МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«___»_____ 2026 р.
Зав. кафедри _д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ __Володимир ДІДУР___
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення технологічного процесу відновлення циліндро-поршневої групи автотракторних двигунів з розробкою пристосування для закріплення деталі на верстаті»

Виконав: студент _3 курсу, групи 31к-ім
освітньої програми___бакалавр_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
_Істомін Максим Олександрович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник професор Дідур В.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії
Освітня програма «Бакалавр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____ Володимир ДІДУР
«___» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Істоміну Максиму Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Удосконалення технологічного процесу відновлення циліндро-поршневої групи автотракторних двигунів з розробкою пристосування для закріплення деталі на верстаті»

керівник проекту Дідур Володимир Володимирович, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
" 01 " травня 2026 р. № 01-06/129
2. Строк подання студентом проекту 18.05.2026 р.
3. Вихідні дані до проекту: умови роботи гільз циліндрів та характерні види їх спрацювання; технічні вимоги до гільз циліндрів та методи їх дефектації
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.
5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; ремонтне креслення деталі, яка відновлюється; технологічний процес дефектування відновлюваної деталі; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	При-мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025 .	
2.	Розділ 1. Характеристика гільз циліндрів	19.11.2025 .	
3.	Розділ 2. Конструкційно-технологічна частина	18.12.2025 .	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026 .	
5.	Розділ 4. Техніко-економічна частина	09.03.2026 .	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026 .	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026 .	

Студент _____ Істомін М.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Дідур В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ 5
1.1 Призначення та конструктивні особливості гільз циліндрів автотракторних двигунів.5
1.2 Умови роботи гільз циліндрів та характерні види їх спрацювання 6
1.3 Технічні вимоги до гільз циліндрів та методи їх дефектації 8
2. КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА 11
2.1 Загальна характеристика робочого агрегату, який підлягає ремонту 11
2.2 Характеристика умов експлуатації та основних процесів зношування робочого агрегату 12
2.3 Розробка ремонтного креслення деталі, яка відновлюється 15
2.4 Технологічний процес дефектування відновлюваної деталі 18
2.5 Розрахунок та вибір режимів виконання технологічних операцій 26
2.6 Розробка схеми пристосування 31
2.7 Вибір затискного механізму 31
2.8 Розрахунок пристосування на точність 31
2.9 Опис роботи пристосування 33
2.10Вихідні дані розрахунку 33
3 ОХОРОНА ПРАЦІ 35
3.1 Аналіз умов праці під час відновлення циліндро-поршневої групи автотракторних двигунів 35
3.2 Заходи безпеки під час виконання технологічного процесу відновлення гільз циліндрів 36
3.3 Вимоги безпеки до пристосування для закріплення гільзи циліндра на верстаті 38
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 41
ВИСНОВОК 46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 47

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ

1.1 Призначення та конструктивні особливості гільз циліндрів автотракторних двигунів

Гільза циліндра є однією з основних деталей циліндро-поршневої групи автотракторного двигуна. Вона утворює робочу поверхню, по якій здійснює зворотно-поступальний рух поршень із поршневими кільцями. Саме у внутрішньому об’ємі гільзи відбуваються процеси впуску повітря або паливоповітряної суміші, стискання, згоряння палива, розширення газів та випуск відпрацьованих продуктів згоряння. Тому технічний стан гільзи безпосередньо впливає на компресію, потужність, економічність, витрату мастила, димність і загальний ресурс двигуна.

Під час роботи двигуна гільза циліндра сприймає значні механічні, теплові та хімічні навантаження. На її внутрішню поверхню діють сили тертя від поршневих кілець, тиск газів, температура згоряння палива, продукти окиснення мастила, а також абразивні частинки, які можуть потрапляти разом із повітрям, паливом або мастилом. У зв’язку з цим до матеріалу та якості обробки гільз висувають підвищені вимоги.

У більшості автотракторних двигунів застосовують змінні гільзи циліндрів. Така конструкція спрощує ремонт двигуна, оскільки у разі значного зношування або пошкодження робочої поверхні немає потреби замінювати весь блок циліндрів. Достатньо виконати демонтаж зношеної гільзи, провести контроль її технічного стану та прийняти рішення щодо відновлення або заміни.

За конструктивним виконанням гільзи циліндрів поділяють на сухі та мокрі. Суха гільза встановлюється у блок циліндрів без безпосереднього контакту із охолоджувальною рідиною. Теплота від неї передається через стінки блока. Такі гільзи мають відносно невелику товщину стінки та потребують точного прилягання до посадкового отвору. Мокра гільза безпосередньо контактує із охолоджувальною рідиною, тому має кращі умови тепловідведення, але потребує надійного ущільнення у місцях посадки, щоб запобігти потраплянню охолоджувальної рідини в картер двигуна.

Для автотракторних двигунів найбільш поширеними є мокрі змінні гільзи, оскільки вони забезпечують ефективне охолодження зони згоряння та спрощують ремонт. Такі гільзи мають бурт для фіксації у блоці циліндрів, зовнішні посадкові пояски, канавки під ущільнювальні кільця та внутрішню робочу поверхню, яка піддається точній механічній обробці.

Матеріалом для виготовлення гільз найчастіше є спеціальні марки сірого або легованого чавуну. Чавун має достатню зносостійкість, добрі антифрикційні властивості, високу теплопровідність і здатність утримувати мастильну плівку на робочій поверхні. Для підвищення довговічності гільзи можуть виготовляти з матеріалів, легованих хромом, нікелем, молібденом та іншими елементами, які покращують твердість, стійкість до спрацювання та термічну стабільність.

Особливе значення має якість внутрішньої поверхні гільзи. Вона повинна мати правильну геометричну форму, мінімальну овальність і конусність, а також задану шорсткість. Після остаточної обробки на поверхні гільзи формується сітка мікронерівностей, яка сприяє утриманню мастила. Така поверхня забезпечує нормальне припрацювання поршневих кілець, зменшує тертя та підвищує ресурс роботи циліндро-поршневої групи.

1.2 Умови роботи гільз циліндрів та характерні види їх спрацювання

У процесі експлуатації автотракторного двигуна гільзи циліндрів працюють у несприятливих умовах, які поєднують механічне тертя, високі температури, тиск газів, дію продуктів згоряння палива та вплив мастильних матеріалів. Найбільше навантаження припадає на верхню частину гільзи, де температура і тиск газів є максимальними, а умови змащування найгіршими.

Основним видом спрацювання гільз є абразивно-механічне зношування внутрішньої робочої поверхні. Воно виникає внаслідок тертя поршневих кілець об стінку циліндра. Якщо в циліндр потрапляють частинки пилу, нагару або металевої стружки, вони діють як абразив і прискорюють руйнування поверхневого шару. Особливо інтенсивно зношування відбувається за несправності повітряного фільтра, використання забрудненого мастила або порушення періодичності технічного обслуговування.

Характерною ознакою спрацювання гільзи є збільшення її внутрішнього діаметра. Зношування відбувається нерівномірно по висоті та по колу циліндра. У верхній частині, в зоні зупинки верхнього компресійного кільця, формується найбільше спрацювання, що призводить до появи так званого уступу. Нижня частина гільзи зношується менше, оскільки температура там нижча, а умови змащування кращі.

Нерівномірність спрацювання по висоті гільзи спричиняє конусність, а нерівномірне зношування по діаметральних напрямах — овальність. Ці дефекти порушують герметичність камери згоряння, знижують компресію, збільшують прорив газів у картер,

спричиняють підвищену витрату мастила та погіршують запуск двигуна.

Крім абразивного зношування, можливе корозійне пошкодження поверхні гільзи. Воно виникає внаслідок дії кислотних продуктів згоряння палива, конденсату, неякісної охолоджувальної рідини або тривалого простою двигуна. Корозійні ураження особливо небезпечні для мокрих гільз, зовнішня поверхня яких контактує з охолоджувальною рідиною. У разі порушення складу рідини або відсутності антикорозійних присадок на зовнішній поверхні можуть утворюватися раковини.

Для мокрих гільз також характерне кавітаційне руйнування зовнішньої поверхні. Кавітація виникає через коливання стінок гільзи під час роботи двигуна та утворення бульбашок у охолоджувальній рідині. При їх руйнуванні на поверхні металу виникають мікроудари, які поступово спричиняють появу заглиблень і раковин. За значного розвитку кавітації можливе наскрізне пошкодження стінки гільзи, що призводить до потрапляння охолоджувальної рідини в картер двигуна.

До поширених дефектів гільз циліндрів належать:

- збільшення внутрішнього діаметра внаслідок спрацювання;
- овальність і конусність робочої поверхні;
- задири, подряпини та риски на дзеркалі циліндра;
- утворення уступу у верхній частині гільзи;
- корозійні пошкодження;
- кавітаційні раковини на зовнішній поверхні;
- тріщини та відколи бурта;
- пошкодження посадкових поясів;
- зношування або пошкодження канавок під ущільнювальні кільця.

Поява задирів на робочій поверхні гільзи зазвичай пов’язана з недостатнім змащуванням, перегрівом двигуна, порушенням теплового зазору між поршнем і циліндром або потраплянням сторонніх частинок. Задири небезпечні тим, що швидко руйнують поршневі кільця, погіршують герметичність і можуть стати причиною заклинювання поршня.

Значний вплив на інтенсивність спрацювання гільз має якість мастила. Мастильний матеріал повинен створювати стійку плівку між поршневими кільцями і стінкою циліндра. Якщо мастило втрачає свої властивості, забруднюється продуктами згоряння або металевими частинками, воно не забезпечує належного захисту поверхонь тертя. У

результаті підвищується температура, збільшується коефіцієнт тертя і прискорюється зношування.

Також важливим чинником є температурний режим роботи двигуна. Перегрів призводить до розширення деталей, зменшення зазорів, погіршення умов змащування і можливого утворення задирів. Робота двигуна при зниженій температурі також небажана, оскільки сприяє конденсації вологи, неповному згорянню палива, утворенню нагару та корозійному зношуванню.

1.3 Технічні вимоги до гільз циліндрів та методи їх дефектації

Перед відновленням або заміною гільз циліндрів необхідно провести їх ретельну дефектацію. Дефектація дає змогу встановити фактичний технічний стан деталі, визначити характер і ступінь пошкоджень, а також обрати раціональний спосіб ремонту. Від правильності оцінювання стану гільзи залежить якість відновлення всієї циліндро-поршневої групи.

Основними технічними вимогами до гільз циліндрів є збереження правильної геометричної форми, відповідність внутрішнього діаметра допустимим розмірам, відсутність тріщин, задирів, глибоких рисок, корозійних і кавітаційних пошкоджень. Робоча поверхня гільзи повинна мати рівномірну шорсткість і не повинна містити дефектів, які можуть порушити роботу поршневих кілець.

Під час дефектації гільзи перевіряють:

- стан внутрішньої робочої поверхні;
- величину зношування внутрішнього діаметра;
- овальність і конусність;
- наявність задирів, рисок і тріщин;
- стан бурта та посадкових поверхонь;
- стан зовнішньої поверхні, яка контактує з охолоджувальною рідиною;
- справність канавок під ущільнювальні кільця.

Спочатку гільзи очищають від нагару, мастила, накипу та інших забруднень. Для цього застосовують механічне очищення, промивання у спеціальних розчинах або комбіновані способи очищення. Після очищення деталь піддають зовнішньому огляду. На цьому етапі виявляють очевидні дефекти: тріщини, відколи, глибокі задири, корозійні плями, пошкодження бурта та посадкових поверхонь.

Для виявлення тріщин можуть застосовувати капілярний, магнітопорошковий або

гідравлічний метод контролю. Особливо уважно перевіряють верхній бурт, зони посадки, зовнішню поверхню мокрих гільз і місця розташування ущільнювальних кілець. Наявність тріщин зазвичай є підставою для вибракування гільзи, оскільки подальша експлуатація такої деталі може призвести до руйнування двигуна.

Вимірювання внутрішнього діаметра гільзи виконують нутроміром, індикаторним вимірювальним приладом або спеціальним калібрувальним інструментом. Заміри проводять у кількох поясах по висоті гільзи та у двох взаємно перпендикулярних напрямах. Це дозволяє визначити не лише загальне зношування, а й овальність та конусність робочої поверхні.

Овальність визначають як різницю між найбільшим і найменшим діаметром, виміряними в одному поясі у взаємно перпендикулярних напрямах:

$$O = D_{max} - D_{min} \tag{1.1}$$

де O — овальність гільзи, мм;

D_{max} — найбільший виміряний діаметр, мм;

D_{min} — найменший виміряний діаметр, мм.

Конусність визначають як різницю діаметрів, виміряних у верхній і нижній частинах гільзи в одному напрямі:

$$K = D_{\text{в}} - D_{\text{н}} \tag{1.2}$$

де K — конусність гільзи, мм;

$D_{\text{в}}$ — діаметр у верхньому поясі вимірювання, мм;

$D_{\text{н}}$ — діаметр у нижньому поясі вимірювання, мм.

Якщо фактичне зношування, овальність або конусність перевищують допустимі значення, гільзу необхідно відновлювати або замінювати. Вибір способу ремонту залежить від величини зносу, типу двигуна, конструкції гільзи та економічної доцільності відновлення.

Одним із поширених способів відновлення внутрішньої поверхні гільз є розточування під ремонтний розмір з подальшим хонінгуванням. Розточування дає змогу усунути овальність, конусність, задири та нерівномірне спрацювання. Хонінгування забезпечує необхідну точність і формує на поверхні характерну сітку мікрорисок, яка сприяє утриманню мастила.

У разі значного зношування або наявності глибоких пошкоджень може застосовуватися встановлення ремонтної втулки, наплавлення, металізація або інші

методи відновлення. Однак вибір способу повинен бути обґрунтований з технічної та економічної точок зору. Для ремонтних підприємств важливо не лише відновити геометрію гільзи, а й забезпечити її довговічність після ремонту.

Під час механічної обробки гільз особливе значення має правильне закріплення деталі на верстаті. Гільза має порівняно тонку стінку, тому надмірне або нерівномірне затискання може спричинити її деформацію. Після зняття з верстата така деформація може призвести до порушення геометрії внутрішньої поверхні, появи овальності та зниження точності обробки. Саме тому розробка спеціального пристосування для закріплення гільзи на верстаті є важливою складовою удосконалення технологічного процесу її відновлення.

Раціональне пристосування повинно забезпечувати надійну фіксацію гільзи, точне базування, рівномірний розподіл затискних зусиль і зручність виконання технологічних операцій. Його застосування дозволяє підвищити точність обробки, зменшити кількість браку, скоротити допоміжний час і покращити якість відновлення циліндро-поршневої групи.

2. КОНСТРУКЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Загальна характеристика робочого агрегату, який підлягає ремонту

Двигуни сімейства ЯМЗ належать до поширених дизельних силових агрегатів, які застосовуються на вантажних автомобілях, спеціальній та автотракторній техніці. Їх конструкція розрахована на роботу в умовах значних навантажень, змінних швидкісних режимів і тривалої експлуатації. За конструктивною схемою двигун є чотиритактним дизелем із V-подібним розташуванням восьми циліндрів під кутом 90°. Така компоновка забезпечує компактність силового агрегата, достатню потужність і прийнятну врівноваженість під час роботи.

Основними технічними параметрами двигуна є робочий об’єм 10,85 л, діаметр циліндра 120 мм і хід поршня 120 мм. Ступінь стиску становить 17, що є характерним для дизельних двигунів даного класу та забезпечує необхідні умови для самозаймання палива в камері згоряння. Номінальна потужність двигуна досягає 210 к.с. при частоті обертання колінчастого вала 2500 об/хв. Найбільший крутний момент становить 65 кгс·м і реалізується в діапазоні частот 1400–1700 об/хв, що забезпечує добрі тягові властивості машини.

Блок циліндрів двигуна виготовляється зі спеціального чавуну та об’єднується з верхньою частиною картера. Така конструкція забезпечує необхідну жорсткість, міцність і стійкість до навантажень, що виникають під час роботи кривошипно-шатунного механізму. У блоці встановлюються змінні гільзи циліндрів мокрого типу, які безпосередньо контактують з охолоджувальною рідиною. Це сприяє ефективному відведенню теплоти від робочої поверхні циліндра та підтриманню стабільного температурного режиму двигуна.

Гільзи циліндрів виготовляють із спеціального легованого чавуну, який має високу зносостійкість, достатню твердість і добрі антифрикційні властивості. Для запобігання потраплянню охолоджувальної рідини в картер двигуна мокрі гільзи ущільнюються гумовими кільцями. Надійність ущільнення має важливе значення, оскільки порушення герметичності може призвести до змішування охолоджувальної рідини з мастилом, погіршення змащування та прискореного зношування деталей циліндро-поршневої групи.

Головки циліндрів у двигуні виконані роздільними, тобто кожен циліндр має окрему головку. Вони виготовляються з алюмінієвого сплаву, що забезпечує зменшення маси та покращене тепловідведення. Камера згоряння має нероздільну конструкцію і тороїдальну форму, розміщену в днищі поршня. Таке виконання сприяє кращому сумішоутворенню, ефективному згорянню палива та зниженню втрат енергії.

Поршні двигуна виготовляють із висококремнистого алюмінієвого сплаву, який поєднує невелику масу, достатню міцність і стійкість до підвищених температур. Поршень сприймає тиск газів під час робочого ходу та передає зусилля через поршневий палець і шатун на колінчастий вал. Поршневі пальці виготовляються зі сталі та мають плаваючу посадку, що дозволяє їм вільно повертатися у втулці шатуна та бобишках поршня. Їх осьове переміщення обмежується стопорними кільцями.

Шатуни двигуна сталеві, двотаврового перерізу, що забезпечує поєднання високої міцності та порівняно невеликої маси. Нижня головка шатуна має прямий роз'єм із плоским стиком. У верхній головці встановлюється біметалева втулка з бронзовим несучим шаром, яка забезпечує зменшення тертя та підвищує довговічність з'єднання з поршневим пальцем.

Циліндро-поршнева група є одним із найвідповідальніших вузлів двигуна, оскільки саме вона значною мірою визначає його технічний стан, потужність, економічність і ресурс. До нерухомих елементів цієї групи належать гільзи циліндрів та ущільнювальні елементи, а до рухомих — поршні, компресійні та маслознімні кільця, поршневі пальці, шатуни й підшипники.

Під час роботи двигуна циліндр, головка та поршень утворюють замкнений робочий простір, у якому відбуваються процеси стискання повітря, впорскування палива, його згоряння та перетворення теплової енергії в механічну роботу. Внутрішня поверхня гільзи виконує роль напрямної для поршня та одночасно є поверхнею тертя для поршневих кілець. Тому її геометрична точність, шорсткість і зносостійкість мають вирішальне значення для нормальної роботи двигуна.

У процесі експлуатації гільзи циліндрів зазнають впливу високої температури, тиску газів, тертя поршневих кілець, продуктів згоряння палива та охолоджувальної рідини. Унаслідок цього поступово з'являються зношування, овальність, конусність, подряпини, задири, корозійні та кавітаційні пошкодження. Саме тому під час ремонту двигуна особливу увагу приділяють дефектації, вимірюванню та відновленню гільз циліндрів.

2.2 Характеристика умов експлуатації та основних процесів зношування робочого агрегату

Під час роботи двигуна поршень здійснює зворотно-поступальний рух у циліндрі та сприймає тиск газів, що утворюється внаслідок згоряння палива. Енергія, яка виділяється під час згоряння, перетворюється на механічну роботу. Через поршневий палець і шатун зусилля передається на шатунну шийку колінчастого вала, унаслідок чого зворотно-поступальний

рух поршня перетворюється на обертальний рух колінчастого вала.

Шатун є проміжною ланкою між поршнем і колінчастим валом. У верхній головці він з’єднується з поршнем за допомогою поршневого пальця, а нижньою головкою охоплює шатунну шийку колінчастого вала. Така конструкція забезпечує передавання значних змінних навантажень, які виникають у процесі роботи двигуна, тому всі елементи шатунно-поршневої групи повинні мати високу міцність, точність виготовлення та достатню зносостійкість.

Робочий цикл двигуна складається з послідовних тактів, кожен із яких супроводжується зміною тиску, температури та напрямку руху поршня. Під час такту впуску поршень переміщується від верхньої мертвої точки до нижньої мертвої точки, а через відкритий впускний клапан у циліндр надходить свіжа порція робочого заряду. У цей період тиск у циліндрі становить приблизно 0,07–0,09 МПа, а температура газового середовища перебуває в межах 70–100 °С.

Після завершення впуску клапани закриваються, і поршень починає рухатися у зворотному напрямку — від нижньої мертвої точки до верхньої. У цей момент відбувається стискання заряду. Об’єм над поршнем зменшується, через що тиск підвищується до 0,7–1,2 МПа, а температура — до 300–400 °С. У зоні, близькій до верхньої мертвої точки, відбувається займання стиснутого заряду.

Після займання палива тиск газів у циліндрі різко зростає та може досягати 3,5–4,5 МПа, а температура газів підвищується до 2500–2700 °С. Під дією цього тиску поршень переміщується до нижньої мертвої точки, виконуючи робочий хід. Саме на цьому етапі теплова енергія перетворюється на корисну механічну роботу, яка через шатун передається на колінчастий вал. У процесі розширення газів їхній тиск поступово знижується до 0,3–0,4 МПа, а температура — до 1000–1200 °С.

Такі умови роботи створюють значне теплове та механічне навантаження на деталі циліндро-поршневої і шатунної групи. Найбільш інтенсивного зношування зазнають гільза циліндра, поршневі кільця, поршень, поршневий палець і втулка верхньої головки шатуна. Під час експлуатації ці деталі працюють у режимі змінних навантажень, високих температур, обмеженого змащування та постійного тертя.

Інтенсивність зношування деталей циліндро-поршневої групи залежить від багатьох факторів. До основних із них належать механічне тертя між поршневими кільцями та внутрішньою поверхнею гільзи, а також абразивний вплив сторонніх частинок, які

потрапляють у зону контакту разом із повітрям, паливом або мастилом. Крім того, у процесі роботи утворюються продукти власного зношування деталей, які також можуть діяти як абразив і прискорювати руйнування поверхонь тертя.

Особливо небезпечним є абразивне зношування, оскільки воно призводить до появи рисок, подряпин, збільшення зазорів, зниження компресії та підвищеної витрати мастила. У разі погіршення фільтрації повітря або несвоєчасної заміни мастила швидкість спрацювання деталей значно зростає. Тому підтримання чистоти мастильної системи та справності повітряного фільтра є важливою умовою довговічної роботи двигуна.

Контактні поверхні поршневого пальця та втулки верхньої головки шатуна працюють під дією змінних циклічних навантажень. Через велику кількість повторюваних навантажувальних циклів у поверхневих шарах матеріалу можуть накопичуватися втомні пошкодження. Унаслідок цього поступово з’являється спрацювання, збільшуються зазори у з’єднанні, виникають стуки та погіршується робота шатунно-поршневої групи.

На характер зношування поршневого пальця і втулки шатуна впливають умови змащування, точність взаємного розташування деталей, наявність перекосів, динамічність навантаження, реверсивний характер руху та вібрації. Якщо осі отворів поршня, пальця і втулки шатуна не збігаються, навантаження розподіляється нерівномірно. Це спричиняє місцеве підвищення тиску, перегрів і прискорене зношування окремих ділянок поверхні.

Під час ремонту двигуна важливим етапом є розбирання та дефектація деталей шатунно-поршневої групи. Двигуни, зняті з автомобілів або тракторів, надходять на спеціалізовану дільницю розбирання. Перед початком робіт агрегат очищають від зовнішніх забруднень, залишків мастила, пилу та продуктів експлуатації. Це полегшує подальші операції та зменшує ризик потрапляння сторонніх частинок на робочі поверхні деталей.

Для вилучення шатунно-поршневої групи спочатку демонтують головки циліндрів, після чого відкручують болти кріплення піддона картера та знімають його. Далі послідовно відкручують кріплення кришок нижніх головок шатунів. При цьому кришки обов’язково маркують відповідно до номерів циліндрів, оскільки їх перестановка може призвести до порушення припрацювання та погіршення роботи підшипникових вузлів.

Після зняття кришок шатунів поршні разом із шатунами виймають із циліндрів. Надалі з поршнів демонтують компресійні та маслознімні кільця, а також знімають стопорні кільця, які обмежують осьове переміщення поршневого пальця. Зняття кілець необхідно виконувати обережно, щоб не пошкодити канавки поршня та не створити додаткових дефектів.

Для випресовування поршневого пальця поршень із шатуном установлюють на основу спеціального пристосування. Використання такого пристрою дозволяє забезпечити правильне положення деталі, зменшити ризик перекосу та запобігти пошкодженню посадкових отворів. Після встановлення поршня палець випресовують у контрольованому напрямку, не допускаючи ударних навантажень, які можуть спричинити деформацію поршня або шатуна.

Вилучені поршневі пальці очищають, оглядають, сортують і складають у спеціальний контейнер. Після цього їх направляють на дефектацію та подальше відновлення або заміну. Під час контролю визначають зношування робочої поверхні, наявність задирів, подряпин, тріщин, овальності, зміни діаметра та інших дефектів. За результатами дефектації приймають рішення щодо придатності деталі до подальшого використання.

2.3 Розробка ремонтного креслення деталі, яка відновлюється

Під час розроблення технологічного процесу відновлення деталей циліндро-поршневої групи особливу увагу необхідно приділяти підготовці ремонтної документації. Ремонтне креслення є одним із основних документів, за яким визначають характер пошкоджень деталі, способи їх усунення, вимоги до точності обробки та порядок виконання відновлювальних операцій. На такому кресленні поверхні, які підлягають механічній обробці або відновленню, доцільно виділяти більш виразною лінією, а інші елементи деталі показувати умовно. Це дозволяє швидко визначити зони ремонту та уникнути помилок під час виконання технологічних операцій.

Для кожного виявленого дефекту встановлюють умовне позначення або номер, який заносять до таблиці дефектів і переносять на креслення. Такий підхід забезпечує зв’язок між результатами дефектації, ремонтним кресленням і технологічним процесом відновлення. У таблиці дефектів зазначають вид пошкодження, його характеристику, допустимі межі, спосіб усунення, а також умови, за яких деталь підлягає вибракуванню. Це особливо важливо для деталей циліндро-поршневої групи, оскільки вони працюють у складних умовах високих температур, змінних навантажень і тертя.

До ремонтного креслення вносять основні види, розрізи та перерізи деталі, а також вказують розміри, допуски, шорсткість поверхонь, твердість матеріалу і вимоги до взаємного розташування елементів. Довідкові розміри використовують для вибору обладнання, пристосувань, інструментів і розрахунку норм часу на виконання механічної обробки. При відновленні деталей типу гільз циліндрів або поршневих пальців ці дані мають важливе

значення, оскільки навіть незначне відхилення від заданої геометрії може погіршити роботу всього двигуна.

Однією з відповідальних деталей циліндро-поршневої групи є поршневий палець. Він забезпечує шарнірне з’єднання поршня з верхньою головкою шатуна та передає зусилля від поршня до кривошипно-шатунного механізму. У процесі роботи двигуна поршневий палець зазнає дії знакозмінних навантажень, ударів, вібрацій і сил тертя. Через це його робоча поверхня поступово зношується, а в матеріалі можуть накопичуватися втомні пошкодження.

Конструктивно поршневий палець має зовнішню робочу поверхню, внутрішню поверхню, торцеві поверхні та фаски. До кожної з цих поверхонь висувають певні технічні вимоги щодо точності, шорсткості, твердості та виду остаточної обробки. Найбільше навантаження сприймає зовнішня поверхня пальця, оскільки саме вона контактує з втулкою верхньої головки шатуна та бобишками поршня. Тому для неї необхідно забезпечити високу твердість, якісну термічну обробку та малу шорсткість.

У процесі роботи двигуна поршневий палець не навантажується рівномірно по всій довжині. Під дією змінних сил він може незначно прогинатися, а втулка верхньої головки шатуна — деформуватися. Унаслідок цього контактний тиск розподіляється нерівномірно. Найбільші значення тиску виникають поблизу торців втулки шатуна або в зонах контакту з бобишками поршня. Саме ці ділянки найчастіше зазнають підвищеного спрацювання.

Нерівномірність зношування поршневого пальця пов’язана з особливостями роботи двигуна протягом циклу. Під час тактів стискання і робочого ходу напрямок і величина навантаження змінюються, що впливає на характер контакту між пальцем, втулкою шатуна та поршнем. У результаті на поверхні пальця формуються зони більшого і меншого зносу. Це може призводити до появи овальності, збільшення зазорів у спряженні, виникнення стуків і погіршення роботи шатунно-поршневої групи.

Важливим чинником, який визначає довговічність поршневого пальця, є стан мастильної плівки. У нормальних умовах між поверхнями тертя має утворюватися тонкий шар мастила, який зменшує безпосередній контакт металу з металом. Однак у реальних умовах роботи двигуна товщина мастильної плівки часто є недостатньою. Це зумовлено високими навантаженнями, коливальним характером руху, підвищеною температурою, зниженням в’язкості мастила та обмеженим його надходженням у зону тертя.

За таких умов спряження «поршневий палець — втулка шатуна» і «поршневий палець — бобишки поршня» часто працюють у режимі граничного змащування. При цьому

мастильна плівка не повністю розділяє поверхні, тому частина навантаження передається через мікронерівності. Унаслідок цього виникає інтенсивне тертя, нагрівання поверхонь і поступове руйнування поверхневого шару матеріалу.

Значний вплив на інтенсивність зношування має шорсткість поверхні поршневого пальця. Якщо початкова шорсткість занадто велика, мікронерівності швидше руйнують мастильну плівку і збільшують спрацювання як самого пальця, так і втулки шатуна. Якщо ж поверхня надмірно гладка, вона може гірше утримувати мастило. Тому під час відновлення необхідно забезпечити оптимальну якість поверхні, яка поєднує мале тертя та здатність утримувати мастильний шар.

Під час експлуатації автотракторних двигунів на поршневий палець також впливають вібрації та ударні навантаження. У разі збільшення зазору в спряженні навантаження починають передаватися не плавно, а з ударами. Це сприяє видавлюванню мастила із зони контакту, підвищенню температури та подальшому прискоренню зношування. Поява характерного металевого стуку свідчить про досягнення граничного зазору, за якого подальша експлуатація деталі є небажаною.

Зношування поршневого пальця проявляється у зміні його геометричних розмірів, появі рисок, задирів, місцевих плям спрацювання та втраті правильної циліндричної форми. При тривалій роботі можливі також мікротріщини та втомні пошкодження поверхневого шару. Такі дефекти знижують надійність деталі та можуть призвести до пошкодження втулки шатуна, поршня або інших елементів двигуна.

Для пари тертя «поршневий палець — втулка шатуна» найбільш характерним є механічне зношування. Його інтенсивність залежить від величини навантаження, якості змащування, твердості поверхні, точності виготовлення, шорсткості та наявності абразивних частинок. Абразивні частинки можуть потрапляти в зону тертя разом із забрудненим мастилом або утворюватися внаслідок руйнування поверхневого шару самих деталей.

У зоні фактичного контакту деталей тертя відбуваються складні фізико-механічні процеси. Поверхневі шари матеріалу деформуються, нагріваються, утворюють вторинні структури, які постійно руйнуються та оновлюються. Саме руйнування цих тонких поверхневих шарів і призводить до поступового зменшення розмірів деталі. На характер цього процесу впливають температура, навантаження, хімічна активність мастила, стан поверхні та умови навколишнього середовища.

Удосконалення технологічного процесу відновлення деталей циліндро-поршневої

групи повинно передбачати якісну дефектацію, правильний вибір способу відновлення та забезпечення точного базування деталі під час обробки. Для цього доцільно застосовувати спеціальні пристосування, які дозволяють надійно закріпити деталь на верстаті, зменшити перекоси, забезпечити рівномірний розподіл затискних зусиль і підвищити точність механічної обробки.

Особливо актуальним є використання пристосувань під час обробки деталей циліндричної форми, зокрема гільз циліндрів і поршневих пальців. Неправильне закріплення таких деталей може призвести до появи додаткових похибок, деформації, порушення співвісності та зниження якості відновлення. Раціональна конструкція пристосування повинна забезпечувати стабільне положення деталі, зручність установлення, безпечність роботи та можливість отримання необхідної точності..

2.4 Технологічний процес дефектування відновлюваної деталі

Дефектом вважають кожну окрему невідповідність деталі вимогам, установленим нормативною документацією. Оцінка технічного стану деталі та визначення її придатності до подальшої експлуатації є основним завданням технологічного процесу дефектації. У технічних умовах на дефектацію встановлюють два види оціночних параметрів, тобто критеріїв технічного стану: критерій допустимого подальшого використання, який гарантує ресурс до наступного ремонту, та критерій граничного стану, за якого деталь не може встановлюватися на машину. У такому разі деталь ремонтують, якщо це технологічно можливо, або бракують, якщо вона не підлягає відновленню.

Стан деталей під час дефектації оцінюють такими способами: візуальним оглядом — для визначення загального стану; застосуванням лінійного інструменту — для виявлення розмірних дефектів; використанням спеціальних приладів і пристосувань — для оцінки фізико-механічних властивостей; гідравлічними та пневматичними випробуваннями — для виявлення тріщин і нещільностей; дефектоскопією — для виявлення прихованих дефектів і мікротріщин.

Процес дефектації виконують після попередньої очистки, знежирювання та миття деталі. Під час контролю необхідно суворо дотримуватися технічних вимог щодо перевірки та сортування деталей. Дефектація здійснюється працівниками відповідного розряду й кваліфікації на спеціально обладнаних робочих місцях.

У процесі роботи поршневий палець сприймає знакозмінні зовнішні навантаження, що призводить до виникнення таких дефектів:

– тріщини, сколи, відшарування цементованого шару, які є недопустимими для подальшої експлуатації поршневого пальця;

– збільшення діаметра внутрішнього отвору;

– зменшення довжини поршневого пальця;

– знос зовнішнього діаметра поршневого пальця.

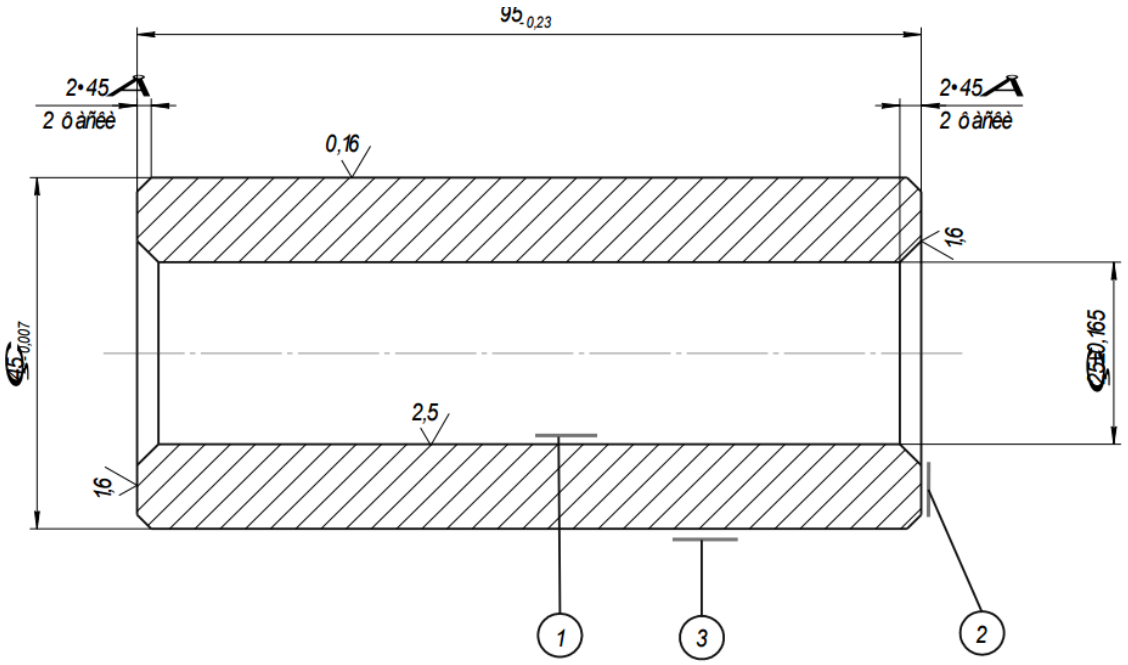


Рисунок 2.3 – Дефекти поршневого пальця двигуна ЯМЗ.

Граничні значення параметрів дефектів, засоби їх контролю та висновок щодо можливості подальшого використання деталі за наявності того чи іншого 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	Ремонтувати

					100×40 ДСТУ 10197-70	

Аналіз даних таблиці 2.2 дає підстави зробити висновок, що поршневий палець підлягає відновленню лише у разі зношування його зовнішньої, тобто робочої, поверхні. Для цього дефекту формується технологічний маршрут відновлення зношеної поверхні деталі до діаметра: –0,005; –0,010.

Відновлення зношених деталей забезпечує подовження строку їх служби, зменшення витрат на запасні частини, а також скорочення матеріальних і трудових ресурсів. Існує значна кількість сучасних способів відновлення деталей. Відповідно до загальних вимог стандартів надійність відновлених деталей повинна становити не менше 80 % від надійності нових. На сьогодні у виробничій практиці розроблено та застосовується багато високоефективних методів відновлення деталей.

Згідно з розробленою методикою розглядають різні потенційно можливі способи відновлення, що відповідають критеріям застосування, і відбирають ті з них, які забезпечують необхідний ресурс відновлюваних деталей, тобто відповідають заданим показникам надійності, продуктивності та економічності.

Загальна методика вибору способів відновлення включає чотири складові: визначення числових значень коефіцієнтів застосування, надійності, продуктивності та відносної економічної ефективності.

Для оцінювання використовується інтегральний коефіцієнт, який визначається за формулою:

$$К_і = К_з \cdot К_н \cdot К_n \cdot К_е \qquad (2.1)$$

де: $К_з$ — коефіцієнт застосування способу;

$К_н$ — коефіцієнт надійності;

$К_n$ — коефіцієнт продуктивності;

$К_е$ — коефіцієнт економічності.

Коефіцієнт застосування способу.

Під час визначення коефіцієнта застосування керуються такими міркуваннями. По-перше, якщо хоча б одна з характеристик деталі, що підлягає відновленню, не відповідає технологічним можливостям обраного способу, то цей спосіб не може бути використаний. По-друге, якщо характеристики відновлюваної деталі та технологічні можливості способу не

виключають його застосування, тоді уточнюють реальні можливості конкретного підприємства щодо впровадження вибраного способу.

Коефіцієнт надійності.

За своєю природою цей коефіцієнт залежить від багатьох чинників і може бути поданий у вигляді такої функціональної залежності:

$$К_Н = f(К_{зн} \cdot К_{зч} \cdot К_{вм}) \quad (2.2)$$

де: $К_Н$ — коефіцієнт надійності;

$К_{зн}$ — коефіцієнт зносостійкості;

$К_{зч}$ — коефіцієнт зчеплення;

$К_{вм}$ — коефіцієнт втомленої міцності.

Числові значення коефіцієнтів зносостійкості, зчеплення та втомленої міцності можуть бути визначені на основі лабораторних досліджень відповідних показників для зразків. Коефіцієнт довговічності в загальному випадку залежить від усіх трьох аргументів. Проте в окремих практичних ситуаціях, стосовно певних груп деталей, придатних до відновлення, він може визначатися двома або навіть одним із цих чинників.

Коефіцієнт продуктивності.

Під час визначення коефіцієнта продуктивності користуються відносними показниками. За базу порівняння прийнято ручне дугове наплавлення, для якого коефіцієнт продуктивності $К_n = 1$. При цьому, чим вищою є продуктивність методу, тим більшим буде його відносний коефіцієнт продуктивності.

Коефіцієнт економічності.

Остаточну оцінку обраного способу відновлення можна дати лише після проведення його економічного аналізу. При визначенні коефіцієнта економічності також використовують відносні коефіцієнти. За базовий спосіб порівняння прийнято ручне дугове наплавлення, для якого коефіцієнт економічності $К_е = 1$. При цьому, чим більш економічно доцільним є метод, тим вищим є його відносний коефіцієнт економічності.

Таким чином, інтегральний коефіцієнт $К_і$ для термопластичного роздавання буде дорівнювати:

$$К_і = 0{,}5 \cdot 1{,}87 \cdot 0{,}6 \cdot 1{,}2 = 0{,}67$$

Суть способу гідротермічного роздавання поршневих пальців полягає в тому, що зношений поршневий палець, виготовлений зі сталі 12ХН3А, нагрівають до температури 820…830 °С. Унаслідок явища лінійного теплового розширення відбувається збільшення

його геометричних розмірів — довжини, зовнішнього та внутрішнього діаметрів. Приріст зовнішнього діаметра є достатнім для відновлення спрацьованої поверхні і створює припуск на подальшу механічну обробку.

Структура отриманого металу повинна відповідати дрібногольчатому мартенситу четвертого класу в поверхневому цементованому шарі та маловуглецевому мартенситу в серцевині поршневого пальця. Принципово цього можна досягти за умови швидкості нагрівання не менше 100 °С/с, що дає змогу зменшити час перебування деталі при температурах вище точки аустенітно-мартенситного фазового перетворення. Після нагрівання деталь охолоджують. Для формування необхідної структури швидкість охолодження повинна бути не нижчою за 100 °С/с. В інтервалі температур 650…250 °С аустеніт має низьку стійкість і з високою швидкістю переходить у феритно-цементитну суміш, тому для запобігання цьому перетворенню швидкість охолодження в зазначеному діапазоні має перевищувати 120 °С/с.

Такий режим забезпечується спрейєрним охолодженням. За допомогою спрейєра охолоджується внутрішня поверхня поршневого пальця. Швидкість подачі охолоджувальної рідини на внутрішню поверхню повинна становити не менше 5 м/с. За менших значень швидкості витікання рідини зі спрейєра не відбувається руйнування поверхневої парової плівки, унаслідок чого різко зменшується інтенсивність охолодження.

Технологічний процес відновлення поршневих пальців має таку послідовність. Із складу деталі подаються до мийних машин, де їх промивають розчином Лабоміда-101, після чого направляють на дефектацію. Далі поршневі пальці, придатні до відновлення, надходять на роздавання, яке здійснюється у два етапи: перший — нагрів деталі в індукторі; другий — її охолодження в спеціальній установці. Після роздавання виконують грубе шліфування зі зняттям 0,02…0,22 мм поверхневого шару, а потім на твердомірах типу ТР проводять суцільний (100 %) контроль твердості.

Наступним етапом є шліфування торців: для цього деталі монтують у касети групами по 30–50 штук. Далі здійснюють шліфування та полірування зовнішніх фасок, шліфування зовнішньої поверхні до заданого розміру та доводять зовнішній діаметр до номінального значення. Завершальними операціями є контроль, консервація та упаковка. Після цього відновлені деталі надходять 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 поршневий палець до температури від 820 до 830°С
	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 2×45°
	2		Шліфувати зовнішню фаску 2×45°
035	1	Зенкерувальна	Зняти внутрішню фаску 2×45°
	2		Зняти внутрішню фаску 2×45°
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: $45^{-0{,}005}_{-0{,}010}$ мм;

			$45^{-0,010}_{-0,015}$ мм.
060		Обтиральна	Обтерти марлею поверхню поршневого пальця
065		Контрольно-маркувальна	Контролювати розмір поршневого пальця та маркувати згідно з розмірно-ваговою групою
070		Консервувальна	Покрити поршневий палець консервувальним покриттям
075		Пакувальна	Пакувати поршневі пальці

Для забезпечення високої якості виконання операцій відновлення важливе значення має правильний вибір установочних баз. У разі гідротермічного роздавання базовою поверхнею є зовнішня циліндрична поверхня поршневого пальця. Під час шліфування зовнішньої циліндричної поверхні як базові використовують поверхні внутрішнього отвору. При обробці торців поршневих пальців базування здійснюють як по протилежних торцевих поверхнях, так і по зовнішніх циліндричних поверхнях. Формування зовнішньої фаски можливе при використанні як базових зовнішньої та внутрішньої циліндричних поверхонь пальця, тоді як при формуванні внутрішньої фаски базовою є внутрішня циліндрична поверхня.

В умовах ремонтних підприємств доцільно застосовувати універсальне обладнання, яке дає змогу виконувати широкий спектр технологічних операцій. Виходячи з вимог технологічного процесу та критеріїв економічної доцільності, обирають обладнання, ріжучий і вимірювальний інструмент, за допомогою яких можливо виконати всі необхідні операції відновлення. Дані щодо вибраного обладнання, інструментів і матеріалів наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Перелік технологічного обладнання та 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	Дефекту-вальна	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	Шліфуваль	Безцентровий	Круг	Скоба 70-8100-
025	-на	шліфувальний	шліфувальний	1002
030		верстат 3А-184	ПП-450×63×280	Пристосування
		(3500×2200)	24А 50ПСМ	для контролю
			7к5 30 м/с 1кл.	биття
			А.	ППТО-70-8137-
			Охолоджуюча	1058
			рідина 1,5%	
			розчину	
			кальцинованої	
			соди	

035	Шліфуван	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
	ня торців			
040	Шліфуван	Обдирально-шліфувальний верстат ТШН-400 (3500×2200) Пристосування	Коло шліфувальне ПП 400×32×203 24А, 40ПМ 17к5, 30м/с	ЧК 150×63×32 СМ 12
	ня			
	зовнішніх			
	фасок			

2.5 Розрахунок та вибір режимів виконання технологічних операцій

Операція 005. Мийна.

У мийну машину ОМ-6083 завантажують чотири корзини, у кожну з яких укладають по 100 поршневих пальців. Для миття рекомендується застосовувати 15%-й розчин «Лабомід–101», підігрітий до температури 75…85 °С. Тривалість мийної операції становить 30 хвилин.

Операція 010. Дефектувальна.

Процес дефектації виконують із використанням спеціальних вимірювальних інструментів до повного виявлення всіх дефектів деталі відповідно до технологічної карти дефектації.

Операція 015. Гідротермічне роздавання.

Поршневий палець установлюють в індуктор і нагрівають до температури 800…820 °С. Час нагрівання приймають рівним 40 с. Після цього нагріту деталь встановлюють у пристосування для роздавання та охолоджують протягом 18 с.

Операція 020. Шліфувальна.

Припуск на шліфування:

$$h = \frac{D-d}{2} \tag{2.3}$$

де: D — початковий діаметр оброблюваної поверхні;

d — кінцевий діаметр оброблюваної поверхні.

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

Глибину різання під час чорнового шліфування приймають у межах 0,02…0,04 мм.

Величину поперечної подачі шліфувального кола визначають за формулою:

$$t = S = 0{,}03 \text{ мм} \quad (2.4)$$

Кількість проходів визначаємо за формулою [ ]:

$$\text{i} = \frac{h}{t} = \frac{0{,}0325}{0{,}03} = 1 \quad (2.5)$$

Колову швидкість різання вибираємо за таблицею 88 [ ].

$$V = 14 \text{ м/хв}$$

Частоту обертання деталі визначаємо за формулою [ ]:

$$n = \frac{318 \cdot V}{d} \quad (2.6)$$

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

Приймаємо частоту обертання $n = 150$ об/хв.

Перерахунок швидкості різання відповідно до прийнятої частоти обертання деталі виконуємо за формулою [16]:

$$V = \frac{n \cdot d}{318} \quad (2.7)$$

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

Частоту обертання шліфувального кола приймаємо відповідно до технічних характеристик верстата рівною 1300 об/хв.

Розрахунки для інших операцій шліфування циліндричних поверхонь виконують за аналогічною методикою, а отримані результати заносять у 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, i	Частота обертання шліфувального круга, $n_к$, об/хв	Швидкість різання V, мм/хв		Частота обертання деталі, n, об/х	
	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:

$$h = \frac{L-l}{2} \tag{2.8}$$

$$h = \frac{95{,}8-95}{20} = 0{,}04 \text{ мм}$$

де: L та l — відповідно початкова і кінцева довжина поршневого пальця, мм.

Глибину різання під час шліфування приймаємо в межах 0,02…0,04 мм.

Величину поперечної подачі визначаємо за формулою:

$$t = S = 0{,}04 \text{ мм} \tag{2.9}$$

Число проходів визначаємо за відповідною формулою:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0{,}04}{0{,}04} = 1 \tag{2.10}$$

Повздовжню подачу вибираємо за відповідною таблицею:

$$S_n = 0{,}35 \text{ мм/об}$$

Частоту обертання шліфувального круга за технічними даними верстата приймаємо рівною $n = 1460$ об/хв.

Операція 030. Шліфувальна.

За допомогою спеціального пристосування виконують зняття зовнішньої фаски на поршневому пальці 2×45° з обох боків. Частоту обертання шліфувального круга відповідно до технічних характеристик верстата приймаємо $n = 1440$ об/хв. Подача поршневого пальця здійснюється вручну.

Операція 035. Зенкерувальна.

Із використанням пристосування проводять зняття внутрішньої фаски 2×45° з обох торців поршневого пальця. Частота обертання зенкера відповідає частоті обертання ротора електродвигуна і становить 1440 об/хв. Подачу поршневого пальця виконують вручну.

Операція 040. Полірувальна.

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

Операції 060, 065, 070, 075 виконуються вручну із застосуванням пристосувань та

матеріалів, наведених у таблиці 1.4.

Операція 005. Мийна.

Основний час визначаємо за формулою:

$$\mathrm{T_о} = \frac{t_м}{n_{шт}} \quad (2.11)$$

$$\mathrm{T_о} = \frac{30}{1556} = 0{,}019 \text{ хв}$$

де: $t_м$ — час миття партії деталей, $t_м = 30$ хв;

$n_{шт}$ — кількість деталей у партії, яку визначаємо за формулою:

$$n_{шт} = \frac{N \cdot \alpha}{F} \quad (2.12)$$

$$n_{шт} = \frac{100000 \cdot 4}{257} = 1556 \text{ дет.}$$

де: N — річна програма випуску деталей, шт;

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

F — кількість робочих днів у році.

За таблицею 91 [16] приймаємо загальний допоміжний час:

$$\mathrm{T_д} = 1{,}1 \text{ хв}$$

Додатковий час визначаємо за відповідною формулою:

$$\mathrm{T_{дод}} = \frac{\mathrm{T}_{оп} \cdot к}{100} \quad (2.13)$$

$$\mathrm{T_{дод}} = \frac{1{,}119 \cdot 2}{100} = 0{,}023 \text{ хв}$$

де: k — відсоткове відношення додаткового часу до оперативного, яке визначають за таблицею 7 [16], $k = 2$ %;

$\mathrm{T}_{оп}$ — оперативний час, який знаходимо за формулою:

$$\mathrm{T}_{оп} = \mathrm{T_о} + \mathrm{T_д} \quad (2.14)$$

$$\mathrm{T}_{оп} = 0{,}019 + 1{,}1 = 1{,}119 \text{ хв}$$

Загальний час на виконання операції визначаємо за відповідною формулою:

$$\mathrm{T_н} = \mathrm{T_о} + \mathrm{T_д} + \mathrm{T_{дод}} + \frac{\mathrm{T}_{пз}}{n_{шт}} \quad (2.15)$$

$$\mathrm{T_н} = 0{,}019 + 1{,}119 + 0{,}023 + \frac{9}{1556} = 1{,}16 \text{ хв}$$

де: $\mathrm{T}_{пз}$ — підготовчо-заключний час, який відповідно до таблиці 92 [16] приймаємо рівним $\mathrm{T}_{пз}$ = 9 хв.

Операція 010. Дефектувальна.

Норми часу згідно з нормативами на дефектацію одного поршневого пальця

приймаємо рівними 1,68 хв.

Операція 015. Гідротермічне роздавання.

Основний час приймаємо відповідно до базового методу гідротермічного роздавання і він становить 58 с.

$$T_о = 0{,}97 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції відновлення приймаємо за таблицею 90 [ ]:

$$T_д = 0{,}2 \text{ хв}$$

Додатковий час визначаємо аналогічним способом:

$$T_{дод} = \frac{T_{оп} \cdot к}{100} = \frac{1{,}17 \cdot 4}{100} = 0{,}046 \text{ хв}$$

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

Підготовчо-заключний час визначаємо з таблиці 92 [ ]:$T_{пз}$=12 хв;

Визначаємо норму часу:

$$T_н = 1{,}17 + 0{,}2 + 0{,}046 + \frac{12}{4669} = 1{,}42 \text{ хв}$$

Для інших операцій норми часу приймаємо відповідно до чинних нормативів і заносимо отримані значення до таблиці 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

2.6 Розробка схеми пристосування

З урахуванням вихідних даних, вимог до проектування та теоретичної схеми базування деталі визначаємо схему її закріплення в пристосуванні. Обрана схема, зображена на рисунку 2.4, передбачає установлення деталі на розтискному трикулачковому патроні з базуванням по торцю.

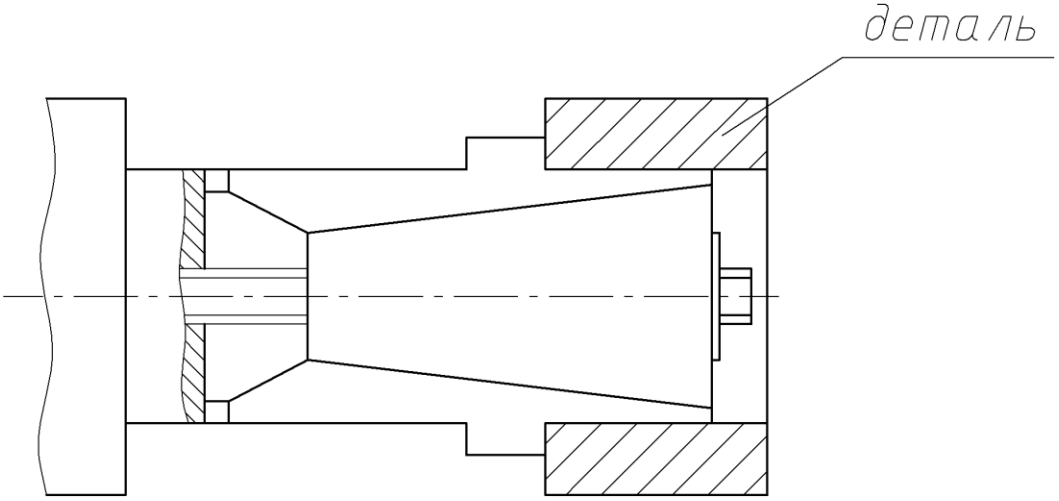


Рисунок 2.4 – Схема можливого варіанту закріплення деталі.

2.7 Вибір затискного механізму

З урахуванням того, що $T_o = 2{,}20$ хв, а час на закріплення та зняття деталі перекривається основним часом механічної обробки, а також з огляду на конструктивні особливості верстата, приймаємо механічний затискний механізм у вигляді цангового патрона з приводом від гідроциліндра, вмонтованого у шпиндель верстата.

Згідно з даними [14] встановлюємо, що виконується умова (2.17), оскільки $t_{уз} = 0{,}10$ хв. У зв'язку з цим приймаємо пристосування одномісним.

2.8 Розрахунок пристосування на точність

Для розрахунку точності пристосування застосовуємо формулу (2.16):

$$\omega = 0{,}1,\ \varepsilon_б = 0,\ \varepsilon_{уст} = 0{,}08,\ \varepsilon_{знос} = 0{,}06,\ \varepsilon_n = 0{,}01,\ \omega = 0{,}1. \quad (2.16)$$

$\varepsilon_{пр} = 0{,}1 - 1{,}2\sqrt{(0{,}85 \cdot 0)^2 + 0 + 0{,}08^2 + 0{,}06^2 + 0{,}01^2 + (0{,}6 \cdot 0{,}1)^2} = 0{,}1 - 0{,}014 = 0{,}086$ мм

Отже, точність пристосування за розміром ⌀180H9 становить 0,086 мм.

Розрахункова схема силового патрона наведена на рисунку 2.5.

Вихідні дані:

D = 90 мм; α = 5°;

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

$P_z = P_{zmax}$ = 2528 Н; $R_1 = 0{,}5 \cdot D_1$ = 98,4 мм;

$Q_{шт}$ = 19600 Н (згідно паспорту верстата)

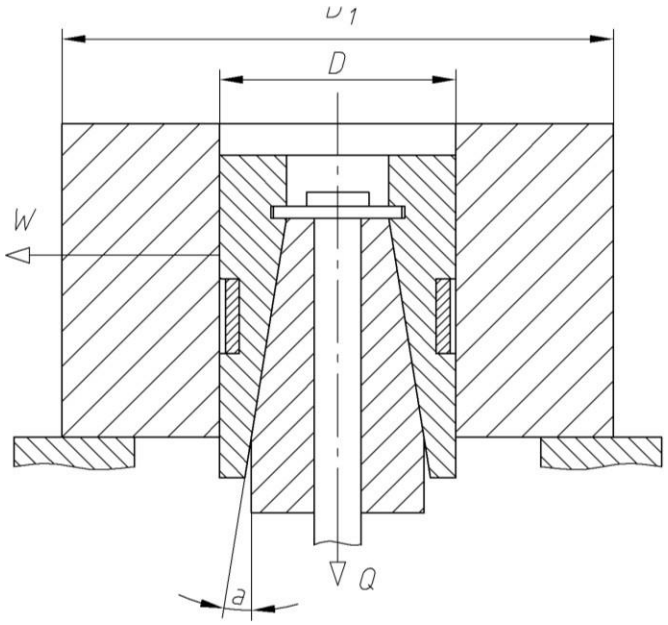


Рисунок 2.5 – Схема розрахунку силового патрона.

У процесі механічної обробки заготовка зазнає дії крутного моменту різання, якому протидіє момент сил тертя. Останній визначаємо за формулою [7]:

$$\text{М}_{\text{тр}} = W_{\text{сум}} \cdot f \cdot R \tag{2.17}$$

де: $W_{\text{сум}}$ — сумарна сила затиску оброблюваної заготовки всіма кулачками пристосування, Н;

f — коефіцієнт тертя між кулачками та деталлю, $f = 0{,}8$.

Умова рівноваги в даному випадку має такий вигляд:

$$W_{\text{сум}} = f \cdot R \cdot \text{М} = R \cdot P_Z \cdot R_1 \tag{2.18}$$

де: М — момент різання, Н·м;

R — коефіцієнт запасу затиску, $R = 1{,}5$.

Із формули (2.19) визначаємо сумарну силу затиску оброблюваної заготовки:

$$W_{\text{сум}} = \frac{R \cdot M}{f \cdot R} = \frac{R \cdot P_Z \cdot R_1}{f \cdot R} \tag{2.19}$$

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

За наявності упору заготовки в бурт оправки та при використанні розжимної цанги залежність між сумарною силою затиску $W_{\text{сум}}$ і силою на штоку гідроциліндра Q визначається за формулою:

$$Q = W_{\text{сум}}[tg(\alpha + \varphi) + f] \quad (2.20)$$

де: φ — кут тертя в цанзі, при цьому $tg\varphi = 0{,}2$, отже $\varphi = 11{,}31°$.

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

Використовуючи раніше визначену умову (2.21), встановлюємо, що 11 325 Н < 19 600 Н, отже робота затискного механізму забезпечує надійне функціонування системи.

У даному пристосуванні найбільш навантаженим елементом є листки цанги. Під час затиску деталі можливе зминання як поверхонь листків цанги, так і посадкової поверхні деталі — отвору ⌀90Н7.

Умова міцності на зминання має такий вигляд:

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{\text{Р·К}}{\pi \cdot D \cdot l_{\text{к}} \cdot 2} \leq [\sigma_{\text{зм}}] \quad (2.21)$$

де: P — сила затиску, $P = W = 10\,365$ Н;

$l_{\text{к}}$— довжина взаємного контакту вздовж осі, $l_{\text{к}} = 20$ мм (конструктивний параметр);

2 — кількість контактуючих поверхонь;

K — коефіцієнт запасу, $K = 1{,}6$;

$[\sigma_{\text{зм}}]$ — допустиме напруження зминання:

$[\sigma_{\text{зм}}]$ = 140 Н/мм² — для сталі;

$[\sigma_{\text{зм}}]$ = 90 Н/мм² — для чавуну.

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

Умова міцності збережена.

2.9 Опис роботи пристосування

Деталь установлюють на кулачки (поз. 5), при цьому опорною поверхнею є торець ⌀265. Зусилля від гідроциліндра, розміщеного у шпинделі верстата, через шток (поз. 8) передається на кулачки (поз. 5). Переміщуючись по конічних поверхнях оправки (поз. 6) уздовж її осі, кулачки одночасно зміщуються і в радіальному напрямку, передаючи в цьому ж напрямку зусилля від штока.

Кріплення патрона до шпинделя верстата здійснюється за допомогою чотирьох болтів (поз. 8).

2.10 Вихідні дані розрахунку

Обладнання — агрегатний верстат А-1;

Матеріал деталі — СЧ20 за ДСТУ 1412–85;

Діаметр обробки — 13 мм;

Кількість отворів — 8.

Силові чинники та режими різання, що виникають під час свердління одного отвору:

$S = 0{,}1$ мм/хв;

$V = 8{,}2$ м/хв;

$n = 200$ об/хв;

$S_м = 20$ мм/хв;

$T_м = 2{,}0$ хв;

$N_{8отв.} = 0{,}64$ кВт;

$P_z = 4780$ Н.

Параметри верстата:

$N = 1{,}1$ кВт — потужність силової бабки; кількість обертів вихідного валу — 465 об/хв.

З урахуванням параметрів оброблюваності деталі на верстаті та характеристик самого верстата прийнято таку кінематичну схему (див. рисунок 5.8):

– обертання всіх шпинделів праве, що зумовлює необхідність застосування паразитних шестерень;

– відстані між осями шпинделів дають змогу розмістити всі зубчасті колеса в одному ярусі;

– кожне зубчасте колесо встановлюється між двома опорами (радіальними підшипниками).

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Аналіз умов праці під час відновлення циліндро-поршневої групи автотракторних двигунів

Охорона праці є важливою складовою організації технологічного процесу відновлення деталей автотракторних двигунів. Під час ремонту циліндро-поршневої групи виконуються операції розбирання, очищення, дефектації, механічної обробки, контролю розмірів, складання та випробування деталей. Кожна з цих операцій пов’язана з певними виробничими небезпеками, тому потребує дотримання правил безпеки, застосування справного обладнання, раціональної організації робочого місця та використання засобів індивідуального захисту.

Основна увага в даній роботі приділяється відновленню гільз циліндрів автотракторних двигунів із застосуванням пристосування для закріплення деталі на верстаті. У процесі виконання механічної обробки гільз робітник взаємодіє з металорізальним обладнанням, ріжучим інструментом, вимірювальними приладами, мастильно-охолоджувальними рідинами, вантажопідіймальними пристроями та електрообладнанням. Це створює необхідність комплексного аналізу умов праці.

До основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів під час відновлення гільз циліндрів належать:

- рухомі частини верстатів і механізмів;
- обертання шпинделя, патрона, оправки або закріпленої деталі;
- гострі кромки ріжучого інструменту та металевої стружки;
- можливе виривання деталі при ненадійному закріпленні;
- підвищений рівень шуму та вібрації;
- запиленість і забруднення повітря під час очищення деталей;
- дія мастильно-охолоджувальних рідин на шкіру працівника;
- небезпека ураження електричним струмом;
- значна маса деталей і вузлів двигуна;
- недостатня освітленість робочої зони;
- фізичне навантаження під час переміщення деталей.

Під час відновлення гільз циліндрів особливу небезпеку становить механічна обробка внутрішньої поверхні. Гільза має циліндричну форму та порівняно тонку стінку, тому неправильне закріплення може призвести до її перекосу, деформації або виривання з

пристосування. У такому разі виникає небезпека травмування працівника, пошкодження інструменту, верстата та самої деталі.

Значна кількість нещасних випадків під час роботи на металорізальних верстатах пов’язана з порушенням правил закріплення заготовок, роботою без захисних кожухів, очищенням стружки руками, вимірюванням деталі під час обертання та використанням несправного інструменту. Тому перед початком роботи необхідно перевірити справність верстата, надійність кріплення пристосування, стан ріжучого інструменту, наявність огороджень і роботу аварійної зупинки.

Під час очищення гільз від нагару, мастила та корозійних відкладень можуть утворюватися пил, дрібні частинки металу, залишки мийних розчинів і випари технічних рідин. Це негативно впливає на органи дихання, шкіру та слизові оболонки працівника. Для зниження шкідливого впливу необхідно застосовувати місцеву вентиляцію, захисні окуляри, рукавиці, спецодяг і, за потреби, респіратори.

Важливим фактором є освітленість робочого місця. Недостатнє освітлення ускладнює контроль стану робочої поверхні гільзи, читання показань вимірювальних приладів, правильне встановлення деталі та контроль положення інструменту. Це може призвести до помилок під час обробки, збільшення браку та підвищення ризику травмування. Тому робоче місце повинно мати достатнє загальне та місцеве освітлення.

Шум і вібрація під час роботи верстатів також є шкідливими факторами. Тривалий вплив шуму знижує працездатність, погіршує концентрацію уваги та може спричинити професійні захворювання. Вібрація негативно впливає на точність обробки, стан обладнання та самопочуття працівника. Для зниження рівня шуму й вібрації необхідно своєчасно проводити технічне обслуговування верстатів, використовувати справний інструмент, уникати розбалансування деталей і забезпечувати надійне кріплення пристосування.

3.2 Заходи безпеки під час виконання технологічного процесу відновлення гільз циліндрів

Безпечне виконання технологічного процесу відновлення гільз циліндрів забезпечується комплексом організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних і протипожежних заходів. Вони повинні бути спрямовані на запобігання травмуванню працівників, зниження впливу шкідливих виробничих факторів і забезпечення стабільної якості ремонтних робіт.

До організаційних заходів належать проведення інструктажів з охорони праці, допуск до роботи лише працівників, які пройшли навчання та перевірку знань, забезпечення робочого місця технологічною документацією, контроль справності обладнання та дотримання виробничої дисципліни. Працівник повинен знати будову верстата, правила його експлуатації, порядок закріплення гільзи, способи безпечного встановлення та зняття деталі.

Перед початком роботи необхідно:

- оглянути робоче місце та прибрати сторонні предмети;
- перевірити справність верстата;
- переконатися у наявності та справності захисних кожухів;
- перевірити надійність кріплення пристосування на столі або шпинделі верстата;
- оглянути ріжучий інструмент;
- перевірити справність системи подачі мастильно-охолоджувальної рідини;
- підготувати вимірювальний інструмент;
- одягнути спецодяг і засоби індивідуального захисту.

Під час встановлення гільзи в пристосування необхідно забезпечити правильне базування деталі. Гільза повинна щільно прилягати до опорних поверхонь, не мати перекосу та бути закріплена із зусиллям, достатнім для безпечної обробки. Затискання має бути рівномірним, оскільки надмірне локальне зусилля може спричинити деформацію тонкостінної деталі.

Забороняється виконувати обробку гільзи, якщо вона має нестійке положення, пошкоджені посадкові поверхні, тріщини або ненадійно зафіксована у пристосуванні. Також не допускається використання саморобних або несправних затискних елементів, які не забезпечують надійної фіксації.

Під час роботи на верстаті працівнику забороняється:

- торкатися руками обертових частин верстата;
- знімати стружку руками без спеціального гачка або щітки;
- проводити вимірювання під час обертання деталі;
- нахилятися близько до зони різання;
- працювати без захисних окулярів;
- залишати верстат увімкненим без нагляду;
- змінювати положення деталі до повної зупинки шпинделя;

- працювати при несправній електропроводці або відсутності заземлення.

Металева стружка, яка утворюється під час розточування або хонінгування, має гострі краї та може спричинити порізи або травмування очей. Тому її необхідно видаляти лише спеціальними пристроями після зупинки верстата. Використання рукавиць під час роботи з обертовими частинами повинно бути обмеженим, оскільки тканина може бути захоплена механізмом. Рукавиці застосовують переважно під час встановлення, зняття, очищення та транспортування деталей.

Особливу увагу необхідно приділяти електробезпеці. Металорізальні верстати повинні мати справне захисне заземлення, ізольовану електропроводку, справні пускові пристрої та кнопку аварійної зупинки. У разі появи запаху горілої ізоляції, іскріння, перегрівання електродвигуна або порушення роботи верстата необхідно негайно припинити роботу та повідомити відповідальну особу.

Під час роботи з мастильно-охолоджувальними рідинами необхідно уникати їх потрапляння на відкриті ділянки шкіри. Тривалий контакт із такими рідинами може спричинити подразнення, алергічні реакції або професійні захворювання шкіри. Після завершення роботи необхідно вимити руки теплою водою з милом, а забруднений спецодяг своєчасно очищати.

Для забезпечення безпеки під час переміщення важких деталей слід застосовувати візки, талі, кран-балки або інші вантажопідіймальні засоби. Забороняється підіймати важкі деталі вручну без потреби, особливо якщо їх форма ускладнює надійне захоплення. Під час транспортування гільз слід уникати ударів, падіння та пошкодження робочої поверхні.

Після завершення роботи необхідно вимкнути верстат, дочекатися повної зупинки рухомих частин, зняти деталь, очистити робочу зону від стружки, прибрати інструмент і привести робоче місце в належний стан. Відходи металу, використані обтиральні матеріали та залишки мастильно-охолоджувальних рідин слід збирати у спеціально відведені ємності.

3.3 Вимоги безпеки до пристосування для закріплення гільзи циліндра на верстаті

Розробка пристосування для закріплення гільзи циліндра на верстаті повинна враховувати не лише технологічні, а й вимоги охорони праці. Пристосування є важливим елементом технологічної системи, оскільки від його конструкції залежить точність

базування, надійність фіксації деталі, зручність роботи оператора та безпека виконання операцій механічної обробки.

Головною вимогою до пристосування є забезпечення надійного закріплення гільзи під час обробки. Деталь не повинна зміщуватися, провертатися, вібрувати або деформуватися під дією сил різання. Недостатня жорсткість конструкції або неправильне розташування затискних елементів може призвести до втрати точності обробки, пошкодження інструменту та виникнення аварійної ситуації.

Оскільки гільза циліндра є тонкостінною деталлю, затискне зусилля повинно розподілятися рівномірно. Конструкція пристосування має передбачати опорні та центрувальні поверхні, які забезпечують правильне положення деталі без створення локальних напружень. Для запобігання деформації доцільно застосовувати широкі опорні елементи, проставки, кільцеві упори або спеціальні затискні елементи, що повторюють форму деталі.

Пристосування повинно відповідати таким вимогам:

- забезпечувати точне базування гільзи відносно осі обробки;
- надійно утримувати деталь під час розточування або хонінгування;
- не спричиняти деформації тонкостінної гільзи;
- мати достатню жорсткість і міцність;
- бути зручним для встановлення та зняття деталі;
- мати мінімальну кількість відкритих рухомих елементів;
- не створювати перешкод для роботи інструменту;
- забезпечувати безпечне видалення стружки;
- бути стійким до дії мастильно-охолоджувальних рідин;
- мати просту та надійну конструкцію.

Усі елементи пристосування повинні мати достатній запас міцності. Зварні, різьбові та болтові з’єднання мають витримувати навантаження, які виникають під час обробки. Перед початком експлуатації пристосування необхідно перевірити на відсутність тріщин, люфтів, перекосів, пошкоджень різьби та зношування опорних поверхонь.

Для підвищення безпеки конструкція пристосування повинна виключати можливість самовільного послаблення затиску під час роботи. З цією метою можуть застосовуватися стопорні гайки, контргайки, фіксатори, пружинні шайби або інші елементи, які запобігають розкручуванню кріплень під дією вібрації.

Важливим є також ергономічний аспект конструкції. Оператор повинен мати зручний доступ до затискних елементів, не перебуваючи у небезпечній зоні. Встановлення та зняття гільзи повинні виконуватися без надмірних фізичних зусиль. Якщо маса гільзи або пристосування є значною, необхідно передбачити можливість використання вантажопідіймальних засобів.

Поверхні пристосування, з якими контактує працівник, не повинні мати гострих кромок, задирок або виступів, що можуть спричинити травмування. Усі гострі краї необхідно притупити, а поверхні — зачистити. Рукоятки, гвинти та затискні елементи повинні бути зручними для користування та забезпечувати безпечне прикладання зусилля.

Під час експлуатації пристосування необхідно дотримуватися таких правил:

- перед кожним використанням перевіряти справність пристосування;
- не застосовувати пристосування з пошкодженими елементами;
- встановлювати гільзу лише після повної зупинки верстата;
- перевіряти надійність затиску перед запуском верстата;
- не перевищувати рекомендовані режими різання;
- не змінювати положення деталі під час обертання шпинделя;
- після завершення роботи очищати пристосування від стружки та мастила;
- періодично перевіряти стан кріпильних і затискних елементів.

Застосування спеціального пристосування дозволяє не тільки підвищити точність механічної обробки, а й покращити умови праці. Завдяки правильному базуванню гільзи зменшується ймовірність перекосу деталі, знижується рівень вібрацій, полегшується встановлення та зняття заготовки, скорочується допоміжний час. Крім того, працівник менше контактує з небезпечною зоною верстата, що позитивно впливає на загальний рівень безпеки.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У разі впровадження технологічного процесу відновлення циліндрів двигунів Д-37, Д-144 та їх модифікацій методом розточування з поверхневою пластичною деформацією за один прохід економічний ефект досягається завдяки зростанню продуктивності обробки, зменшенню собівартості відновлення, скороченню кількості використовуваного обладнання (відпадає потреба в хонінгувальному верстаті), підвищенню якості відновлених поверхонь і зниженню трудомісткості ремонтних робіт [15, 16].

Головним показником економічної доцільності запропонованого технологічного процесу є річний економічний ефект, який визначається як різниця між приведеними витратами базової та вдосконаленої (нової) технологій. У даному випадку за базовий варіант прийнято типовий процес ремонту циліндрів двигунів, що передбачає розточування з наступним хонінгуванням [17, 18].

Обчислення річного економічного ефекту виконувалося за відповідною формулою.

$$\mathrm{E_{р1}} = (\mathrm{B_1} - \mathrm{B_2}) \cdot \mathrm{A} \tag{4.1}$$

де $\mathrm{E_{р1}}$ — річний економічний ефект для базового варіанту, грн;

$\mathrm{B_1} - \mathrm{B_2}$ — приведені витрати на одиницю продукції (циліндр), відновленої за традиційною та новою технологіями, грн;

A — річний обсяг виробництва, що становить 6000 шт.

Приведені витрати розраховувалися за відповідною формулою:

$$\mathrm{B_{1,2}} = \mathrm{C_{1,2}} + \mathrm{E_н} \cdot \mathrm{K_{1,2}} \tag{4.2}$$

де $\mathrm{C_{1,2}}$ — собівартість ремонту одного циліндра за базовою та удосконаленою технологіями, грн;

$\mathrm{E_н}$ — нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, прийнятий рівним $\mathrm{E_н} = 0{,}15$;

$\mathrm{K_{1,2}}$ — питомі капітальні вкладення у виробничі фонди за базовою та новою технологіями, грн/шт.

$$\mathrm{K_{1,2}} = \frac{\mathrm{C_{1,2}}}{W_{1,2}} \tag{4.3}$$

де $\mathrm{C_{1,2}}$ — вартість устаткування, необхідного для ремонту циліндра за базовою та новою технологіями, грн;

$W_{1,2}$ — річна продуктивність базового і запропонованого технологічних процесів, шт.

Вартість ремонту одного циліндра визначалася за такою залежністю:

$$С_{1,2} = С_{рф} + С_{рм} + ЗП_0 + ЗП_д + Н_{сс} + О_ч + О_{вв} + О_{гв} \quad (4.4)$$

де $С_{рф}$ − вартість ремонтної фундації, грн;

$С_{рм}$ – витрати на ремонтні матеріали, грн;

$ЗП_0$ – основна заробітна платня основним виробничим робітникам, грн;

$ЗП_д$ – додаткова заробітна платня, грн;

$О_ч$ – нарахування по соціальному страхуванню, грн;

$О_{вв}$ – відрахування до фонду Чорнобиля, грн;

$О_{гв}$– загальновиробничі невигідні витрати, грн;

Оскільки циліндри ремонтуються для двигунів, що поступили в майстерню на капітальний ремонт, то витрати на ремонтну фундацію у складі собівартості відсутні. В собівартість відновлення циліндра не включаються також невигідні витрати, оскільки із зміною технології ремонту вони не міняють своєї абсолютної величини, розподіляються пропорційно прямим витратам і нараховуються в цілому на собівартість ремонту двигуна.

Витрати на ремонтні матеріали при базовій технології відновлення визначаються по формулі:

$$С_{рм} = \frac{С_р}{N} + \frac{C_x}{N_x} \quad (4.5)$$

де: $С_р$ — вартість одного різця, грн;

N — кількість циліндрів, які можна обробити одним різцем, шт;

C_x — вартість комплекту хонінгувальних брусків, грн;

N_x — кількість циліндрів, що можуть бути оброблені одним комплектом брусків, шт.

Витрати на ремонтні матеріали при використанні нової технології враховують лише першу складову наведеної формули.

За чинними на сьогодні цінами різець з ельбора-Р має вартість 56,7 грн, при цьому ресурс одного різця становить близько 240 циліндрів. Комплект хонінгувальних брусків коштує 190,20 грн, а його середній термін служби дорівнює 6000 циліндрів. Підставивши ці значення у формулу (1), отримуємо:

$$Срм_1 = 0{,}36 \text{ грн}; Срм_2 = 0{,}24 \text{ грн}.$$

Розрахунок основної заробітної плати виконувався за відповідною формулою:

$$ЗП_0 = С_Т \cdot Т_Р \quad (4.6)$$

де $С_Т$ — годинна тарифна ставка робітника-розточувальника, грн;

$Т_Р$ — трудомісткість виконуваних робіт, люд.-год.

У процесі відновлення циліндрів задіяний верстатник 5-го розряду, годинна тарифна ставка якого становить 6,5 грн.

За діючою технологією на операції розточування та хонінгування витрачається 24 хв на один циліндр, тоді як за запропонованою технологією — 6 хв (за результатами хронометражних спостережень). І в базовому, і в удосконаленому варіанті роботи виконує один верстатник, тому трудомісткість відновлення одного циліндра за базовою технологією дорівнює $Тр_1 = 0,4$ год, а за новою технологією — $Тр_2 = 0,1$ год.

Тоді, $ЗП_{01}$=6,5 0,4=2,6грн.

$ЗП_{02}$=6,5·0,1=0,65грн.

Додаткова заробітна плата приймається на рівні 6 % від основної заробітної плати:

$$ЗПД_1=0,06\cdot2,6=0,156\text{грн.}$$

$$ЗПД_2=0,06\cdot0,65=0,039\text{грн.}$$

Відрахування на соціальне страхування становлять 47 % від суми основної та додаткової заробітної плати:

$$Н_{сс1}=(2,6+0,156)\cdot0,47=1,3\text{грн.}$$

$$Н_{сс2}=(0,65+0,039)\cdot0,47=0,32\text{грн.}$$

Собівартість відновлення одного циліндра за базовою та запропонованою технологіями, без урахування загальновиробничих і загальногосподарських витрат, відповідно становитиме:

$$С_1=С_{рм1}+ЗП_{01}+ЗП_{д1}+Н_{сс1}+О_{ч1}=0,36+2,6+0,156+1,3=4,41\text{грн.}$$

$$С_2=С_{рм2}+ЗП_{02}+ЗП_{д2}+Н_{сс2}+О_{ч2}=0,24+0,65+0,039+0,32=1,25\text{грн.}$$

Вартість устаткування для відновлення циліндрів за діючою технологією розраховується за такою формулою:

$$С_{01} = С_{рв} + С_{хв} + 2С_{пр} + С_{ш1} + С_{хг} \quad (4.7)$$

де: $С_{рв}$— вартість розточувального верстата, що дорівнює 826613 грн;

$С_{хв}$— вартість хонінгувального верстата, що становить 569733 грн;

$С_{пр}$— вартість пристосування для закріплення циліндра на верстаті, рівна 7500 грн;

$С_{ш1}$ — вартість розточувального шпінделя з різцевою головкою, що дорівнює 21000 грн;

$С_{хг}$— вартість хонінгувальної головки, яка становить 502,50 грн.

Тоді загальна вартість устаткування для базового варіанту:

$$C_{01} = 826613 + 569733 + 2 \cdot 7500 + 21000 + 502{,}50 = 1432848{,}5 \text{ грн.}$$

Вартість устаткування для відновлення циліндрів за запропонованою технологією визначається за відповідною формулою:

$$C_{02} = C_{рв} + C_{гс} + C_{пр} + C_{ш2} + C_{м} \cdot M_{м} \quad (4.8)$$

де $C_{рв}$— вартість розточувального верстата, грн;

$C_{гс}$— вартість гідростанції, що становить 4200 грн;

$C_{пр}$— вартість пристосування для закріплення циліндра при відновленні, рівна 1260 грн;

$C_{ш2}$ — вартість шпінделя з комбінованою головкою, що дорівнює 5730 грн;

$C_{м}$— вартість 1 кг масла І-20А для роботи пристосування закріплення циліндра, $C_{м} = 10{,}2$ грн;

$M_{м}$ — річна витрата масла, кг.

$$C_{02} = 826 + 4200 + 1260 + 5730 + (10{,}2 \cdot 750) = 845453 \text{грн.}$$

Річна продуктивність технологічного процесу визначається за відповідною формулою:

$$W_{1,2} = W_{г1,2} \cdot Ф \quad (4.9)$$

де: $W_{1,2}$ — годинна продуктивність відповідно базового та нового технологічних процесів, циліндрів/год;

Ф — річний фонд часу роботи устаткування, що дорівнює 1830 год.

Годинна продуктивність процесу визначається за відповідною формулою:

$$W_{г1,2} = \frac{1}{T_{n1.2}} \quad (4.10)$$

де: $T_{n1.2}$ — повний час обробки одного циліндра відповідно за базовим і удосконаленим технологічними процесами, год.

$$W_{г1} = 1/T_{п1} = 1/0{,}4 = 3 \text{шт/год;}$$

$$\acute{W}_{г2} = 1/T_{п2} = 1/0{,}1 = 10 \text{шт/год.}$$

Річна продуктивність базового технологічного процесу визначається аналогічним чином:

$$W_1 = W_{41} \cdot Ф = 3 \cdot 1830 = 5490 \text{ шт} \quad (4.11)$$

Річна продуктивність нового технологічного процесу визначається за тією ж самою залежністю:

$$W_2 = W_{42} \cdot \Ф = 10 \cdot 1830 = 18300 \text{ шт} \quad (4.12)$$

Питомі капітальні вкладення у виробничі фонди в перерахунку на один відновлений циліндр визначатимуться аналогічно:

$$К_1 = \frac{С_{01}}{W_1} = \frac{1432848,5}{5490} = 261 \text{ грн} \quad (4.13)$$

$$К_2 = \frac{С_{02}}{W_2} = \frac{845453}{18300} = 46,2 \text{ грн} \quad (4.14)$$

Приведені витрати на відновлення одного циліндра за базовою та запропонованою технологіями відповідно становитимуть:

$$З_1=С_1+Е_н \cdot К_1=4,41+0,15 \cdot 261=43,56 \text{грн.}$$

$$З_2=С_2+Е_н \cdot К_2=1,25+0,15 \cdot 46,2=8,2 \text{грн.}$$

Річний економічний ефект від упровадження запропонованого технологічного процесу визначатиметься аналогічно і становитиме відповідну величину:

$$Э_{г1}=(З_1 – З_2) \cdot А=43,56 – 8,2) \cdot 6000=212160 \text{грн.}$$

Техніко-економічні показники подано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 — Показники техніко-економічної ефективності впровадження нової технології ремонту циліндрів.

Найменування показників	Показники		% новий до базового
	базовий варіант	новий варіант	
Річна виробнича програма, шт.	6000	6000	100
Питомі капіталовкладення,грн/шт.	261	46,2	17,7
Собівартість відновлення циліндра (виключаючи невигідні витрати), грн.	4,41	1,25	28,3
Приведені витрати на відновлення одного циліндра, грн.	43,56	8,2	18,8
Продуктивність процесу, шт./рік	5490	18300	333
Економічний ефект при відновленні, грн.	-	212160	-
Загальний річний економічний ефект, грн.	-	286920	-
Термін окупності, літ.		1,0	

ВИСНОВОК

Існуючі методи відновлення дзеркала циліндрів не забезпечують нормативного післяремонтного ресурсу та характеризуються низькою продуктивністю. Проведені дослідження довели, що застосування технології відновлення дзеркала циліндрів суміщеним процесом розточування і поверхневого пластичного деформування дає змогу підвищити якість обробки та збільшити продуктивність суміщеного процесу у 3 рази.

Проаналізовані конструкції шпінделя з комбінованою головкою та пристрою для закріплення і центрування циліндрів забезпечують можливість практичної реалізації запропонованого способу відновлення. Встановлено оптимальні параметри технологічного процесу: швидкість розточування і ППД $V = 395{,}64$ м/хв; подача $S = 0{,}05$ мм/об; зусилля ППД $P = 2{,}5$ МПа; припуск на ППД 0,02–0,04 мм.

Річний економічний ефект від упровадження запропонованої технології та оснащення за програми 6000 циліндрів на рік у порівнянні з базовою технологією становитиме 212 тис. грн. Народногосподарський економічний ефект з урахуванням збільшення ресурсу циліндрів складе 287 тис. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки для підготовки документації до дипломного проєктування для студентів денної та заочної форми навчання Інституту механізації та електрифікації сільського господарства напряму підготовки 6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва», освітньо-кваліфікаційних рівнів: «бакалавр», «спеціаліст», «магістр» / А.В. Рудь, І.М. Бендера, В.І. Дуганець, Ю.І. Панцир, І.О. Мошенко, О.В. Думанський; за ред. А.В. Рудя. – Кам'янець-Подільський: ПДАТУ, 2014. – 127 с.

2. Дипломне проєктування з ремонту машин агропромислового комплексу / І.М. Бендера, А.М. Оленюк, П.П. Федірко та ін.; за ред. І.М. Бендери, А.М. Оленюка. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2012. – 480 с.

3. Дзюба П.Я. Програмований посібник з будови автомобіля / П.Я. Дзюба. – К.: Урожай, 1985. – 576 с.

4. Лауш П.В. Технічне обслуговування та ремонт машин / П.В. Лауш. – К.: Вища школа, 1989. – 350 с.

5. Родичев В.А. Трактори і автомобілі: підручник [для студ. вищих навч. закл.] / В.А. Родичев, Г.І. Родичева. – М.: Вища школа, 1982. – 320 с.

6. Токаренко В.М. Практикум з будови, технічного обслуговування та ремонту автотранспорту / В.М. Токаренко. – К.: Урожай, 1989. – 350 с.

7. Тельнов Н.Ф. Ремонт машин: підручник [для студ. вищих навч. закл.] / Н.Ф. Тельнов. – М.: Агропромиздат, 1992. – 450 с.

8. Сєрий І.С. Курсове та дипломне проєктування з надійності та ремонту машин / І.С. Сєрий, А.П. Смєлов, В.Є. Черкун. – М.: Агропромиздат, 1991. – 210 с.

9. Деталізовані нормативи трудомісткості на ремонт тракторів, автомобілів та сільськогосподарських машин і їх складових частин [методичні рекомендації]. – М.: ГОСНІТІ, 1981. – 84 с.

10. Булей І.А. Проєктування ремонтних підприємств сільського господарства / І.А. Булей. – К.: Урожай, 1988. – 532 с.

11. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера / В.Д. Гречкосій. – К.: Урожай, 1998. – 236 с.

12. Напольський Г.М. Технологічне проєктування автотранспортних підприємств і станцій технічного обслуговування: підручник [для студ. вищих навч. закл.] / Г.М. Напольський. – М.: Транспорт, 1985. – 231 с.

13. Бутенко В.Г. Ремонт машин в АПК України / В.Г. Бутенко. – Д.: ДГАУ, 1997. – 159 с.

14. Воловик Є.Д. Довідник з відновлення деталей / Є.Д. Воловик. – М.: Колос, 1981. – 320 с.

15. Гуревич Д.Ф. Ремонтні майстерні радгоспів і колгоспів / Д.Ф. Гуревич, А.А. Цирін. – Л.: Колос, 1981. – 335 с.

16. Іванов М.М. Деталі машин: підручник [для студ. вищих навч. закл.] / М.М. Іванов. – М.: Вища школа, 1991. – 326 с.

17. Кокарьов Ф.М. Охорона праці: підручник [для студ. вищих навч. закл.] / Ф.М. Кокарьов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 316 с.

18. Лехман С.Д. Довідник з охорони праці в сільському господарстві / С.Д. Лехман. – К.: Урожай, 1990. – 286 с.

19. Конкін Ю.А. Практикум з економіки ремонту сільськогосподарської техніки: підручник [для студ. вищих навч. закл.] / Ю.А. Конкін. – М.: Агропромиздат, 1988. – 256 с.