відключає механізм піднімання від електромережі у випадку піднімання вантажу з понаднормовою масою. На рейках кран-балки необхідно установити з обох боків у крайніх положеннях кран-балки кінцеві вимикачі і упорні башмаки для запобігання переміщення у небезпечне положення. Зварювальне відділення повинно бути відгороджене від інших відділень ширмами або щитами, його необхідно обладнати достатньою припливно-витяжною вентиляцією для видалення забрудненого повітря.

4.2 Охорона праці в Україні

В суспільстві з соціально-орієнтованою економікою охорона праці має бути одним з найважливіших завдань соціально-економічної політики

держави, кожного підприємства та організації. Основним законодавчим актом, що регулює питання організації і проведення заходів щодо охорони праці є Закон України " Про охорону праці "[9], який в остаточній редакції був прийнятий Верховною Радою України 21 листопада 2002 року. У цьому Законі викладені правові норми, що сприяють усуненню об'єктивних причин незадовільного стану умов і безпеки праці та передбачається багатоаспектна система державного управління охороною праці.

Цей Закон визначив повноваження, права і обов'язки господарських органів керування, а також місцевих органів державної виконавчої влади у створенні нешкідливих і безпечних умов праці на виробництві.

Поряд з Законом України " Про охорону праці " ці питання відображені і в Конституції України [10]. В статті 43 проголошено право кожного громадянина України на працю, вільний вибір професії, на гідні, безпечні і здорові умови праці; в статті 45 – право громадян на відпочинок. Метою розділу «ОХОРОНА ПРАЦІ» є аналіз умов праці, пожежної небезпеки на виробничій ділянці при проведенні поточного ремонту переднього мосту автомобілів УРАЛ-4320 і розробка заходів по поліпшенню умов праці та забезпеченню пожежної безпеки на виробничій ділянці.

4.3 Аналіз умов праці на ділянці поточного ремонту

Виробничі процеси поточного ремонту передніх мостів супроводжуються впливом на робітників цілого комплексу небезпечних та шкідливих виробничих чинників. До найбільш суттєвих з них необхідно віднести: тепловиділення від технологічного інструменту, шум, який супроводжує ці технологічні операції, 43 запиленість та загазованість повітря робочих зон виробничих приміщень, мікрокліматичні умови на робочих місцях, освітленість робочих площин і т.і. Значну небезпеку представляють собою і різновид широко застосовуємого електрообладнання.

Слюсарна обробка агрегату "переднього мосту" супроводжується

виконанням у певній послідовності ряду технологічних операцій. Основні шкідливі та небезпечні виробничі чинники, характерні для робочого місця слюсаря приведені у таблиці 4.1. Пожежна безпека

Приділяючи увагу питанням пожежної безпеки слід відмітити, що за ступенем пожежної безпеки у відповідності до вимог нормативних документів як, СНиП 2.09.02 – 85, ДСТУ 12.1.033 – 81, по характеру оснащеності і виконуємим операціям дільницю ПР слід віднести до категорії " Д " і класу П – Па за ПУЕ 85; ступінь вогнестійкості цих будівель – II (СНиП 2.01.02 – 85) [11]. До найбільш ймовірних причин пожеж необхідно віднести: необережне поводження з вогнем, порушення параметрів технологічних, несправність електрообладнання і мереж електропостачання, порушення правил експлуатації електрообладнання, спалахування паливно-мастильних матеріалів, недотримання правил пожежної безпеки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В загальному до проведених досліджень показано, що схоплюваність пари вісь-втулка насоса, має показники схоплення II роду (гаряче зчеплення) при відповідних показниках навантаженнях.

При експлуатації на протязі 1500 год. насосів у робочих поверхнях утворюються білі шари, які знижують довговічність даних поверхонь.

Також в роботі було розроблено та спроектовано пристосування, підібрано обладнання та вибрано методи захоплення деталі.

БІБЛІОГРАФІЯ

Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі : О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, А.Б. Гупка, Р.В.Хорошун. – Тернопіль : ФОП «Паляниця В.А.», 2022. – 61 с

2. Техніко – економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

3. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

4. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Левкович М.Г., Гудь В.З., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. – Тернопіль : Вид – во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 544 с.

5. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Dzyura, V., Aulin, V., Khoroshun, R. Interpreting the main power characteristics choice of the wheel vehicles guided cushioning system (2021) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 23 (2), pp. B139-B149. (Scopus).

6. Oleg Lyashuk ,Andrii Gupka, Yuriy Pyndus , Vasily Gupka, Mariia Sipravska, Andrzej Wozniak, Mikola Stashkiv The tribology of the car: Research methodology and evaluation criteria ICCPT 2019: Current Problems of Transport: Proceedings of the 1st International Scientific Conference, May 28-29, 2019, Ternopil, Ukraine (ICCP 2019), Ternopil, Ukraine, May 28-29, 2019.

7. О.Л. Ляшук, А.Б. Гупка , В.О. Тесля Експлуатаційні методи підвищення зносостійкості пар тертя автомобіля Інноваційні технології

розвитку та ефективності функціонування автомобільного транспорту: Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 14-15 листоп. 2018 р., м. Кропивницький: зб. наук. матер./ М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. експлуатації та рем. машин.-Кропивницький: ЦНТУ, 2018.-С. 212-217.

8 O. Liashuk O. Livitskyi, V. Aulin , S. Lysenko , A. Hryniv, A.Gypka Parameters of the lubrication process during operational wear of the crankshaft bearings of automobile engines Problems of Tribology, V. 27, No 4/106-2022, 69-81.

9. Конспект лекцій (частина I) з дисципліни «Транспортні засоби» для студентів усіх форм навчання першого рівня освіти за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт», 275 «Транспортні технології» галузі знань 27 «Транспорт» / О.Л. Ляшук, Т.Д.Навроцька., Р.Р. Заверуха., Л.М. Слободян., Р.В. Хорошун. – Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. – 132 с