

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Факультет конструювання та дизайну**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри надійної  
техніки к.т.н. доц.**

\_\_\_\_\_ **Новицький А.В.**

—2— листопада 2023 року

**ЗАВДАННЯ**

**на виконання магістерської кваліфікаційної роботи студенту**

**Панченку Максиму Анатолійовичу**

Спеціальність **133 Галузеве машинобудування**

Освітня програма **технічний сервіс машин та обладнання  
сільськогосподарського виробництва**

Тема роботи: **«Характеристика пошкоджень та розробка ТП  
відновлення гільз циліндрів»**, затверджена наказом по вузу від  
29.12.2023 р. № 2401 «с»

**Термін подачі завершеної роботи на кафедру: 15.10.24**

**Вихідні матеріали до виконання роботи:**

- Технологічний процес відновлення гільз циліндрів двигунів ММЗ.
  - Завдання на проектування.
  - Результати науково-дослідних робіт по вивченню зносів гільз циліндрів за літературними джерелами.

**Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які  
потрібно розробити):**

Вступ

## ЗМІСТ

Реферат	4
Зміст	5
ВСТУП	7
1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГІЛЬЗИ ЦИЛІНДРІВ	8
1.1. Функціональне призначення, конструкція, технологія виготовлення та технічні вимоги до робочих поверхонь гільзи	8
1.2. Технологія та організація ремонту пошкоджених гільз	17
1.3. Можливі шляхи підвищення міжремонтного ресурсу заданої деталі	23
1.4. Задачі магістерської роботи	25
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ, ЯКІ НАДХОДЯТЬ У РЕМОНТ	26
2.1. Стан питання та задачі дослідження	26
2.2. Методика дослідження	28
2.3. Результати досліджень та їх обговорення	29
2.3.1. Види і характеристика пошкоджень	29
2.3.2. Обґрунтування граничних та припустимих зносів робочих поверхонь гільз циліндрів	31
3. ПРОЕКТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ двигунів ММЗ ПЛАСТИНУВАННЯ	35
3.1. Конструкторська ремонтна підготовка	35
3.1.1. Технічні вимоги на ремонт	35
3.1.2. Таблиці монтажних спряжень	36
3.1.3. Ремонтний кресленик	36
3.2. Технологічна підготовка ремонтного виробництва	37

3.2.1. Технологічний процес ремонту деталі	37
3.3. Організаційна підготовка виробництва	45
3.3.1. Проект ділянки для ремонту деталі	46
3.3.1.1. Загальна методика проектування спеціалізованої ділянки для відновлення гільз двигунів	47
3.3.1.2. Річна програма та тип виробництва	47
3.3.1.3. Трудомісткість ремонтних операцій	49
3.3.1.4. Організаційний режим роботи ділянки	49
3.3.1.5. Розрахунок потрібної кількості працюючих, вибір і розра- хунок потрібної кількості обладнання та виробничих площ	50
3.3.1.6. Технологічна планіровка обладнання ділянки	55
3.4. Перевірка умови нерухомості пояса пластини	56
3.5. Визначення сили запресування пластини	57
3.6. Визначення діаметра отвору та розмірів пластини для пластинування	59
4. ЗАХОДИ З ОЗОРНИ ПРАЦІ НА ДІЛЯНКИ ВІДНОВЛЕННЯ	72
5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІДНОВЛЕННЯ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ	79
ВИСНОВКИ	86
ЛІТЕРАТУРА	87
ПЕРЕЛІК ГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ	91
Додаток	92

## ВСТУП

В умовах комплексної механізації сільського господарства особливої уваги набуває проблема забезпечення ремонтоздатності машинно-тракторного парку.

У сільському господарстві України налічується понад 470 тис. тракторів, 200 тис. спеціальних комбайнів, 540 тис. ґрунтообробних машин та машин для сівби, а також велика кількість іншої техніки та обладнання тваринницьких ферм.

Забезпечення ремонтоздатності МТП досягається за рахунок проведення ТО та ремонту машин. На проведення ТО і ремонт техніки витрачається щорічно до 30% її балансової вартості. При цьому крім витрат на забезпечення ремонтоздатності МТП сільське господарство вимушено нести значні збитки від простоїв машин по технічним несправностям. До 45-55% у цих втратах припадає на запасні частини. Тому в умовах сучасного стану сільського господарства нашої держави особливого значення набувають питання економії матеріальних та трудових ресурсів, що витрачаються на ТО і ремонт машин.

Ефективним шляхом скорочення витрат на ремонт машин є відновлення зношених деталей. Вартість відновлених деталей, як правило, становить не більше 35-40% від вартості нових, при цьому внаслідок відновлення деталей економиться велика кількість металу.

Дана магістерська робота присвячена розробці перспективного типового технологічного процесу відновлення гільз.

Мета роботи – підвищити міжремонтний ресурс та знизити витрати на ремонт двигунів.

# 1. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕТАЛІ

## 1.1. Функціональне призначення, конструкція, технологія виготовлення та технічні вимоги до робочих поверхонь деталі

Гільза циліндра – це невід’ємна частина будь-якого двигуна внутрішнього згорання. Вона разом з поршнем і головкою циліндрів утворює замкнутий об’єм, в якому відбувається робочий цикл двигуна. Внутрішня поверхня стінок циліндра служить направляючою при русі поршня. Окрім того крізь стінки гільзи циліндра здійснюється відбір теплової енергії, надлишок якої утворюється під час роботи двигуна.

Найважливіший показник надійності двигуна – довговічність, вона найбільшою мірою і визначається зносостійкістю циліндро-поршневої групи. Інтенсивний знос гільзи викликає підвищене підтікання газів у картер, прискорене старіння масла, збільшення динамічних навантажень на деталі, вібрацію та зниження потужності двигуна. Порушення в роботі циліндропоршневої групи впливає на роботу всіх збірних одиниць ДВЗ: головки циліндрів, клапанний механізм, розпилювачі форсунок, колінчастий вал і шатунну групу.

Існує два типи гільз. "Сухі" це гільзи, що не мають безпосереднього контакту з охолоджуючої рідиною. "Мокрі" це гільзи, зовнішня поверхня яких омивається охолоджуючої рідиною.

Мокрі гільзи забезпечують хороший тепловідвід і можуть бути легко замінені при ремонті. Вони найчастіше використовуються в дизельних двигунах з діаметром циліндра більше 120 мм, але іноді застосовується в двигунах з меншим діаметром циліндра.

"Мокрая" гильза цилиндров

"Сухая" гильза цилиндра

Гильза с воздушным охлаждением



Рис.1.1. Типы гильз цилиндрів

Сухі гільзи простіше у виготовленні. Двигуни, забезпечені сухими гільзами, мають гарну ремонтпридатність. У випадку зношування гільзу можна легко замінити без розточування цилиндрів. Сухі гільзи також можна використовувати при ремонті двигуна, в якому раніше гільзи не застосовувалися, зокрема в двигунах ГАЗ. Що встановлені на автомобілях ГАЗ-52.

У більшості сучасних двигунів легкових автомобілів цилиндри виконуються безпосередньо шляхом розточування в блоці цилиндрів. У випадку, коли блок алюмінієвий, на стінки цилиндрів наносять спеціальні покриття, а до сполучених деталей (поршням і кілецам) пред'являються особливі вимоги.

Особливості конструкції. Сухі гільзи товщиною 2-4 мм запресовують або встановлюють з зазором 0,01-0,04 мм. Невелика товщина сухих гільз обумовлює економію якісних матеріалів, проте, підвищений термічний опір

контактної поверхні між гільзою і блоком погіршує тепловідвід від циліндра в охолоджуючу рідину.

Мокрі гільзи також забезпечуються кільцями ущільнювачів, виготовленими з тепло-, масло-, і водостійкою гуми, і встановленими в канавках на зовнішній поверхні гільзи. Для правильної установки в блоці і збереження форми при роботі гільзи можуть центрувати за двома і більше поясів.

Як правило, гільзи виготовляються з верхнім опорним фланцем, що служить для фіксації в блоці. В даний час остаточна обробка робочої поверхні гільз проводиться методом плато-вершинного хонінгування. Одержуваний при цьому мікрорельєф на поверхні гільз являє собою чергуються западини (масляні кишені) і виступи (плато). Такий рельєф забезпечує утримання необхідної кількості масла в зоні контакту поверхонь, що труться. Більшість гільз виготовляються з сірого чавуну, що володіє гарною зносостійкістю при відносно низькій вартості. Заготівлю найчастіше отримують методом відцентрового лиття. При цьому виходить високоякісна гільза, з низькою пористістю і високими механічними властивостями. Матеріали гільзи блоку У деяких випадках гільзи виробляються методами порошкової металургії. При цьому виходять міцні, точні і недорогі гільзи, але структура матеріалу при цьому гірше, ніж у гільз, отриманих методом відцентрового лиття. Іноді гільзи циліндрів виготовляють із високолегованої сталі.

Покриття гільзи. При виборі покриттів гільзи необхідно враховувати кілька факторів, таких як покриття поршневих кілець і їх форма, відносна швидкість тертьових деталей, експлуатаційні умови двигуна, а також спосіб остаточної обробки гільзи.

Для забезпечення кращої здатності утримувати змащення після чистових операцій поверхню гільзи піддають фосфатування, при якому на робочій поверхні утворюється мікрорельєф.

Поряд з цим широко застосовується покриття пористим хромом, що сприяє підвищенню зносостійкості. При цьому не повинні застосовуватися кільця, вкриті хромом, тому що це може стати причиною серйозного пошкодження гільзи.

Для підвищення зносостійкості, особливо для форсованих двигунів, іноді робочу поверхню гільз насичують карбідом кремнію. Часто застосовують також загартовані гільзи.

Гільза циліндрів складається:

1 – внутрішня робоча поверхня (дзеркало циліндра);

2 – установчі пояси гільзи (верхній і нижній);

установчий буртик.

(Див. рис.1.2. Загальна будова гільзи циліндрів).

На підприємствах сільського машинобудування гільзи циліндрів для двигунів: ММЗ.Д-240, Д-50, Д-65, Д-160, Д-108; СМД-14, СМД-18, СМД-31А, СМД-60, СМД-62; ЯМЗ-8423, ЯМЗ-240Б виготовляються наступним чином.

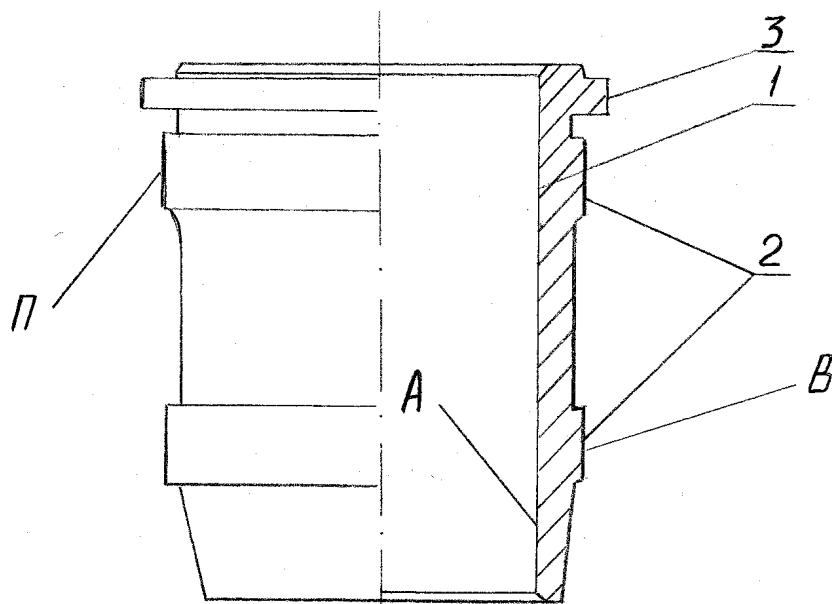


Рис. 1.2. Загальна будова гільзи циліндрів.

Метал для виготовлення гільз плавиться дуплекс-процесом (вигранка-електропіч). Замість широко розповсюдженого відцентрового способу лиття заготовка виконується литтям у землю з оболонковим стержнем, що забезпечує рівномірну вихідну мікроструктуру металу, для якої характерним є наявність пластинчастих перліту та графіту.

Особливостями технологічного процесу механічної обробки гільзи є якомога краще забезпечення однорідної вихідної структури внутрішньої поверхні шляхом рівномірного знаття припуску з відливки гільзи.

Мінімальні припуски на наступні операції після гартування СВЧ обумовлені застосуванням зенкерування загартованої поверхні гільзи. Щоб уникнути руйнування і пригорання цієї поверхні замість шліфування після гартування СВЧ і відпуску виконується хонінгування крупнозернистими алмазними брусками. Коаксіальність центруючих поясків і перпендикулярність їх загальної вісі до упорної поверхні установочного бурта гільзи досягається чистовою обробкою центруючих поясків і упорної поверхні бурта за одну операцію і за одну установку.

Принципово важливим є утворення торцевих поверхонь упорного бурта рухом різця, напрям якого перпендикулярний вісі отворів. Цим створюється сприятлива умова контакту даного бурта зі спряженою упорною поверхнею блока циліндрів, а також з прокладкою головки блока.

### **Технічні вимоги до робочих поверхонь гільз**

1. НВ 217...255, крім поверхонь В, П, для яких  $h = 0,2...0,3$  мм, НРС 33...36 (рис. 1).
2. Факультативний хімічний склад чавуну: вуглець 3,1...3,4%; кремній – 2,0...2,2%; марганець – 0,6...0,9%; фосфору не більше 0,2%; сірки не більше 0,12%. Чавун повинен бути легованим наступними

елементами: хром 0,4...0,6%; нікель 0,15...0,25%; мідь 0,25...0,35%; сурма 0,03...0,07%.

3. Межа міцності чавуну: при розтягуванні не менше, ніж на 21 кг с/мм<sup>2</sup>, при згині не менше 40 кг с/мм<sup>2</sup>.
4. Гільза циліндрів повинна мати структуру металічної основи за ГОСТ 3443-77, що складається із перліту балів П...П92, допускається включення фосфідної евтектики балів Фп200...Фп2000; характер розподілу якої відповідає балу Фр1...Фр3. Кількість графітових включень повинна відповідати балам Граз15...Граз90, за формою балам Гр1...Гр2 і по характеру розподілу балам Гр1...Гр4.
5. Овальність і конусність робочої поверхні А-0,02 мм, а поверхонь В і П не більше 0,04 мм.
6. Не вказані допустимі відхилення лінійних розмірів  $\pm \frac{1}{2}$  допуску – 5 класу точності; кутових  $\pm 5^\circ$ .
7. Гільза циліндрів не повинна мати раковин, тріщин, пористості та сторонніх включень.

Для виготовлення гільз циліндрів використовують метод відцентрового лиття та спеціальні марки зносостійкого перлітного сірого чавуну, що володіє комплексом важливих технічних характеристик. Ці високовуглецеві сплави з добавками хрому, нікелю, молібдену, міді та інших легуючих елементів мають високі антифрикційними властивостями, що багато в чому обумовлено наявністю графіту в їх структурі. У процесі припрацювання поверхні дзеркала циліндра графіт виходить у зону тертя, перешкоджаючи жорсткому контакту сполучених поверхонь. Істотно впливають на зносостійкість чавуну структура металевої основи (матриці), яка повинна складатися в основному з перліту, а також величина, розподіл і кількість графітових включень.

При роботі на паливі низької якості (з високим вмістом сірки), а так само в умовах підвищеної запиленості, гільзи циліндрів форсованих двигунів гартують (поверхневе або об'ємне гартування) для отримання твердості робочої поверхні не менше 42 HRC. У цьому випадку структура матеріалу складається з дрібноігольчатого мартенситу, що забезпечує високу зносостійкість робочої поверхні при високих питомих тисках.

Найкращим для виробництва виливків гільз з чавуну у всьому світі визнано відцентровий спосіб лиття. Більш того, у специфікаціях на матеріали, розроблених світовими лідерами з виробництва гільз з Німеччини, Італії, Великобританії, США, цей спосіб зазначений єдино можливим для забезпечення вимог, що пред'являються до гільзи.

Для виробництва гільз потрібна організація високотехнологічних видів виробництва, у тому числі ливарного, механічного і термічного.

Гільзи, вироблені методом відцентрового лиття, найбільш повно підходять для задоволення вимог по хімічному складу та структури матеріалу. Метод відцентрового лиття забезпечує отримання 95 - 100% перліту в структурі матеріалу. Такі гільзи характеризуються щільною структурою матеріалу, необхідним розташуванням зерен графіту, що надалі запобігає інтенсивному зносу робочої поверхні при експлуатації. Подальша термічна обробка виключає зміни розмірів гільзи в процесі роботи в двигуні. Тому підприємства виробляють понад 90% гільз використовуючи цей метод. Особливу увагу приділяють хонінгування внутрішньої поверхні гільз.

Технологія плосковершинного хонінгування дозволяє отримати не менше 40% розтину графіту, при цьому, похибка форми робочої поверхні гільзи не перевищує 5 мкм.

Хонінгування, а точніше технологія платовершинного хонінгування, абразивний інструмент, унікальне оснащення, зарубіжний досвід виробництва гільз циліндрів, застосування сучасного високоточного обладнання дають змогу забезпечити:

- швидке припрацювання пари (кільце-дзеркало циліндра),
- формування потрібної товщини масляного шару в поверхнях тертя,
- мінімальний угар масла,
- необхідний режим роботи двигуна,
- істотно підняти моторесурс ЦПГ.

Вимоги до якості гільз циліндрів в усьому світі давно сформульовані. Інженерна теорія повністю описана, а практика багато разів відтворила в житті всі особливості конструкції й властивостей такої деталі як гільза циліндрів. Все це знайшло відображення в кресленнях таких відомих у світі виробників, як Daimler-Chrysler, MAN, Volvo, Renault і ін

Гільзи, виготовлені за кресленнями відомих фірм, що мають ходимість до 1 млн. км, що вище ресурсу інших зношуваних деталей двигуна. Таким чином, якісної гільзою є та, яка виготовлена за таким кресленням або за аналогією з ним.

Якісні гільзи циліндрів виготовляються зі спеціальних легованих сірих чавунів. У специфікаціях на матеріал з точністю до 0,001% обумовлено граничний вміст в чавуні вуглецю, кремнію, фосфору, марганцю, сірки, нікелю, хрому, міді, молібдену, ванадію, олова, бору.

Хімічний склад, структура матеріалу, точність виготовлення гільз, мікрорельєф робочої поверхні є базовими критеріями, які визначають загальну надійність двигуна, триботехнічні показники пари тертя поршневе кільце-гільза, а також дозволяють створити умови для повного згорання палива, підвищення ефективності теплових циклів і збільшення ККД двигуна.

Виходячи з цього, точність розмірів окремих елементів гільзи становить не більше 5мкм, що є характерним для деталей точного машинобудування і приладобудування.

Деякі параметри гільз виготовляються за спеціальними технологіями і, відповідно, для оцінки їх специфічної якості потрібні спеціальні високоточні засоби контролю і серйозна інженерна підготовка.

Товарний вигляд продукції побічно свідчить про рівень використовуваних технологій та організації виробництва. Гільзи повинні мати зовнішні поверхні з металевим блиском. Сорочка гільзи з безпосереднім охолодженням має окисну плівку чорного кольору. Вона свідчить про проведену термообробку і є додатковим захистом від корозії. Фаски чіткі, гострі кромки притуплені. На робочій поверхні неодмінно повинні бути видні сліди хонінгування - сітка пересікаючих під кутом  $40^{\circ}$ ... $60^{\circ}$  ризок. Чітка і рівномірна сітка хонінгування є непрямим підтвердженням високого ступеня циліндричності поверхні.

Відхилення від циліндричності внутрішньої робочої поверхні має бути в межах 0,005 мм, тому гільза спеціально оброблена методом плосковершинного хонінгування для найкращої припрацьованості, максимальної зносостійкості, найбільшої ефективності роботи пари "гільза - кільце"

Забезпечення необхідних форми і взаємного розташування поверхонь гільзи (циліндричність отвору, співвісність, перпендикулярність, паралельність, радіальне і торцеве биття зовнішніх і внутрішньої поверхонь) є однією з основних умов довговічності роботи ЦПГ. Величини відхилення форми і взаємного розташування поверхонь впливають на ступінь сполучення деталей, рівномірність натягів, зазорів і, отже, зносостійкість ЦПГ. У конструкції гільз точність розмірів, допусків форми і розташування поверхонь окремих елементів складає 0,005...0,02 мм. Щоб досягти таких результатів використовують сучасне механооброблююче і лабораторно-вимірвальне обладнання фірм Gildemeigter, Gehring, Nagel, EMCO, BAIRD.

Безпосередньо на гільзи всі відповідальні виробники наносять чітке маркування, що зберігається протягом усього періоду експлуатації. По ньому

можна визначити підприємство-виробника, позначення гільзи. Неякісне маркування або відсутність такого має насторожити потенціального споживача.

## **1.2. Технологія та організація ремонту гільзи циліндрів**

Масове і якісне відновлення гільз циліндрів дозволяє зекономити велику кількість металу та знизити витрату запасних частин.

ДержНДТІ розроблено технологію і уніфікований комплект оснащення для відновлення гільз циліндрів діаметрами 105, 110, 120, 130 мм. До комплекту оснащення належать: хони (чорновий і чистовий); пристрої для закріплення гільз при хонінгуванні для дефектоскопії і виставлення різців на розмір; оправки з гідропластом для різців.

Відновлення гільз циліндрів здійснюють в такій послідовності: очищення, дефектація, усунення кавітаційних руйнувань, направлення посадочних поясків, розточування гільз, чорнове хонінгування, напівчистове хонінгування, підрізання бурта, чистове хонінгування, контроль.

Очищення зовнішньої поверхні гільз від накипу і корозії виконують сталюю щіткою на токарному або спеціальному станку. Очищення гільз виконують також у спеціальній установці ОМ-21601 за допомогою металічного піску, кісточкової крихти і флюсу. Продуктивність установки – 40 гільз в годину, робочий тиск стиснутого повітря – 0,5...0,6 МПа.

Кавітаційні пошкодження поверхонь гільз циліндрів усувають покриттям на основі епоксидних смол. Технологічний процес ремонту зовнішньої поверхні гільз складається з таких операцій: зачищення і знежирювання поверхні, приготування і нанесення епоксидної суміші, затвердіння. Ділянки гільзи, пошкоджені кавітацією, і поверхні навколо пошкодження зачищають до металічного лиску, продувають стисненим повітрям і двічі знежирюють технічним ацетоном. Потрапляння води, масла і

бруд на знежирені поверхні не допускається. Після знежирювання гільзи нагрівають в електропечі типу ОКБ-4188А, СНОЛ-3,5 до 60°C. Температура гільзи в момент нанесення епоксидної смоли має бути не нижче 40°C. Епоксидну суміш готують на робочому столі з витяжною шафою типу ОП-2-78 за рецептом по масових частинах: епоксидна смола ЗД-16-100, дибутилфталат – 15, портландцемент – 35, поліетилен – поліамін – 9.

Епоксидну суміш після додавання затвердника потрібно використати протягом 20-25 хв. На кавітаційні пошкодження і зачищену ділянку навколо них епоксидну суміш наносять шпателем, заповнюючи раковини. Ділянки навколо пошкоджень покривають шаром епоксидної суміші товщиною не більше 0,6 мм. Затвердіння суміші здійснюється при температурі 20°C протягом 72 год. Допускається затвердіння епоксидної суміші при 20°C протягом 12 год, потім за одним з таких режимів: 40°C – 48 год, 60°C – 24 год, 80°C – 5 год. Температурний режим має бути витриманий з точністю  $\pm 5^\circ\text{C}$ .

Для усунення кавітаційних руйнувань у НВО "Ремдеталь" розроблено метод контактного приварювання сталльної стрічки на установці 011-1-07.

Після очищення гільзи визначають площу пошкоджень поверхні і вирізають заготовку з листа (сталь 10, 15, 20) або рулону стрічки товщиною 0,3 мм. Стрічка повинна перекривати пошкоджену ділянку на 5...10 мм.

Приварювання стрічки до пошкодженої поверхні гільзи здійснюють при режимі: частота обертання гільзи – 1,5...2,0 об/хв, подача зварювальних кліщів – 5,0...6,0 мм/об, зусилля стискання роликів (електродів) – 1000 Н, тривалість імпульсу зварювального струму – 0,08 с, тривалість паузи – 0,12 с, сила зварювального струму – 5400 А.

Діаметр електродів (роликів) становить 150 мм, ширина верхньої робочої частини – 5 мм, нижньої – 12 мм. Використання широких електродів дозволяє уникнути руйнувань поверхні гільзи, яка контактує з нижнім

електродом, оскільки теплота, яку виділяє зварювальний струм, інтенсивніше відводиться від місця нагрівання деталі.

Відновлення гільзи з кавітаційним руйнуванням на нижньому посадочному пояску і з овальністю поясків, більшою за допустиму, здійснюють також контактним приварюванням стрічки на установці 011-1-07. Після очищення знімають установочні фаски під кутом  $30^\circ$  з обох торців гільзи. Потім обточують або шліфують верхній і нижній посадочні пояски до діаметра, меншого за нормальний на 0,5 мм. Нижній посадочний поясок обробляють в місці контакту з гумовим ущільнювальним кільцем на ширині 25 мм. Потім вирізають заготовку стрічки з будь-якої маловуглецевої сталі товщиною 0,4...0,5 мм, встановлюють гільзу в патрон установки і приварюють стрічку до поясків гільзи окремими кільцевими швами.

До верхнього посадочного пояска стрічку приварюють двома зварювальними швами, а до нижнього – чотирма, дотримуючись такого режиму зварювання: частота обертання деталі –  $3 \text{ х в}^{-1}$ , подача зварювальних кліщів ручна, зусилля стискання електродів – 1000 Н, сила зварювального струму – 5700 А, тривалість імпульсу зварювального струму – 0,16 с, тривалість паузи – 0,22 с.

Після приварювання стрічки пояски гільзи шліфують до номінального розміру. При закріпленні гільзи на шліфувальному верстаті не можна допускати її деформації. Установочні бази гільзи при шліфуванні привареного шару повинні збігатися з базами, прийнятими для її приварювання. Не допускається також виступання привареного шару над поверхнею нижнього посадочного пояска, оскільки при запресуванні гільз можливе зрізання стрічкою частини ущільнювального кільця. Спрацьовану і пошкоджену внутрішню поверхню гільз циліндрів відновлюють розточуванням з наступним доведенням (хонікуванням) під ремонтний розмір. Гільзи циліндрів двигунів ЯМЗ (всіх моделей і модифікацій), А-01М, А-41, Д-37 (всіх модифікацій) ремонтних розмірів не мають. Гільзи циліндрів

решти дизельних двигунів відновлюють під ремонтний розмір, збільшений на 0,7 мм.

Розточування гільз виконують на вертикальних алмазно-розточувальних верстатах 278 і 278Н, оснащених пристроєм для кріплення гільзи. Розточують гільзи циліндрів до необхідних розмірів за один прохід при режимі: частота обертання шпинделя станка –  $112 \text{ х в}^{-1}$ , подача інструменту – 0,2 мм/об, глибина різання – 0,3 мм. При розточуванні використовують різці з пластинками з твердого сплаву ВК2. Нижче наведені розміри гільз після розточування.

**Таблиця 1.1**

**Розміри гільз після розточування**

Двигуни	ММЗ	КДМ-46 Д-240	Д-50	Д-65 СМД-60 СМД-14	Д-21
Розміри гільз після розточування, мм	$95,6^{+0,08}$	$110,6^{+0,07}$	$130,6^{+0,07}$	$120,6^{+0,06}$	$105,6^{+0,06}$

Суттєво підвищує продуктивність при розточуванні гільз застосування різців із синтетичного матеріалу ельбору – Р на верстаті 2А78Н без охолоджувальної рідини при частоті обертання шпинделя  $725 \text{ хв}^{-1}$ , подачі 0,05 мм/об і глибині різання 0,3 мм. При такому режимі різання овальність і конусність гільз знаходиться в межах 0,01-0,03 мм, шорсткість поверхні – 0,63-0,32 мкм. При цьому припуск на хонінгування не перевищує 0,04-0,05 мм, що дає змогу скоротити затрат на хонінгування на 30-40%. На багатьох підприємствах замість розточування внутрішньої поверхні гільз застосовують шліфування на спеціальному безцентровому верстаті типу СШ-64. Гільзу встановлюють у пристрій, овальність зовнішньої поверхні якого не

перевищує 0,02 мм. Шліфують гільзи плоскими абразивними кругами з білого електрокорунду зернистістю 40, середньом'якої твердості (круг ПП125x32x32 ЗВ 40 СМ1-См2К) за два проходи. Спочатку виконують чорнове шліфування, потім чистове. Поперечну подачу круга на глибину шліфування здійснюють за один подвійний хід стола.

Охолоджувальною рідиною є вода з домішками кальцинованої соди (2%) і невеликої кількості мила. При швидкості переміщення стола 0,3-0,8 м/хв, частоті обертання шліфувального круга  $5600 \text{ хв}^{-1}$  і деталі  $160 \text{ хв}^{-1}$  колова швидкість шліфувального круга залежно від діаметра оброблюваних гільз становить 25...33 м/с, деталі – 55-65 м/с. Поперечна подача круга за подвійний хід становить 0,01-0,03 мм. При чистовому переході зменшують поперечну подачу до 0,005-0,015 мм, а швидкість переміщення стола до 0,3...4,5 м/хв і правлять абразивний круг. Після знімання припуску проходи роблять без поперечної подачі до того часу, поки абразивний круг не буде іскрити.

Овальність і конусність робочої поверхні гільз після шліфування не повинна перевищувати 0,03 мм, а шорсткість поверхні – 1,25-0,63 мкм. Після розточування або шліфування внутрішню поверхню гільзи хонінгують на вертикально-хонінгувальному верстаті 3М33 або 3А83 із застосуванням спеціальних пристроїв (одно- і двомісних\_ для кріплення гільз. Обробку здійснюють з використанням змащувально-охолоджувальної рідини ОСМ-1, що дає змогу підвищити продуктивність процесу при отриманні необхідної шорсткості поверхні. Нагрівання гільз понад  $50^{\circ}\text{C}$  у процесі хонінгування не допускається. Овальність і конусність внутрішньої поверхні не повинні перевищувати 0,02 мм, шорсткість – 0,32-0,16 мкм.

Відновлення гільз методом термоосадки полягає в тому, що в гільзі створюються внутрішні температурні напруження, внаслідок чого внутрішній її діаметр зменшується. Температурні напруження виникають

після безперервно-поступального нагрівання струмами високої частоти (СВЧ) і охолодження водою із спреєра.

Технологічний процес відновлення гільзи циліндра складається із таких операцій: миття, дефектування, термоосадка, випробування, контроль.

Гільзи з тріщинами, обломами, забоїнами посадочних місць, кавітаційно-корозійними руйнуваннями зовнішньої поверхні глибиною понад 1 мм, спрацюванням внутрішньої поверхні понад 0,45 мм відновленню не підлягають.

Термоосадку гільзи виконують на спеціальному пристрої. Гільзу циліндра встановлюють на стіл пристрою для надання їй зворотно-поступального і обертального руху, безперервно нагрівають до температури 840-880°С СВЧ і охолоджують водою. Переміщення гільзи відносно джерела нагрівання і охолодження дозволяє створити в ній температурне поле з великим градієнтом і значними тепловими напруженостями, під дією яких змінюються розміри по діаметру.

Заданої температури нагрівання досягають регулюванням енергетичних параметрів шляхом практичного підбирання напруги та струму на аноді й сітці високочастотної установки.

Після теплової формозміни гільза підлягає механічній обробці, яка включає проточування зовнішньої поверхні і обробку до нормальних розмірів. Потім розточують внутрішню поверхню гільзи на вертикально-розточувальному верстаті 2Е78 різцями із гексаніту – Р. Після розточування гільзи хонінгують алмазними брусками АСБ 63/50. Відновлення внутрішніх поверхонь гільз циліндрів контактним приварюванням сталльної стрічки виконують за допомогою установки 011-1-06. При діаметрі внутрішньої поверхні гільз циліндрів 80-140 мм рекомендується такий режим приварювання стрічки: частота обертання шпинделя – 0,2 хв<sup>-1</sup>, подача зварювальної головки – 8-10 м/год, діаметр зварювальних роликів – 55...60 мм, ширина робочої частини роликів – 5 мм, сила струму – 5,7 кА, зусилля

стискання електродів – 1,7...1,9 кН, витрата охолоджувальної рідини – 5...7 л/хв.

### **1.3. Можливі шляхи підвищення міжремонтного ресурсу гільзи циліндрів**

Підвищення міжремонтного ресурсу гільз циліндрів – це головним чином впровадження в ремонтне виробництво нових прогресивних методів відновлення зношених та пошкоджених поверхонь.

Такими методами на сьогоднішній день є – алмазне плосковершинне хонінгування, антифрикційне плосковершинне хонінгування, контактне приварювання сталеві стрічки, постановка згортних пластин.

Алмазне плосковершинне хонінгування розроблене і впроваджене у виробництво інститутом надтвердих матеріалів АН України. Переваги його полягають у тому, що процес створення оптимального мікрорельєфу поверхні відбувається одночасно з хонінгуванням, тобто відпадає необхідність в окремій операції. Застосування плосковершинного хонінгування з використанням змащувально-охолоджувальної рідини ОСМ-1 дозволяє скоротити тривалість припрацювання на 20...25%, забезпечити сприятливі умови роботи гільзо-поршневої групи і, як наслідок, підвищити післяремонтний ресурс двигунів.

Недоліком методу є зростання витрат часу, а, отже, зменшення продуктивності ремонту внаслідок двохстадійного хонінгування.

Метод антифрикційного плосковершинного хонінгування полягає у створенні на робочій поверхні циліндра антифрикційного припрацьованого покриття, утвореного в процесі заповнення плосковершинного профілю твердим мастилом. Перед тим, як деформувати профіль накатником, поверхню циліндра насичують антифрикційним матеріалом. Переваги і

недоліки даного методу аналогічні алмазному плосковершинному хонінгуванню.

Контактне приварювання сталеві стрічки дозволяє відновлювати гільзу до номінального розміру, що зменшує витрати на селективний підбір. Також зменшуються витрати на виготовлення поршнів ремонтного розміру, зростає економія металу.

Недолік методу – внаслідок приварювання сталеві стрічки з'являються температурні напруження, що погіршують якість металу стрічки та змінюють структуру чавуну гільзи, що негативно впливає на роботу спряження.

Найбільш перспективним методом на сьогоднішній день є метод пластинування гільз циліндрів. Ресурс пластинованої (відновленої) гільзи приблизно в 2-3 рази більший, ніж нової. Це пояснюється застосуванням в якості пластин високоякісної інструментальної сталі У-8, У-10.

Після дефектування гільзи розточують на будь-яких верстатах, які дають змогу досягти потрібного діаметра. Оброблені пластини надходять на складання, яке виконують за допомогою гідравлічного преса (потужність не менше 25 тс) і спеціального пристрою. Послідовність складання така: пластину (вкладиш) із стрічки встановлюють у струбцину для надання необхідної форми; потім струбцину разом з вкладишем встановлюють на розточену гільзу і за допомогою оправки запресовують. Розміщення вкладиша в гільзі та фіксація струбцини з вкладишем відносно отвору гільзи досягаються конструктивними особливостями оправки і попереднім встановленням пластини в струбцині.

Складені гільзи хонінгують для одержання необхідних розмірів і чистоти поверхні. Простота і доступність методу дають можливість застосовувати його на будь-якому ремонтному підприємстві.

#### **1.4. Задачі магістерської роботи**

Задачами магістерської роботи передбачається:

1. Провести дослідження пошкоджень гільз циліндрів двигунів ЗМЗ і на їх основі зібрати вихідні дані для проектування технологічного процесу їх відновлення.
2. Розробити технологічну частину проекту дільниці для відновлення гільз циліндрів пластинуванням, в тому числі розробити: конструкторську ремонтну документацію, технологічний процес відновлення гільз, технологічну планіровку дільниці.
3. Розробити комплекс заходів по охороні праці, які б забезпечували безпечну роботу працівників.
4. Обґрунтувати доцільність впровадження проекту у виробництво.

## **2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПОШКОДЖЕНЬ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ, ЯКІ НАДХОДЯТЬ У РЕМОНТ**

### **2.1. Стан питання та задачі досліджень**

В процесі експлуатації гільзи циліндрів двигунів ММЗ піддаються дії енергії зовнішнього середовища, енергії робочих процесів та потенціальної енергії, яка накопичується в них при виготовленні. Під їх дією в гільзах циліндрів відбуваються необоротні процеси зношування, деформування, кородування, старіння та наростоутворення. Внаслідок протікання необоротних процесів гільзи циліндрів двигунів ММЗ піддаються різного роду пошкодженням. Основним з них є знос, деформація, руйнування, корозія та наріст.

Зносу піддаються стінки циліндрів (0,3-0,5 мм), нижня поверхня опорного бурта (0,08-0,10 мм), посадочні пояски (0,05-0,07 мм) [1].

Мають місце кавітаційні та корозійні руйнування зовнішньої поверхні гільз на глибину до 0,5 мм (смуга довжиною 100 і шириною 80 мм). Зовнішня поверхня гільз в багатьох випадках вкривається накипом, а внутрішня (поясок перед ВМТ) – нагаром. На поверхні гільзи циліндрів можуть утворюватись тріщини, зломи, при наявності яких вони вибраковуються.

В технологічних процесах на ремонт (відновлення) гільз циліндрів сімейства ММЗ [2] утримуються дані про їх допустимі при ремонті діаметральні розміри дзеркал (85, 95 мм).

В періодичній літературі значна увага приділяється дослідженню зносостійкості деталей ШПГ (в тому числі і гільз циліндрів ДВЗ) та розробці конструкторсько-технологічних заходів, спрямованих на підвищення їх довговічності [ 3, 4].

В ДержНДТІ видані нормативи по надійності відремонтованих двигунів ММЗ. Для двигунів цього типу міжремонтний 80% гама ресурс повинен становити  $t_{0,8}^M = 4800$  мото-годин [5], доремонтний  $t_{0,8}^o = 6000$  мото-годин. Результати досліджень по визначенню та обґрунтуванню доремонтного та міжремонтного ресурсу двигунів ММЗ у літературі відсутні. Відсутні також конкретні дані про дослідження ремонтного фонду гільз циліндрів двигунів автомобілів ГАЗ.

Відсутність таких даних не дозволяє здійснити на науковій основі розробку технічної підготовки ремонтного виробництва гільз. Тому по гільзам двигунів ММЗ слід рахувати доцільним проведення комплексу спеціальних досліджень, присвячених вирішенню наступних задач:

1. Обґрунтувати граничні та допустимі при ремонті зноси (розміри) гільз.
2. Визначити їх ресурс методом прогнозування.
3. Визначити параметри (статистики) зносів гільз циліндрів автомобілів ГАЗ, які надходять в ремонт.
4. Встановити коефіцієнти ремонтпридатності гільз до відновлення.

## 2.2. Методика досліджень

- 2.2.1. Види і характеристики пошкоджень гільз циліндрів досліджуються методами паспортизації згідно ГОСТ 23.002-78 [5].
- 2.2.2. Граничні та припустимі зноси гільз циліндрів визначаються за методикою ДержНДТІ [6] із застосуванням кореляційних залежностей, які враховують знос деталей з їх розмірами, точністю виготовлення та видом посадки.
- 2.2.3. Прогнозування ресурсу гільз циліндрів здійснюється по методиці кафедри СіРМ НАУ [7]. Ресурс гільз циліндрів прогнозується за експоненціальною стохастичною моделлю залежності зносу деталей від часу їх роботи. Для потреб прогнозування зносів величина зносу визначається у 15-ти гільз циліндрів двигунів СМД-60 після наробітку  $t_1 = 1000$  мото-годин і 15-ти гільз після наробітку  $t_2 = 2500$  мото-годин. Величина зносу визначається у ВМТ (в найбільш зношеному місці).
- 2.2.4. При дослідженні зносів гільз циліндрів двигунів ММЗ, які надходять у ремонт, мікрометражу піддаються 50 гільз. Величина їх зносу визначається у ВМТ. Обробка результатів досліджень ведеться методами теорії ймовірності та математичної статистики. Розрахунки здійснюються за методичними вказівками кафедри НіРМ НАУ [8]. Коефіцієнти годності та відновлення деталей по зносу їх робочих поверхонь встановлюються згідно методики, що розроблена М.А.Машно [9], та методичних вказівок кафедри НіРМ НАУ [10]. Для визначення коефіцієнтів обстеженню піддаються 50 гільз.

## **2.3. Результати досліджень**

### **2.3.1. Види і характеристика пошкоджень дзеркал гільз циліндрів**

Встановлено, що дзеркала гільз циліндрів в процесі експлуатації піддаються корозійно-механічному зношуванню.

Вид зношування окислювальний. Це знос, при якому основний вплив на зношування має хімічна реакція матеріалу з киснем або зовнішнім окислювальним середовищем. Внаслідок окислювання поверхня дзеркал циліндрів вкривається плівкою, яка постійно віддаляється компресійними кільцями. Такому виду зношування піддається переважна більшість гільз. При цьому максимальний знос гільзи спостерігається у ВМТ. Цьому сприяє висока температура і тиск газів, які утворюються при згоранні пальної суміші (рис. 2.1.).

У окремих гільз циліндрів величина зносу розташовується не у ВМТ, а в середній або нижній частині дзеркала – це пояснюється тим, що двигуни працюють в умовах забруднення масел абразивом та продуктами зносу (не своєчасна заміна масла) (рис. 2.1.).

Спостерігаються випадки, коли в ремонт надходять гільзи при наявності задирів дзеркал. Це пояснюється тим, що при ремонті двигунів у гільзи малої розмірної групи (М) встановлюють поршні збільшеної групи (Б).

Мають також місце задир, які обумовлюються недостатнім зазором у замках поршневих кілець.

Інколи в ремонт потрапляють двигуни внаслідок їх перегріву (експлуатація при втраті охолодної рідини). Гільзи циліндрів таких двигунів втрачають твердість і піддаються значній деформації (кількість таких гільз не перевищує 0,5%).

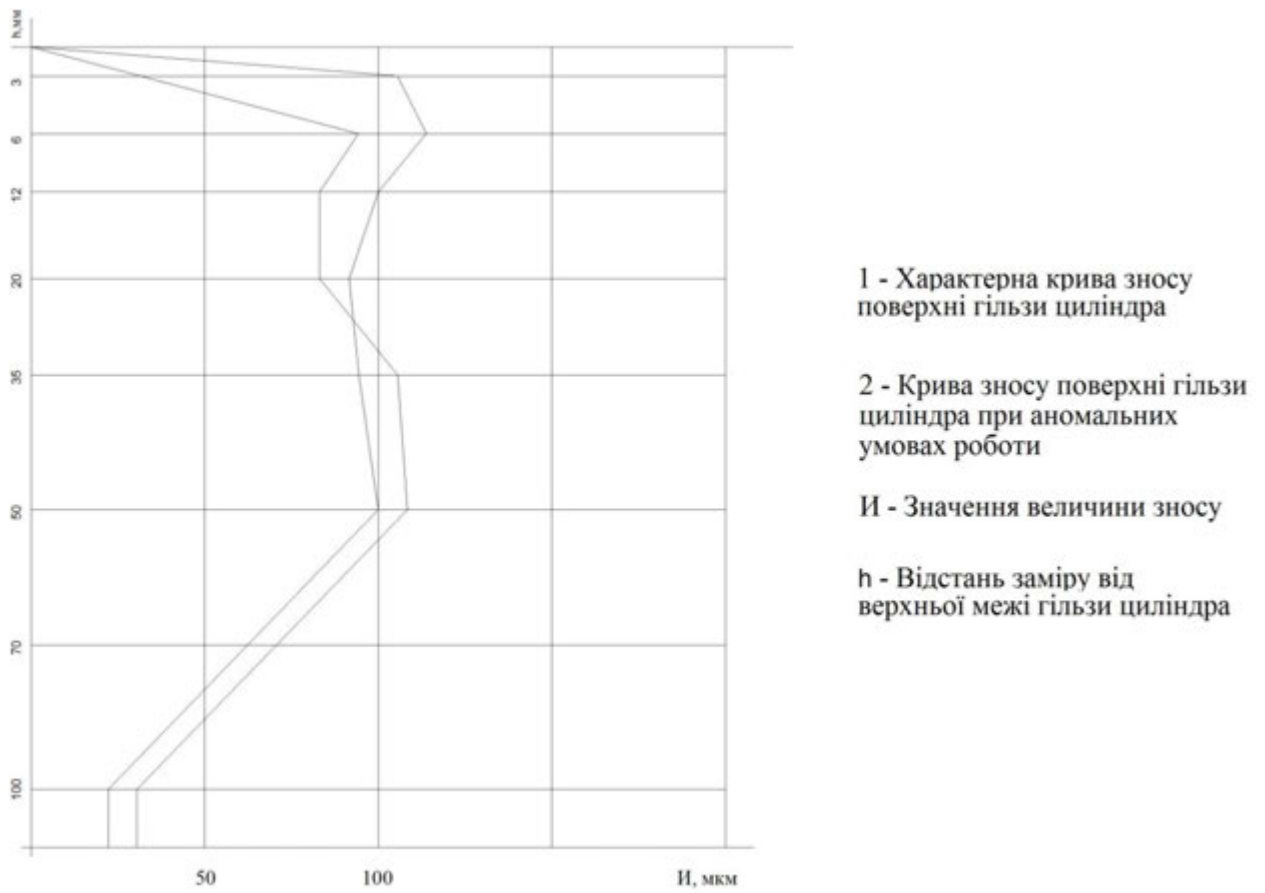


Рис. 2.1. Знос циліндра двигуна по твірній:

1 – максимальний знос поблизу ВМТ;

2 – максимальний знос в середній частині гільзи.

### 2.3.2. Обґрунтування граничних та припустимих зносів робочих поверхонь гільз циліндрів

Результати досліджень по обґрунтуванню граничних та допустимих зносів дзеркал гільз циліндрів двигунів ГАЗ та ММЗ наводяться в таблиці 2.1.

**Таблиця 2.1**

#### Граничні та припустимі зноси, розміри, натяги та зазори в з'єднаннях гільз циліндрів з поршнями двигунів сімейства ММЗ

Назва і позначення деталі	Назва і номінальний розмір робочих поверхонь	Посадка за кресленням, мм Натяг (-), зазор (+), мм	Допуск, мм		Допустимі і граничні зноси, мм	Коефіцієнт перерозподілу зносів	Допустимі при ремонті і граничні		
			розміру	посадки			Знос деталей, мм	Розмір деталей, мм	Натяг (-), зазор (+) в з'єднаннях, мм
Гільза циліндрів ММЗ	Робоча поверхня гільзи $D = 130^{+0,040}$	0,000	+0,04	0,08	0,102	0,7	<u>0.071</u>	<u>130.071</u>	+0,318
								0.503	
Поршень двигуна ММЗ	Головка поршня $d = 129,784_{-0,040}$	+0,080	+0,04	0,08	0,719	0,3	<u>0.031</u>	<u>129.753</u>	+0,953
								0.216	
Гільза циліндрів ГАЗ	Робоча поверхня гільзи $D = 120^{+0,020}$	0,000	+0,02	0,04	0,082	0,7	<u>0.057</u>	<u>120.057</u>	+0,262
Поршень двигуна ГАЗ	Головка поршня $d = 119,820_{-0,020}$	+0,040	+0,02		0,444	0,3	<u>0.025</u>	<u>119.795</u>	+0,624

Встановлено, що сумарна величина граничних ( $I_{s_{гр}}$ ) та допустимих ( $I_{s_{доп}}$ ) зносів у спряженні гільза-поршень становить у двигунів ММЗ – 0,719 та 0,102 мм, а ГАЗ – 0,444 та 0,082 мм. Гільзи циліндрів двигунів ММЗ виготовляють із сірого чавуну, а поршні – силуміну. Тому приймаємо коефіцієнт перерозподілу зносів між ними як 0,7 та 0,3. В цьому випадку величина допустимого при ремонті зносу для гільз циліндрів двигунів ММЗ буде становити – 0,071 мм, а граничного – 0,503 мм.

Для поршня двигуна ММЗ величина допустимого зносу буде становити 0,031 мм, а граничного – 0,216 мм.

По гільзам двигунів ГАЗ ці величини відповідно будуть становити 0,057 та 0,311 мм, 0,025 та 0,133 мм. Визначені допустимі та граничні при ремонті розміри гільз циліндрів двигунів ММЗ, які становлять 130,071 та 130,503 мм, а поршнів відповідно – 129,753 мм та 129,568 мм.

Для гільз циліндрів двигунів ГАЗ ці розміри будуть становити: 120,057 та 120,311 мм, а поршнів 119,795 мм та 119,687 мм.

Обґрунтовані граничні та припустимі зазори у спряженнях гільза-поршень. Для двигунів ММЗ допустима величина зазору у спряженні буде становити (+0,318 мм), а гранична (+0,935 мм), ГАЗ відповідно (+0,262 мм) та (+0,624 мм).

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що гільзи циліндрів двигунів ММЗ піддаються корозійно-механічному (окислювальному) зносу.
2. Обґрунтовані граничні та припустимі зноси дзеркал циліндрів двигунів автомобілів ГАЗ. Допустимі при ремонті зазори в спряженні поршень-гільза для двигунів ММЗ становлять 0,318 мм, а граничні – 0,935 мм. Для двигунів ГАЗ ці значення відповідно становлять – 0,262 та 0,624 мм.
3. Середній ресурс серійних гільз циліндрів становить  $t_{\text{пр}}^{\text{CP}} = 4285$  мото-годин, а його верхня та нижня межі становлять -  $t_{\text{пр}}^{\text{B}} = 3401$  та  $t_{\text{пр}}^{\text{H}} = 6016$  мото-годин.

Ресурс гільз циліндрів ММЗ, відновлених пластуванням у порівнянні з серійними гільзами зростає не менше ніж у 2 рази і його середнє значення становить  $t_{\text{пр}}^{\text{CP}} = 9500$  мото-годин, а верхня та нижня межі відповідно становлять -  $t_{\text{пр}}^{\text{B}} = 7647$ ,  $t_{\text{пр}}^{\text{H}} = 14286$  мото-годин.

4. Дослідження ремонтного фонду свідчать про те, що в ремонт надходять гільзи циліндрів двигунів ММЗ, величина зносу яких коливається в межах – від 0,1 до 0,37 мм, а середнє його значення становить  $\delta = 0,21$  мм, середнє квадратичне відхилення зносів  $\sigma = 0,05$  мм. Розсіювання зносів гільз циліндрів підпорядковується закону нормального розподілу (ЗНР).
5. Коефіцієнт відновлення гільз циліндрів двигунів ММЗ, які надходять у ремонт становить  $P_{\text{в}} = 99\%$ , а годності –  $P_{\text{г}} = 1\%$ . Це означає, що практично всі гільзи двигунів ММЗ надходять у ремонт будуть потребувати відновлення.

6. Результати досліджень використовуються для уточнення конструкторської ремонтної документації та проектування технологічного процесу відновлення гільз циліндрів двигунів ММЗ

### **3. ПРОЕКТУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РЕМОНТУ ГІЛЬЗ ЦИЛІНДРІВ ДВИГУНІВ АТОМОБІЛІВ ГАЗ**

#### **3.1. Конструкторсько-ремонтна підготовка**

##### **3.1.1. Технічні вимоги на ремонт**

По результатах досліджень уточнені технічні вимоги на ремонт гільз циліндрів двигунів сімейства ММЗ.

Згідно розробленої технічної документації ДержНДТІ величина допустимого при ремонті зносу гільз циліндрів двигунів ГАЗ становить 0,12 мм (розмір по кресленню  $O 120^{+0,02}$ , а допустимий при ремонті  $120^{+0,16}$ ).

Згідно досліджень величина допустимого при ремонті зносу гільзи циліндрів ГАЗ не повинна перевищувати 0,06 мм, тобто розмір гільзи повинен відповідати вимогам  $O 120^{+0,10}$ .

Подібна картина спостерігається і по гільзам двигунів СМД-60.

В зв'язку з цим уточнюємо карти дефектування гільз циліндрів по гільзам двигунів ГАЗ. Замість припустимого при ремонті розміру  $O 120,16$  мм, визначеного в нормах дефектації, встановлюємо розмір  $O 120,10$  мм, а по гільзам двигунів ММЗ відповідно –  $O 130,17$  мм,  $O 130,14$  мм.

### 3.1.2. Таблиці монтажних спряжень

В процесі досліджень уточнені таблиці монтажних спряжень по двигунам ММЗ (табл. 3.1).

**Таблиця 3.1**

**Таблиця монтажних спряжень**

Номер позиції	Спряжені деталі		Розмір за кресленням	Натяг (-), зазор (+), мм		
	Назва	Позначення		За кресленням	Допустимий	Граничний
1	Гільза циліндрів	60-01102.10	130 <sup>+0,040</sup>	+0,236		+0,50
	Поршень	60-03105.31	129,784 <sub>-0,040</sub>	+0,276		+0,318*

\* Значення після уточнення.

Згідно розробленої ДержНДТІ технічної документації граничний при ремонті зазор у спряженні гільза – поршень повинен становити + 0,5 мм, згідно досліджень він не повинен перевищувати 0,32 мм.

### **3.1.3. Кресленник ремонтний гільзи циліндрів двигунів ММЗ**

Основним дефектом гільз, що надходять у ремонт є спрацювання внутрішньої робочої поверхні: коефіцієнт повторюваності цього дефекту – 0,99. Цей дефект передбачається усувати пластинуванням, допустимим способом усунення встановлено – розточування гільз під ремонтний розмір. В ремонт не приймаються гільзи з тріщинами, глибокими рисками і задирами на робочій поверхні, значними викришуваннями і змінаннями нижнього краю.

Ремонт гільз здійснюється за таким технологічним маршрутом: мити; дефектувати; усувати кавітаційні руйнування (деф.4); направити (деф. 2,3); розточити (деф.1); контролювати (деф.1); пресувати (деф.1); хонінгувати (деф.1); контролювати (деф.1).

Після відновлення гільза циліндрів повинна відповідати наступним вимогам: твердість внутрішньої поверхні HB 217...255, квалітет точності 7, шорсткість робочої поверхні  $R_a$  0,63-1,25, овальність і конусність поверхні не більше 0,04 мм.

Ресурс гільз циліндрів після відновлення повинен становити не менше 150-200% від ресурсу нових, серійних гільз.

## **3.2. Технологічна підготовка ремонтного виробництва**

### **3.2.1. Аналіз методів відновлення гільз циліндрів**

Всі існуючі способи, розроблені на сьогоднішній день, відновлення і зміцнення гільз циліндрів автотракторних двигунів можна умовно розділити на дві групи: розточування під ремонтний розмір і відновлення до номінального розміру.

Для відновлення гільз циліндрів в номінальний розмір застосовуються такі способи як металізація, гальванічні способи, запресування зносостійких пластин, наплавлення на внутрішню поверхню зносостійких порошків, відновлення нагрівом. Кожний з перерахованих способів має свої достоїнства і недоліки, що обмежують його широке застосування в ремонтному виробництві.

### **Відновлення гільз циліндрів розточуванням під ремонтний розмір**

Технологія ремонту полягає в розточуванні гільзи по внутрішньому діаметру під збільшений ремонтний розмір. За розробленою технологією для ремонту застосовуються гільзи, що мають знос внутрішнього діаметру не більше 0,35 мм на діаметр і овальність зовнішніх посадочних поясоків не більше 0,14 мм. Технологія ремонту під ремонтний розмір для гартованих гільз базується на умові збереження твердості загартованого шару і після механічної обробки.

Згідно технічним умовам на виготовлення нових гартованих гільз твердість робочої поверхні повинна бути не нижче HRC 40. Проте, проведені дослідження не підтвердили наявності необхідної твердості після зняття частини загартованого шару. Так, замість необхідної твердості HRC 40, твердість коливається в межах HRC 33..36. Це викликає зниження моторесурсу відновлених гільз.

Якщо термін служби що випускаються промисловістю в запасні частини гільз циліндрів до ремонту складає 2100 мотогодин, то у відремонтованих гільз розточуванням під ремонтний розмір він: не перевищує 1260...1300 мотогодин.

### **Відновлення гільз циліндрів металізацією**

Спосіб відновлення гільз циліндрів металізацією полягає в нанесенні на заздалегідь підготовлену поверхню гільзи зносостійкого металевого шару електродуговою металізацією. Гільзи, відновлені даним способом,

відрізняються високою зносостійкістю і не поступаються новим. Проте недоліки способу відновлення обмежили практичне його застосування (табл. 1).

### **Гальванічні способи відновлення гільз циліндрів.**

Суть гальванічних способів відновлення полягає в осадженні на зношену поверхню гільзи зносостійких металів з металовмісних електролітів. Всі гальванічні способи відновлення гільз циліндрів досліджувалися з метою їх застосування при відновленні під ремонтний і номінальний розміри. Існують наступні різновиди способів відновлення гальванічними покриттями: осталювання, хромування всієї внутрішньої поверхні гільзи, пористе хромування, хромування верхньої частини гільзи, запресування хромованих втулок у верхню частину гільзи.

#### *Осталювання*

Суть відновлення гільз осталюванням полягає в осадженні на зношену поверхню гільзи сталевого шару з залізних сольових розчинів при пропусканні електричного струму через розчин.

#### *Хромування.*

Дослідження проводилися як по суцільному, так і пористому хромуванню. Хромуванню піддається як вся гільза, так і тільки верхня частина. У окремих дослідженнях застосовуються хромовані вставки.

Відновлення гільз способом хромування полягає в осадженні хрому на внутрішню поверхню гільз з хромових електролітів при пропусканні електричного струму між деталлю і електролітом.

#### *Пористе хромування*

Пористі хромові покриття можна отримувати механічним, хімічним і електрохімічним способами. Механічний спосіб полягає в накатці роликів поверхні деталі з подальшим нанесенням хромового покриття.

Хімічним способом пористість отримують шляхом того, що труїть в розбавленій соляній кислоті. Електрохімічний спосіб отримання пористого хрому полягає в анодній обробці хромового покриття в електроліті.

Хромування верхньої частини гільз циліндрів

У місці максимального зносу гільзи 1 (рис. 1) на довжині 40..50 мм внутрішньої поверхні проточується кільцева канавка глибиною 1 мм і наноситься хромове покриття 2. Далі проводиться механічна обробка під ремонтний розмір.

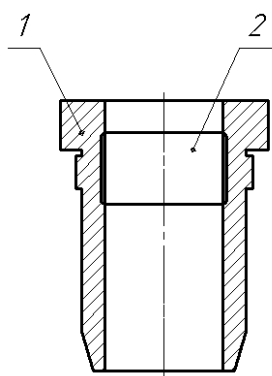


Рис. 2.1. Відновлення гільз циліндрів хромуванням верхній частині

1 - гільза; 2 - хромове покриття.

За літературними даними зменшується об'єм механічної обробки, економія електроенергії, економія хромового ангідриду 60...70% в порівнянні з способом хромування всій робочій поверхні гільзи.

Слід зазначити істотний недолік цього способу відновлення: на межі хромованої і нехромованої частин утворюється уступ, оскільки нехромована частина швидко зношується і спостерігаються випадки задирів і сколювання, поломка кілець. Спосіб відновлення не знайшов застосування у виробництві.

*Відновлення гільз циліндрів установкою хромованих вставок в верхній частині*

На рис.2. показаний спосіб відновлення установкою хромованої вставки.

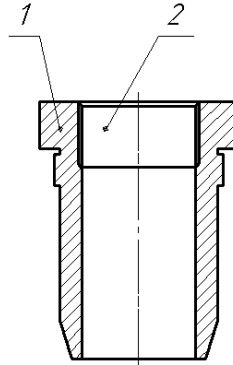


Рис. 2.2. Відновлення гільз циліндрів запресуванням хромованих вставок

1 - гільза; 2 - вставка.

Гільзи відновлюються під ремонтний розмір.

До недоліків способу відновлення слідє віднести нетехнологічність способу, оскільки важко отримати овальність до 0,03 мм, спостерігаються випадки відриву гільз. Спосіб відновлення не знайшов застосування на виробництві.

**Спосіб відновлення запресуванням зносостійких сталевих стрічок**

Спосіб відновлення розроблений доктором технічних наук І. Соболевим. Суть способу полягає в наступному. У задалегідь розточену по внутрішньому діаметру гільзу запресовують зносостійкі термооброблені стрічки, завтовшки 0,2...0,7мм, стрічки перед запресуванням формуються у пристосуванні формою внутрішнього діаметру гільзи. На рис. 3. показана схема відновлення гільзи вказаним способом.

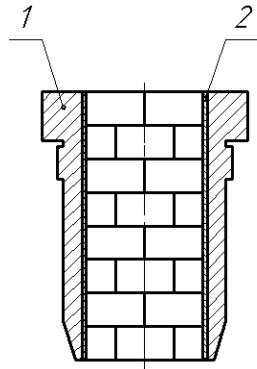


Рис. 2.3. Спосіб відновлення гільз циліндрів запресуванням зносостійких пластин; 1 - гільза, 2 - пластина.

Результати стендових порівняльних випробувань показують, що зносостійкість відновлених гільз змінними пластинами складають 87% нових.

У поршневих кілець, що працюють у парі з відновленими гільзами радіальний знос значно вище чим у кілець, що працювали про новими гільзами.

### **Спосіб відновлення наплавленням внутрішньої поверхні гільз зносостійкими порошковими матеріалами**

Заздалегідь підготовлена і знежирена по внутрішній поверхні гільза закріплюється в патроні механізму з горизонтальною віссю обертання, на внутрішню поверхню насипається порошковий матеріал, всередину гільзи вводиться індуктор і здійснюється нагрів порошкового матеріалу і гільзи, при обертанні гільзи. При досягненні заданої температури відбувається сплав порошку і матеріалу гільзи.

По літературним даним гільзи, відновлені даним способом відрізняються високої зносостійкістю і надійністю в роботі.

У літературних джерелах відсутні дані про вплив відновлених гільз на зносостійкість поршнів і кілець.

## Спосіб відновлення гільз нагрівом (термопластичне деформування - ТПД)

Суть способу полягає у зменшенні внутрішнього діаметру гільзи при швидкому нагріванні зовні і одночасному охолодженні з внутрішньої сторони.

На рис. 4 показана схема відновлення гільз циліндрів нагрівом.

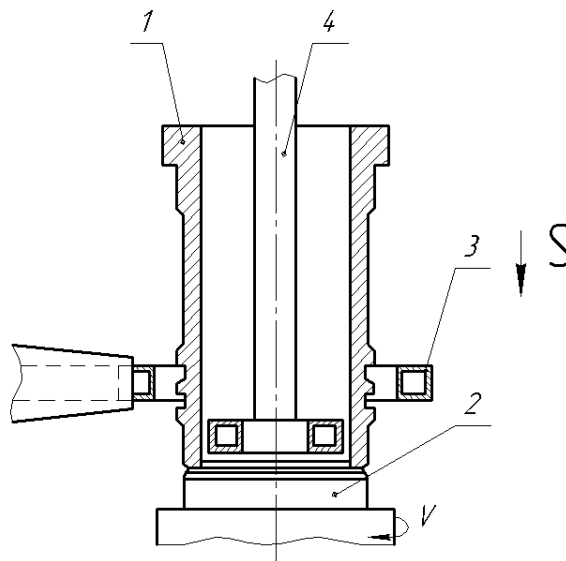


Рис. 2.4. Спосіб відновлення гільз нагрівом

1 - зношена гільза, 2 - оправляння що обертається, 3 - індуктор, 4 - спреєйер.

Зношена гільза 1 після попереднього очищення і промивання встановлюється на оправку 2, що обертається. Спочатку виконується процес безперервно-послідовного нагріву-охолодження нижньої частини гільзи на висоту 15 мм від її торця. В цьому випадку опорною поверхнею гільзи служить її верхній торець. Потім гільза перевертається (опорною поверхнею стає нижній торець) і при русі гільзи відносно індуктора 3 від низу до верху виконується нагрів її струмами високою частоти. Коли нижній торець гільзи дійде до індуктора, виконується реверс руху, вимикається подача води, що охолоджує, через спреєйер 4 і відбувається безперервно-послідовний процес нагріву-охолодження гільзи.

## Переваги та недоліки існуючих способів відновлення гільз циліндрів

№ п/п	Спосіб відновлення гільз циліндрів	Переваги	Недоліки
1.	Розточування під ремонтний розмір	<ul style="list-style-type: none"> <li>- простота технології ремонту;</li> <li>- низька собівартість;</li> <li>- технологія не вимагає спеціальних установок по нарощуванню металу</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- необхідність введення в виробництво поршнів і кілець ремонтних розмірів;</li> <li>- додаткова зайва витрата металу, внаслідок зняття частини металу при розточуванні під ремонтний розмір;</li> <li>- не передбачається виправлення геометричної форми зовнішніх посадочних поверхонь гільзи;</li> <li>- жорсткі умови на приймання в ремонт;</li> <li>- зношені гільзи ремонтного розміру підлягають стовідсотковому вибраковуванню;</li> <li>- низький ресурс розточеною гільзи (60% від рівня новою)</li> </ul>
2.	Металізація	– висока зносостійкість	<ul style="list-style-type: none"> <li>- низька надійність із-за недостатньої міцності зчеплення покриття з основним металом (130..200 кг/см<sup>2</sup>)</li> </ul>
3.	Осталювання	<ul style="list-style-type: none"> <li>-висока продуктивність (в порівнянні із способами хромування), швидкість осадження заліза на поверхність гільз досягає 0,3...0,5 мм/годину;</li> <li>- низька собівартість (в 2...3 рази нижче ніж хромування)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- низька корозійна стійкість;</li> <li>- відновлена поверхня погано піддається обробці різанням;</li> <li>- низька зносостійкість оброблених гільз (60%);</li> <li>- підвищений знос поршневих кілець при роботі</li> </ul>

## Продовження таблиці 2.1

4.	Хромування (пористе хромування, хромування верхньої частини гільз, установка хромованих вставок)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- висока зносостійкість (200...250% від рівня нових гільз);</li> <li>- висока корозійна стійкість</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- низька продуктивність;</li> <li>- погана змочуваність і припрацьовуваність хромованих покриттів, що призводить до схоплювання і задирів при роботі двигуна;</li> <li>- необхідність спорудження громіздких гальванічних цехів, обладнаних дорогим устаткуванням і очисними системами</li> </ul>
5.	Запресування сталевих стрічок	<ul style="list-style-type: none"> <li>- можливість багаторазового відновлення гільз;</li> <li>;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- висока ступінь точності виконання всіх операцій;</li> <li>- дефіцитність стрічки;</li> <li>- висока трудомісткість і собівартість</li> <li>- високий радіальний знос компресійних кілець при роботі;</li> <li>- низька зносостійкість відновлених гільз (87%) в порівнянні з новими</li> </ul>
6.	Термопластичне деформування	<ul style="list-style-type: none"> <li>- висока продуктивність способу відновлення;</li> <li>- не потрібно застосування додаткових матеріалів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- необхідність проведення додаткової термообробки (відпуску), для зняття внутрішньої напруги;</li> <li>- зміна розмірів внутрішнього діаметру гільзи після обробки, із-за неповного зняття внутрішніх напружень при відпуску;</li> <li>- низька зносостійкість відновлених гільз (87%) в порівнянні з новими</li> </ul>

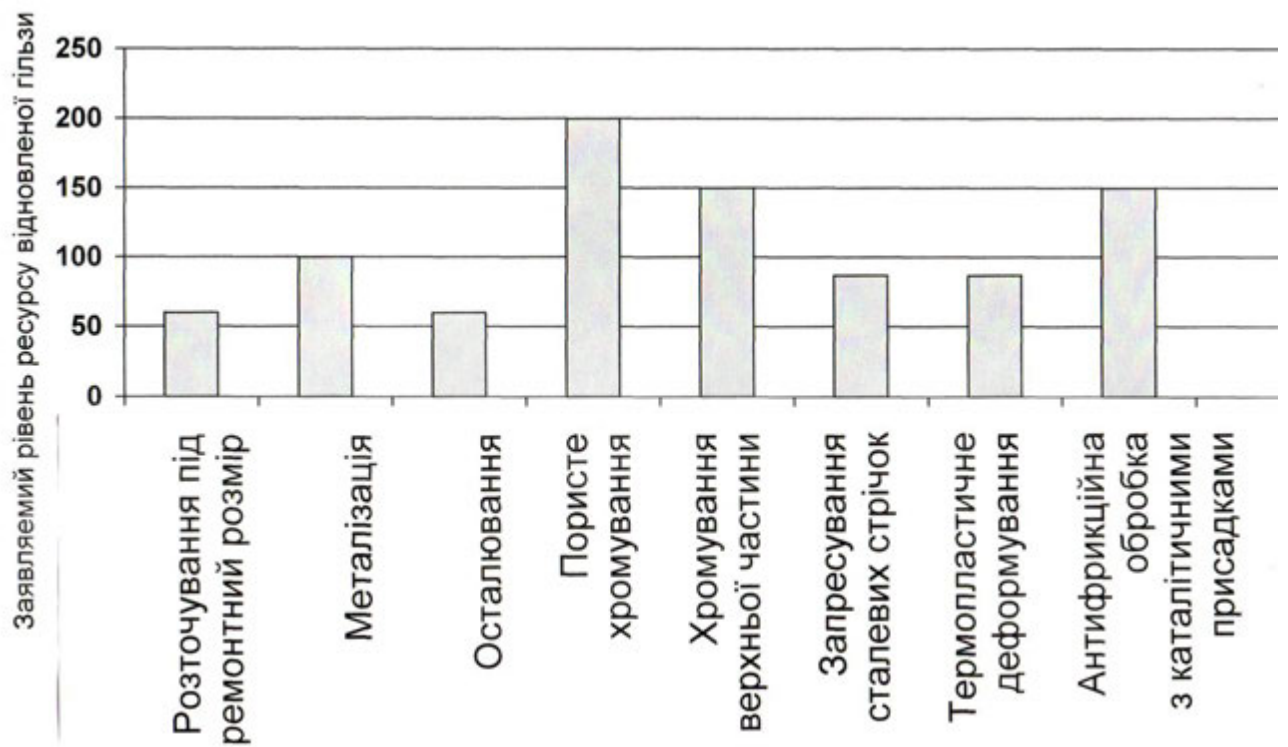


Рис. 2.5. Заявляємий рівень ресурсу для кожного способу відновлення

Не дивлячись на різноманітність розроблених способів відновлення гільз циліндрів, найбільше поширення в ремонтному виробництві отримав спосіб розточування під ремонтний розмір. Маючи значні перевагами, спосіб має і істотні недоліки, основний з них низький ресурс відновленої гільзи.

У розвиток цього способу відновлення можна запропонувати технологію фінішною антифрикційною обробки (ФАПО) робочої поверхні гільзи. Суть цього методу полягає в нанесенні на поверхню циліндра антифрикційного покриття з каталітичними присадками. У ході цього процесу на оброблювану поверхню при великому тиску і значному місцевому нагріві за допомогою спеціальних брусків наноситься багатокомпонентний склад. У результаті матеріал бруска глибоко проникає в поверхневий шар чавуну і зберігається там практично на весь час експлуатації двигуна.

Технологічний процес ФАПО має деякі особливостями, на відміну від традиційного методу розточування. Використання тришарових алмазних брусків дозволяє виключити процес розточування гільзи циліндра, з можливістю хонінгування в ремонтний розмір. Пред'являються підвищені вимоги до чистоти гільзи, тому від якості операції очищення залежатиме результат наступних операцій. Обробка антифрикційними брусками з противозадирними і каталітичними матеріалами виробляється без використання щомастильної-охолоджує рідини. Всі операції механічної обробки виробляються на одному хонінгвальном верстаті.

По результатах випробувань технологія антифрикційною обробки дозволила:

- понизити витрату моторного масла і палива на 20.30% і 4.8% відповідно;
- збільшити моторесурс двигуна на 30.50%;
- понизити цикл прироблення двигунів на 20.30%;
- понизити шум двигуна 1...2 ДБА.

Зниження витрати палива сталося за рахунок більш повного його згорання під каталітичною дією закріплених на стінках циліндрів присадок. Це дозволило понизити токсичність вихлопних газів, поліпшити експлуатаційні показники двигуна і понизити матеріальні витрати.

**Відновлення гільзи циліндрів встановленням ремонтної втулки (гільзуванням).**

Зношений циліндр можна відновити шляхом встановлення ремонтної втулки (гільзуванням). Даний спосіб застосовують і тоді, коли в циліндрі утворилися глибокі задири або пробоїни, за наявності яких традиційні розточування і хонінгування неефективні.

Ремонт методом гільзування обходиться дешевше купівлі нового двигуна.

Для відновлення двигунів з чавунними блоками застосовують втулки з зносостійких легованих чавунів, а з цільноалюмінієвими, як правило, - спеціальні алюмінієві гільзи. Основні технологічні прийоми ремонту блоків з різних матеріалів схожі і відрізняються лише в деталях.

За способом встановлення розрізняють «сухі» і «мокрі» гільзи. «Сухі» безпосередньо не контактують з охолоджуючою рідиною і тримаються в блоці за рахунок сил тертя (встановлюються у попередньо підготовлені гнізда зношених циліндрів з натягом). Вони монтується термічним способом або запресовуються «на холодну».

Гільзи другого типу омиваються охолоджуючою рідиною і можуть встановлюватися в блок (вилучатися з нього) вручну. Це спрощує процедуру ремонту двигуна і дозволяє здійснити його навіть в «польових» умовах.

Відновлення блоку починається з розточування зношених циліндрів під гільзи. Від якості цієї операції надалі залежить ресурс відновлюваного двигуна.

При розточування блоку слід, крім потрібного розміру, досягнути правильної геометрії та необхідного ступеня чистоти поверхні гнізд, інакше може виникнути при обробці спотворення циліндричної форми (конусність, діжкоподібність і т. д.) після гільзування автоматично передадуться гільзі. Для усунення небажаних відхилень при подальшій обробці (хонінгування) доведеться знімати значний шар металу, що зменшить механічну міцність гільзи (товщина її стінок, як правило, не перевищує 1,7...2,0 мм).

Крім того, після установки гільзи у неякісне гніздо між блоком і стінкою гільзи можуть утворитися повітряні пазухи, що погіршують відвід тепла від поршня.

Ось чому при використанні верстатів невисокого класу точності геометрію гнізд перед гільзуванням доводиться виправляти хонінгуванням.

## Гільзування

Існує два методи монтажу «сухих» гільз - з попередньою термообробкою і запресовування «на холодну».

У першому випадку гільзу встановлюють з натягом 50...80 мкм, забезпечивши різницю температур деталей. Для цього гільзу або блок нагрівають «м'яким» полум'ям газового пальника до 120...150 градусів, вичікують 15-20 хвилин для рівномірного розподілу тепла в тілі блоку, а потім вставляють у нього охолоджені в рідкому азоті гільзи. Після вирівнювання температур блоку і гільз останні намертво «схоплюються» з блоком. Гільзу слід вставляти на місце акуратно, але швидко. При заминці вона може на половині шляху «прихопити» до блоку, і її доведеться видаляти.

Перед установкою охолоджених гільз в гнізда останні обробляють спеціальним складом для видалення водяного конденсату. Звичайне масло використовувати не можна. Його залишки в працюючому двигуні перетворяться в смолу, яка, будучи теплоізолятором, сприятиме перегріву циліндрів.

Встановлювати «сухі» гільзи «на холодну» ремонтники-професіонали не рекомендують. По-перше, це можливо лише при невеликих натягу (до 0,05 мм), по-друге, гільзи доводиться робити товщі (2,5...4 мм), інакше її покоробить при запресовуванні.

При подальшій обробці для усунення неминучих порушень геометрії гільзи доведеться збільшувати шар металлу, що знімається. Крім того, при робочій температурі двигуна можлива деформація гільз із-за залишкових внутрішніх напружень, що виникають при запресовуванні.

## Хонінгування

Після гільзування циліндри хонінгують під розмір конкретних поршнів. Одночасно усуваються дефекти (елліпсність, конусність, діжкоподібність і т. д.), що виникають після установки гільзи. Робочій поверхні надається певний

профіль - сітка рисок глибиною близько 0,01 мм, прорізаних в поверхні і нанесених під кутом 20...60 градусів. Сітка необхідна, щоб масляна плівка краще утримувалася на поверхні циліндра, що зменшує тертя в парі поршень - циліндр.

### **3.2.2. Технологічний процес ремонту гільзи циліндрів**

Маршрутний і операційний процеси відновлення гільз пластинуванням наводиться в технологічному процесі.

Маршрутний технологічний процес складається із слідуючих операцій: мийна, дефектувальна, токарна, контрольна – 1, пресувальна, хонінгувальна, контрольна – 2, консерваційна. Для виконання цих операцій використовується слідує основне обладнання: машина мийна ОМ-4610, верстак слюсарний 24209000000, напівавтомат спеціальний токарно-гідрокопірувальний ЕМ 140АН330-3, прес гідравлічний запресовочний ПБ-326, верстат одношпindelний спецхонінгувальний ЗК83УС202А, установка консерваційна ТУ 0158-78. В технологічний процес включені операційні карти дефектування та розточування гільз (сторінки 49-50): операції виконують по холодній тарифній сітці; код виду норми в основному розрахунковий. Роботи виконуються слідуєчими робітниками: мийником III розряду, дефектувальником II розряду, токарем III розряду, контролером II розряду, слюсарем IV розряду, шліфувальником V розряду. На відновлення однієї гільзи (з урахуванням консервації) штучно-калькуляційний час становить 142 хв, в тому числі по операціях: мийна – 26 хв, дефектувальна – 12,4 хв, токарна – 35,2 хв, контрольна – 6,3 хв, пресувальна – 16 хв, хонінгувальна – 8 хв, консерваційна – 26 хв.

### **3.3. Організаційна підготовка виробництва**

#### **3.3.1. Проект ділянки для ремонту гільзи циліндрів двигуна ММЗ пластинуванням**

##### **3.3.1.1. Загальна методика проектування спеціалізованої ділянки для відновлення гільз циліндрів двигунів ММЗ**

Проектування ділянки для відновлення гільз циліндрів пластинуванням ведеться в наступній послідовності:

- визначається виробнича програма ділянки;
- визначається річна трудомісткість ремонтних операцій;
- обґрунтовується організаційний режим роботи ділянки;
- розраховуються потрібні кількості працюючих, ремонтно-технологічного обладнання, виробничих площ;
- розробляється загальна компановка та технологічна планіровка обладнання ділянок.

Річна програма ділянки визначається за об'ємом ремонтного фонду гільз двигунів ММЗ, які надходять в ремонт на Новоград-Волинський ремонтний завод.

Річна трудомісткість ремонтних робіт розраховується згідно з маршрутними та операційними картами.

Організаційний режим ділянки визначається по відомим методикам [3].

Потрібна кількість працюючих, обладнання та виробничі площі розраховуються згідно прийнятих нормативів [3].

Загальна компановка та технологічна планіровка обладнання ділянки розробляється з урахуванням вимог технологічного процесу та раціональної організації праці [3].

### 3.3.1.2. Річна програми та тип виробництва

Річна програма дільниці відновлення гільз пластинуванням обґрунтовується для умов Новоград-Волинського ремонтного підприємства. Підприємство спеціалізується на ремонті двигунів СМД-60, СМД-62.

До 1986 року на Новоград-Волинському ремонтному заводі ремонтувалося до 10 тисяч двигунів сімейства СМД. В період перебудови у зв'язку з економічними негараздами програма ремонту двигунів знизилась до 3-3,5 тис. одиниць щорічно. Починаючи з 1997 року відбувається стабілізація ремонтного виробництва. Передбачається у 2010 році довести річну програму ремонту до 4-5 тис. двигунів. Тому, орієнтуючись на перспективу, для розрахунку обираємо 7 тис. двигунів в тому числі ММЗ. Тоді програма по виробництву гільз циліндрів буде становити біля 43-45 тис. гільз.

За такої річної програми тип виробництва можна рахувати дрібносерійним.

Аналогічні розрахунки передбачаємо і для нашого проекту.

Розрахунки свідчать про те, що сумарна річна трудомісткість буде становити 22051 люд.-год. В тому числі на виготовлення пластини 2379, а відновлення гільзи – 19672 люд.-год.

### 3.3.1.4. Організаційний режим роботи дільниці

Дільниця працює в одну зміну. Номінальний річний фонд часу дільниці становить  $\Phi_n = 2070$ , а дійсний  $\Phi_9 = 1840$  люд.-год. [3].

Такт виробництва буде становити:

$$\tau = \frac{\Phi_n}{P} = \frac{2070}{43000} = 2,88 \text{ хв.} \approx 3 \text{ хв.},$$

де  $P$  – річна програма дільниці, шт.;

### 3.3.1.3. Трудомісткість ремонтних операцій

Річна трудомісткість ремонтних операцій згідно технологічному процесу наводиться в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

№	Назва операцій	Норми часу на операцію, год.	Річна виробнича програма, шт.	Обсяг робіт людино-год.
Ремонт гільзи				
1.	Доставка ремонтного фонду	0,001	43000	440
2.	Мийна	0,017	43000	731
3.	Дефектувальна	0,04	43000	1720
4.	Токарна – 1	0,105	43000	4515
5.	Контрольна	0,022	43000	930
6.	Пресувальна	0,1	43000	4300
7.	Хонінгувальна	0,125	43000	5375
8.	Контрольна – 2	0,022	43000	930
9.	Консерваційна	0,017	43000	731
Разом				19672
Виготовлення пластин				
1.	Рубати стрічку на пластини	0,003	86000	258
2.	Зібрати пластини в пакет	0,001	86000	86
3.	Шліфувати пакет з торців	0,004	86000	315
4.	Згин пластини в прес-формі	0,02	86000	1720
Разом				2379
Загалом				22051

$\Phi_H = 2070$  – дійсний фонд часу дільниці.

Протяжність ремонтного циклу згідно маршрутної карти становлять:

$$t_{\text{ц}} = 142 \text{хв.} = 2 \text{год.} 22 \text{хв.}$$

Фронт робіт:

$$f = \frac{t_{\text{ц}}}{\tau} = \frac{142}{3} = 47,3 \text{шт.}$$

Розмір виробничої партії для даних умов буде становити 50 гільз.

### **3.3.1.5. Розрахунок потрібної кількості працюючих, визначення потрібної кількості обладнання та виробничих площ**

Кількість працюючих на ділянці пластинування визначається за наступними формулами:

$$\text{явна кількість робочих } m_{\text{я}} = \frac{T_{\text{р}}}{\Phi_{\text{н}}};$$

$$\text{списочна кількість робочих } m_{\text{с}} = \frac{T_{\text{р}}}{\Phi_{\text{д}}},$$

де  $T_{\text{р}}$  – річний обсяг робіт в розрізі операцій;

$\Phi_{\text{н}}$ ,  $\Phi_{\text{д}}$  – номінальний і дійсний фонди часу робочого [3].

Результати розрахунку чисельності робочих на ділянці пластинування гільз наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

## Чисельність робочих на ділянці пластинування гільз циліндрів

Операція	T <sub>р</sub> , люд.-год.	Ф <sub>д</sub> , год.	Ф <sub>н</sub> , год.	m <sub>я</sub>	m <sub>с</sub>	Число робочих прийняте
<b>Ремонт гільз</b>						
1. Мийна	731	2070	1840	0,35	0,39	1
2. Дефектувальна	1720	2070	1840	0,83	0,93	1
3. Токарна	4515	2070	1840	2,2	2,4	2
4. Контрольна	1860	2070	1840	0,88	1	1
5. Пресувальна	4300	2070	1840	2,1	2,3	2
6. Хонінгувальна	5375	2070	1840	2,6	2,9	3
7. Консерваційна	731	2070	1840	0,35	0,39	-
<b>Виготовлення пластин</b>						
1. Рубка стрічки на пластини	258	2070	1840	0,12	0,14	-
2. Збирання пластини в пакет	86	2070	1840	0,04	0,05	-
3. Шліфування пакета	315	2070	1840	0,15	0,17	-
4. Згин пластин в прес-формі	1720	2070	1840	0,83	0,93	1

Вважається доцільним сумістити операції миття, консервації та доставки ремонтного фонду, поклавши цей обов'язок на слюсаря II розряду, а також рубку, збирання і шліфування стрічки та згинання пластин призначити слюсаря IV розряду. Остаточна кількість робітників із зазначенням їх розряду наведена в штатній відомості (таблиця 3.6).

Таблиця 3.6

## Штатна відомість робітників дільниці

Професія	Розряд					
	I	II	III	IV	V	VI
Слюсар		1		3		
Дефектувальник						1
Токар				2		
Контролер		1				
Шліфувальник				3		
Майстер дільниці						1
Разом	12					

Кількість одиниць обладнання на виробничій дільниці пластування деталей визначається за формулою:  $m_{\text{обл}} = \frac{T_p}{\Phi_{\text{обл}}}$

де  $\Phi_{\text{ол}}$  – річний фонд часу роботи обладнання. Дані по розрахунку необхідної кількості обладнання наводяться в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

## Обладнання необхідне для дільниці пластинування гільз циліндрів

Операція	Назва одиниці обладнання	Т <sub>р</sub> , год.	Ф <sub>обл</sub> , год.	Кількість одиниць обладнання	
				Розрахункова	Прийнята
Очищення від асфальто-смолистих забруднень	Машина мийна ОМ-4610	731	2010	0,364	1
Розточування отвору	Алмазно-розточний верстат 2Е78ПН	4515	2030	2,22	2
Облицювання гільзи пластиною	Гідравлічний прес Пб-326	4300	2030	2,12	2
Хонінгування	Вертикально-хонінгувальний верстат 3К83УС202А	5375	2030	2,64	3
Консервація	Установка консерваційна	731	2010	0,36	1
Різання стрічки	Механізовані ножиці	258	2030	0,12	1
Шліфування торців	Плоскошліфувальний верстат 3Г-71	315	2030	0,15	1
Згортання пластин	Механізована прес-форма спеціальна	1720	2030	0,83	1

Згідно розрахунку приймаємо такі види та кількість обладнання для відновлення гільз циліндрів:

машина мийна ОМ-4610 ГОСНИТИ – 1 шт.;  
алмазно-розточний верстат 2Е78ПН – 2 шт.;  
гідравлічний прес Пб-326 – 2 шт.;  
хонінгувальний верстат марки ЗК83УС202А – 3 шт.;  
установка консерваційна ГОСНИТИ – 1 шт.

Для виготовлення пластини застосовується таке обладнання:

ножиці механізовані спеціальні – 1 шт.;  
плоско-шліфувальний верстат ЗГ-71 – 1 шт.;  
механізована прес-форма – 1 шт.

Обладнання на лінії виготовлення пластин, внаслідок недовантаження, передбачено використовувати для виконання робіт не пов'язаних з відновленням гільз двигунів.

Технічна характеристика, розміри технологічного обладнання наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

## Технічна характеристика обладнання

Назва обладнання	Тип та марка	Основні технічні дані	Кількість на ділянці	Площа під обладнання	Споживана потужність, кВт	Площа загальна, м <sup>2</sup>
Машина мийна	ОМ-4610	160 кг/год	1	4,2	2,2	4,2
Верстак слюсарний	24209000000	-	2	4,2	-	8,4
Розточний верстат	2Е78ПН	Діаметр розточування 65-165 мм	2	5,4	2,2	10,8
Прес	П6-326	40-80 МПа	2	3,5	3,6	7
Вертикально-хонінгувальний верстат	3К83УС202А	Діаметр розточування 30-165 мм	3	4,0	3	12
Консерваційна установка		-	1	4,2	1,6	4,2
Механізовані ножиці	спеціальні	-	1	0,9	0,8	0,9
Шліфувальний верстат	3Г-71	-	1	2,2	2,2	2,2
Матриця формування пояса	спеціальна	-	1	0,9	0,4	0,9

Виробничі площі на ділянці пластинування можна розрахувати за:

- кількістю працюючих;
- кількістю умовних ремонтів;
- площами, які займає технологічне обладнання.

В проекті розрахунок виробничих площ здійснюється по площі ремонтно-технологічного обладнання згідно залежності:

$$F_{\text{д}} = \sum_{i=1}^n F_{\text{о}} \cdot \sigma ,$$

де  $F_{\text{д}}$  – площа ділянки,  $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{о}}$  – площа, яку займає обладнання,  $\text{м}^2$ ;

$\sigma$  - перехідний коефіцієнт.

Результати розрахунків наводяться в таблиці 3.9.

**Таблиця 3.9**

**Розрахунок виробничих площ ділянки**

Операція	Обладнання	Кількість, шт.	Площа облад- нання, $\text{м}^2$	Пере- хідний коєфі- цієнт	Загальна площа, $\text{м}^2$
1	2	3	4	5	6
Ремонт гільз					
Мийна	ОМ-4610	1	4,2	4	16,8
Дефектувальна	-	1	-	-	18
Токарна	2Е78ПН	2	5,4	4	43,2
Контрольна	-	1	-	-	16,8
Пресувальна	П6-326	2	3,5	4	28

**Продовження таблиці 3.9**

1	2	3	4	5	6
Хонінгувальна	ЗК-83У	3	4,0	4	48
Консерваційна	-	1	4,2	4	16,8
Разом					
Виготовлення пластин					
Механізовані ножиці	-	1	0,9	4	3,6
Шліфувальний верстат	ЗГ-71	1	2,2	4	8,8
Формування поясу	-	1	0,9	4	3,6
Разом					16
Всього					203,6

Перехідні коефіцієнти та значення площ відповідного технологічного обладнання наведені в літературі [18] ст. 45, [19] ст. 22.

Розрахунок свідчить, що загальна площа дільниці буде становити 204 м<sup>2</sup>, в тому числі на обладнання по виготовленню пластин припадає 16 м<sup>2</sup>.

### **3.3.1.6. Технічна планіровка дільниці**

Планування дільниці по відновленню гільз циліндрів розроблено з урахуванням забезпечення поточності виробництва. Прийнята планіровка виключає зустрічні і поперечні потоки об'єкта виробництва. Технологічний процес починається з миття гільз, яке здійснюється на робочому місці, дефектування, розточування, пресування. Виготовлення пластин для відновлення гільз здійснюється на робочому місці. Пластини надходять на робоче місце, де здійснюється їх запресування в гільзи. Пластинові гільзи піддаються хонінгуванню на робочих місцях. Прохонінговані гільзи

контролюються на робочому місці і піддаються консервації на робочому місці.

Робота РТО і виробничих робітників пов'язується підлоговим конвейером, за допомогою якого гільзи подаються на відповідні робочі місця. Застосування конвейера значно економить робочий час на транспортування гільз та скорочує витрати часу на підйомно-розвантажувальні роботи. Гільзи на дільницю відновлення надходять в спеціальних контейнерах – сортовиках. Кожен контейнер розраховано на один комплект гільз (6 штук).

### **3.4. Перевірка умови нерухомості пояса пластини, встановленої в гільзу циліндрів**

Для виконання функції захисту деталі від зношування, пластина повинна знаходитись в стані нерухомого контакту з гільзою. Для цього всі сили, що діють на пластину повинні знаходитись у рівновазі. Перевірка нерухомості пластини виконується за нерівністю:

$$P_c - P_y \leq 0,$$

де  $P_c$  – сумарна сила, що прагне змістити пластину;

$P_y$  – утримуюча сила, що утримує пластину в нерухомому стані.

Розглянемо складові сили зміщення  $P_c$ :

$$P_c = T_{\Pi} + P_t + P_s,$$

де -  $T_{\Pi}$  – сила тертя між поршнем та пластиною;

$P_t$  – сила, що виникає між поверхнею гільзи та поршнем внаслідок появи задирів на робочій поверхні;

$P_s$  – сила від дії тиску газів на площину торців пластини.

Основним фактором зсуву пластини буде дія поршня, що знаходиться в спряженні з пластиною і тисне на неї з силою  $P_{\Pi}$ , рухаючись зі швидкістю  $v$ . В цьому випадку між поршнем і пластиною виникає сила тертя, яку можна визначити за формулою:

$$T_{\Pi} = P_{\Pi} \cdot S \cdot f, \text{ Н},$$

де -  $P_{\Pi}$  – тиск, з яким притискається поршень до гільзи, ( $P_{\Pi} = 14 \text{ Мпа}$ );

$S$  – площа контакту спряженої деталі;

$f$  – коефіцієнт тертя в спряженні поршень – металева пластина ( $f = 0,03 \dots 0,05$ );

$$S = H \cdot L,$$

де  $H = 110 \text{ мм}$  – висота поршня;

$L = \pi D = 3,14 \cdot 130 = 408 \text{ мм}$  – довжина кола з номінальним діаметром.

Отже,  $S = 110 \cdot 408 = 44880 \text{ мм}^2 = 0,045 \text{ м}^2$ ;

Тоді  $T_{\Pi} = 14 \cdot 10^6 \cdot 408 \cdot 10^{-3} \cdot 110 \cdot 10^{-3} \cdot 0,04 = 25132 \text{ (Н)}$ ;

Сила  $P_t$  – що викликана задирами на робочій поверхні визначається за залежністю:

$$P_t = \sigma_a \cdot S_t \cdot Z, \text{ (Н)}$$

де  $\sigma_a$  – межа міцності на стискання матеріалу; для сталі У-8, У-10,  $\sigma_a = 4400 \dots 4800 \text{ МПа}$ ;

$S_t$  – площа перерізу однієї задири,  $S_t = a \cdot b$ , де  $a$  і  $b$  – відповідно ширина і глибина риски. Досліди показали, що для дизельних двигунів  $a \approx 0,4 \dots 0,6 \text{ мм}$ ;  $b = 0,75 \text{ мм}$ ;

$Z$  – найбільше можливе число рисок ( $Z = 1 \dots 3$ ).

Тоді  $P_t = 4600 \cdot 10^6 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,75 \cdot 10^{-3} \cdot 2 = 3450 \text{ (Н)}$ .

Сила від тиску газів, що діють на торець пластини ( $P_s$ ) визначається за формулою:

$$P_s = q \cdot S_k, \text{ (Н)}$$

де  $q$  – питомий тиск газів на площу торця ( $q = 18$  МПа);

$S_k$  – площа торця пластини.

$$S_k = \pi R_2^2 - \pi R_1^2 = \pi(R_2^2 - R_1^2) = 3,14 \cdot (130,6^2 - 130^2) = 491 \text{ мм}^2 = 491 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2.$$

$$\text{Тоді } P_s = 18 \cdot 10^6 \cdot 491 \cdot 10^{-6} = 8838 \text{ (Н)}.$$

Отже, сумарна сила, що прагне змістити пластину становить

$$P_c = 25132 + 3450 + 8838 = 37420 \text{ (Н)}.$$

Сила, що утримує пластину від зміщення, складається

$$P_y = T_1 + T_2 + T_3 + T_4, \text{ (Н)},$$

де  $T_1$  – сила тертя, що утримує пластину внаслідок дії нормального тиску  $P_1$  пружно зігнутої пластини ( $P_1 = 0,25$  МПа);

$T_2$  – сила тертя, обумовлена пружним радіальним стиском для посадки пластини в гільзу з натягом, Н;

$T_3$  – сила тертя, що виникає від дії спряженого тіла і притискає пластину;

$T_4$  – сила тертя від дії тиску газів на робочу поверхню, даною величиною можна знехтувати, оскільки вона залежить від координат поршня.

$$T_1 = P_1 S f, \text{ (Н)},$$

де  $S$  – площа контакту пластини з гільзою.

$$S = \pi Dh = 3,14 \cdot 130 \cdot 10^{-3} \cdot 200 \cdot 10^{-3} = 0,17 \text{ м}^2.$$

$f = 0,07 \dots 0,12$  – коефіцієнт тертя між сталлю та чавуном;

$$T_1 = 0,25 \cdot 10^6 \cdot 0,17 \cdot 0,1 = 4250 \text{ (Н)}.$$

$$T_2 = P_2 \cdot S \cdot f, \text{ (Н)},$$

де  $P_2$  – рівномірно розподілений тиск на гільзу від запресованої з натягом пластини,  $P_2 = 0,4$  МПа.

$$P_2 = 0,4 \text{ МПа}.$$

$$T_2 = 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,17 \cdot 0,12 = 8160 \text{ (Н)}.$$

$$T_3 = mP_3 \cdot S_{\text{п}} \cdot f, \text{ (Н)},$$

$$mP_3 = 0,4 \cdot P_n = 0,4 \cdot 14 = 5,6 \text{ МПа.}$$

$S_n$  – площа прилеглої частини поршня,  $m^2$  ( $S_n = 60 \cdot 10^{-3} \cdot 408 \cdot 10^{-3} = 0,024$ );

$f$  – коефіцієнт тертя для спряження пластина – поршень ( $f = 0,03 \dots 0,05$ );

$$T_3 = 5,6 \cdot 10^6 \cdot 0,024 \cdot 0,04 = 54835 \text{ (Н).}$$

Отже, сумарна утримуюча сила становить

$$P_y = 4250 + 8160 + 54835 = 67245 \text{ (Н).}$$

### 3. 5. Визначення сили запресування пластини

Зусилля запресування пластини ( $P$ ) визначається, виходячи з двох умов:

- достатності для запресування з необхідною силою тертя;
- обмеження сили запресування для збереження торців від зминання.

Згідно зазначених вимог зусилля визначається з тотожності

$$T \leq P \leq 2\pi(R + h) \cdot h \cdot [\sigma_a],$$

де  $T$  – сила тертя, що виникає між пластиною та гільзою під час запресування.

$$T = [p]2\pi R_p b [f] = 67245 \text{ (Н).}$$

$R$  – номінальний радіус отвору, мм ( $R=65$ );

$h$  – товщина пластини, мм ( $h=0,6$ );

$[\sigma_a]$  – межа міцності на стиск, МПа ( $[\sigma_a]=4600$ ).

$$2\pi(65 \cdot 10^{-3} + 0,6 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,6 \cdot 10^{-6} \cdot 4600 \cdot 10^6 = 724224 \text{ (Н).}$$

Отже, сила запресування  $P$  знаходиться в межах від 67,275 до 724,224 кН.

### 3.6. Визначення діаметра отвору та розмірів пластини для пластинування гільз двигунів

Для виконання розрахунку потрібно мати наступні вихідні дані:

– номінальний діаметр робочої поверхні з допусками і відхиленнями ( $D \pm \Delta D$ );

– допустимі відхилення форми отвору;

– шорсткість робочих поверхонь.

1. Розмір отвору, підготовленого для пластинування, визначається довжиною  $L_p$  та діаметром  $D_p$ .

Довжина оброблюваного отвору  $L$ , як правило, дорівнює довжині циліндра.

Для гільз циліндрів довжина оброблюваного отвору  $L_p = S + H - L'_p$ ,

де  $S$  – хід поршня;

$H$  – висота ущільнюючої частини поршня;

$L'_p$  – довжина упорного бурта.

Для двигуна ММЗ  $L_p = 140 + 60 = 200$  (мм).

Для отвору, оброблюваного для пластинування визначається в два етапи.

Спочатку розраховують приблизне значення діаметра  $D'_p$  – модуль діаметра  $D_p$ .

$$D'_p = D + 2h \text{ (мм)},$$

де  $D$  – номінальний діаметр робочої поверхні отвору, мм;

$h$  – товщина пластини, мм.

Номінальні діаметри гільз нам відомі, а товщина пластин вибирається із числа стандартних товщин холоднокатаної стрічки за правилом:

$$h_{\min} < h < h_{\max},$$

де  $h_{\min}$  – найменше припустиме значення  $h$  за умовою експлуатації деталі;

$h_{\max}$  – найбільш допустиме значення  $h$  за умов можливості здійснення технологічного процесу облицювання отвору пластиною.

Найменше значення товщини пластин визначають із умови, що під час експлуатації під дією робочого тіла або тертя, пластина поступово зношується і її товщина зменшується на величину  $j$ , при досягненні якої деталь перестав виконувати свою функцію.

Очевидно, що найменша товщина  $h_{\min}$  повинна дорівнювати або ж перевищувати граничний знос  $j$  робочої поверхні. Враховуючи нерівномірність зношування циліндричної поверхні деталі, на практиці приймають

$$h_{\min} = (1,5 - 2,0) \cdot j,$$

де  $j$  – граничний знос, що розраховано в пункті 2.3.2.

$$h_{\min} = (1,5 \dots 2,0) \cdot 0,35 = 0,525 \dots 0,7 \text{ (мм)}.$$

Вибираємо  $h_{\min} = 0,6$  мм.

При визначенні найбільшого значення товщини пластини слід виходити з того, що пластинування можна здійснити, якщо матеріал пластини і її товщина дозволяє згин до кривизни отвору. За теорією опору матеріалу це можна записати так:

$$h = 2\sigma_r (1 - \mu) / (\rho E),$$

де  $\sigma_r$  – кільцева напруження в зігнутій пластині;

$E$  – модуль пружності матеріалу пластини;

$\rho$  – кривизна робочої поверхні,  $\rho = 1/r$ ;

$\mu$  – коефіцієнт Пуансона матеріалу пластини.

Найбільше значення товщини пластини, очевидно, буде, якщо замість напруження підставити максимальне нормативне значення міцності на розрив матеріалу пластини  $[\sigma_2]$ , а кривизна отвору взята у вигляді

$$\rho = 2 / (D + 2 h_{\min});$$

$$h_{\max} = [\sigma] (1 - \mu^2) (D + 2 h_{\min}) / E.$$

Параметри рівняння  $\sigma_2$ ,  $\mu$ ,  $E$  залежать від матеріалу, з якого виготовлена стрічка.

Для двигунів, гільзи циліндрів яких працюють у важких умовах (тиск  $P = 8$  МПа, температура  $T = 180-200^\circ\text{C}$ ), рекомендовані матеріали для пластин – сталь У-8, У-10.

$$[\sigma_r]_{\max} = 534 \cdot 10^6 \text{ Па}; E = 2 \cdot 10^6 \text{ кг/см}^2 = 2 \cdot 10^4 \text{ кг/мм}^2; \mu = 0,25.$$

$$\text{Тоді } h_{\max} = 534 \cdot 10^6 (1 - 0,25^2) \cdot (130 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3}) / 2 \cdot 10^6 = 32841 \cdot 10^6 \text{ м.}$$

$$\text{Отже } h_{\max} = 0,033 \text{ м} = 33 \text{ мм.}$$

Вибір товщини пластини виконується із умови  $h_{\min} \leq h \leq h_{\max}$  та стандартного ряду величин розмірів холоднокатаної сталеві стрічки (табл. 3.10).

На другому етапі визначаємо точну величину діаметра отвору  $D_p$ , обробленого під пластинування, шляхом внесення в модуль  $D'_p$  поправок на деформацію при запресуванні та на обробку.

$$D'_p = D + 2h = 130 + 2 \cdot 0,6 = 131,2 \text{ мм};$$

$$D_p = D'_p - 2(0,5 T_h + t) + \lambda_1 - \lambda_2 - 1,2(R_{z1} + R_{z2}).$$

де  $T_h$  – допуск на товщину пластини; для стрічки виконаної з високою точністю  $T_h = 0,02$  мм;

$\lambda_1$  – зменшення діаметра  $D_p$  робочій поверхні деталі внаслідок постановки пластини з натягом,  $\lambda_1 = 0,011$ ;

$\lambda_2$  – зменшення діаметра  $D_p$  після встановлення згорнутої пластини з натягом,  $\lambda_2 = 0,02$ ;

$t$  – припуск на обробку пластини, встановленої в деталь, на сторону;

$R_{z1}$ ,  $R_{z2}$  – параметри шорсткості пластини і поверхні гільзи відповідно,

$$R_{z1} + R_{z2} = 4,2 (R_{a1} + R_{a2})$$

$R_{a1} = 0,8$  згідно паспортних даних сталеві холоднокатаної стрічки;

Таблиця 3.10.

## Характеристика сталеві стрічки

Стрічка	Розміри		ГОСТ	
	товщина	ширина	на сталь	на стрічку
Пружинна холоднокатана термообробка	0,05-1,3	5-100	1050-74 14959-79	21996-76
Вуглецева холоднокатана для холодної штамповки та інших цілей (різана)	0,5-3,2	100-500	380-71 1050-74	19851-74
Вуглецева якісна холоднокатана загального призначення	0,1-3,0	4-300	1050-74	2284-79
Корозійна і жаростійка високолегована холоднокатана	0,05-2,0	20-600	5632-72 4986-79	4986-79
Інструментальна і пружинна холоднокатана для пружин, вимірювальних стрічок, лез до безпечних бритв	0,08-3,0	4-240	1050-74 1435-74 5950-73 14959-79	2283-79
Із прецизійних із заданим коефіцієнтом теплового розширення	0,02-2,5	-	10997-74 14080-78	14080-78
Інструментальна і пружинна для пружин, деталей машин	0,1-1,0	16-80	1050-74 1435-74	14117-85

Отже, обираємо пластину товщиною  $h = 0,6$  мм з холоднокатаної сталі У-8.

$R_{a2} = 3,2$  – залежність від методу обробки гільзи (алмазне розточування).

$$\begin{aligned} \text{Тоді } D_p &= D'_p - 2(0,5 T_h + t) + \lambda_1 - \lambda_2 - 1,2(R_{z1} + R_{z2}) = \\ &= 131,2 - 2(0,5 \cdot 0,02 + 0,02) + 0,011 - 0,02 - 5(0,8 + 3,2) = 131,322 \text{ мм.} \end{aligned}$$

2. Ширина пластини  $B$  визначається, виходячи із слідуючих міркувань: потрібно прагнути до того, щоб на поверхню встановлювався один пояс, тобто, щоб ширина пластини дорівнювала довжині отвору  $B = l_p$ , мм.

Вибираємо для гільзи циліндрів двигуна ММЗ стандарту ширину пластини  $B = 100$  мм; поясів у цьому випадку буде 2.

3. Довжина пластини  $L$  визначається за формулою

$$L = \pi(2r + N_0) + 0,5 T_L = \pi(D_p - (h - 0,5) T_h + N_0) + 0,5 T_L \text{ мм,}$$

де  $T_h$  – допуск товщини пластини;

$T_L$  – допуск довжини пластини;

$N_0$  – натяг (різниця зовнішнього діаметра згорнутої у втулку і ще радіально не стиснутої пластини і діаметра отвору, обробленого для постановки пластини).

$$N_0 = p D_p (C_1 / E_1 + C_2 / E_2),$$

де  $p$  – тиск пластини на стінку,  $p = 21 \text{ кг/см}^2$ ;

$C_1$  і  $C_2$  – коефіцієнти Ляме відповідно для пластини і гільзи (вказані в таблиці 4.2).

$$D / D_p = 130 / 131,322 = 0,9; \mu_1 = \mu_2 = 0,25.$$

Отже  $C_1 = 9,28$  і  $C_2 = 9,78$ .

Тоді  $N_0 = 0,23 \cdot 131,322 \cdot (9,28 / 2 \cdot 10^4 + 9,78 / 1 \cdot 10^4) = 0,03$  (мм).

Довжина пластини в цьому випадку становить

$$L = \pi(131,322 - (0,7 - 0,5) \cdot 0,02 + 0,04) + 0,5 \cdot 0,08 = 412,713 \text{ (мм).}$$

Таблиця 3.11

Коефіцієнти Ляме  $C_1$  і  $C_2$ 

$D / D_p$	$\mu_1 = \mu_2 = 0,3$		$\mu_1 = \mu_2 = 0,25$		$D / D_p$	$\mu_1 = \mu_2 = 0,3$		$\mu_1 = \mu_2 = 0,25$	
	$C_1$	$C_2$	$C_1$	$C_2$		$C_1$	$C_2$	$C_1$	$C_2$
0,0	0,70	1,3	0,75	1,25	0,5	1,37	1,97	1,42	1,92
0,1	0,72	1,32	0,77	1,27	0,6	1,83	2,43	1,88	2,37
0,2	0,78	1,38	0,83	1,33	0,7	2,62	3,22	2,67	3,17
0,3	0,89	1,49	0,95	1,45	0,8	4,25	4,85	4,30	4,80
0,4	1,08	1,68	1,13	1,63	0,9	9,23	9,83	9,28	9,78

**Примітка:** тут  $\mu_1, \mu_2$  – коефіцієнти Пуасона матеріалів пластини і деталі.

## 4. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ НА ДІЛЬНИЦІ ВІДНОВЛЕННЯ.

### 4.1. Загальні відомості

Охорона праці – обов’язковий і важливий елемент організації виробництва. В даний момент потрібно забезпечити високий рівень охорони праці на виробництві в тому числі і ремонтному.

Особливо необхідно приділяти усуненню факторів, які призводять до виробничого травматизму, а також впровадження комплексу заходів по навчанню трудового колективу аспектам охорони праці і техніки безпеки.

Характерною особливістю сільськогосподарського виробництва є те, що більшість робіт виконується в умовах, де діють атмосферні фактори. Крім цього, у робочу зону часто потрапляє значна кількість шкідливих речовин. При зростанні рівнів, концентрації, інтенсивності і періоду дії понад гранично допустимі межі вони шкідливо діють на організм людини, а в деяких випадках загрожують її життю.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин — це такі їх концентрації у повітрі робочої зони, які при щоденній роботі (крім вихідних днів) протягом 8 год. або іншій тривалості, але не більше як 41 год. на тиждень, у віддалені строки життя сучасного й наступних поколінь не можуть спричинити захворювань чи змін у стані здоров'я, виявлених, сучасними методами досліджень.

Розрізняють ГДК речовин у повітрі населених пунктів, робочої зони, водоймах тощо. їх визначають спеціальними науковими дослідженнями і затверджують у вигляді державних санітарних норм і стандартів.

Наприклад, гранично допустимі концентрації (мг/м<sup>3</sup>) речовин і матеріалів, регламентованих СН 245—71 і ГОСТ 12.1.005—88, такі: для сірчаної кислоти — 1, соляної кислоти — 5, аміаку і оксиду вуглецю — 20,

ацетону — 200, бензину паливного у перерахунку на «С» — 100, спирту метилового — 5, спирту етилового — 1000, ртуті металічної — 0.01, хлору - 1, зернового пилу (незалежно від вмісту  $SiO_2$ ) — 4, пилу доломіту, вапняку — 6, кам'яного вугілля (вміст  $SiO_2$  менш як 2 %) — 10, льону, бавовни, вовни ( $SiO_2$  більш як 10%) — 2, скляного волокна — 4, цементу, апатитів, глини — 6.

Існують державні норми допустимих рівнів, і значень інших шкідливих виробничих факторів, наприклад шуму, вібрацій, різних випромінювань.

Створити нормативні умови праці у сільському господарстві можна лише за умови повного усунення шкідливого впливу на організм людей різних виробничих факторів. Безпосередньо у господарствах це завдання здійснює служба безпеки праці разом з керівниками, місцевими медичними працівниками, спеціалістами, працівниками санітарно-епідеміологічної служби району, керуючись положеннями і нормами виробничої санітарії та гігієни праці.

Санітарні норми і положення широко застосовують при проектуванні різних технологій, виробничих процесів, систем та при організації робочих місць.

Виробнича санітарія — це система організаційних заходів і технічних засобів, що запобігають або зменшують дію шкідливих виробничих факторів.

До організаційних заходів відносять організацію праці на робочих місцях, організацію та проведення навчання працюючих з питань правильного застосування речовин, що можуть забруднювати повітря робочої зони, організацію постійного контролю за дотриманням санітарних норм і правил при зберіганні й застосуванні речовин, матеріалів тощо.

Для боротьби із шкідливими виробничими факторами застосовують технічні засоби: нагрівні, опалювальні, освітлювальні та вентиляційні установки, кондиціонери, засоби сигналізації про появу в повітрі шкідливих речовин, технічні засоби боротьби з шумом, вібраціями, шкідливими

випромінюваннями тощо, а також прилади для контролю параметрів повітряного середовища та інших санітарних норм на виробництві.

Гігієна праці — галузь, що вивчає трудову діяльність людини і виробниче середовище, у якому вона відбувається, їх вплив на організм та розробляє санітарно - гігієнічні заходи, спрямовані на створення сприятливих і здорових умов праці й підвищення її продуктивності.

Особиста гігієна — це комплекс індивідуальних заходів для кожного працівника під час виконання певної роботи на виробництві і в побуті з метою профілактики можливих захворювань чи отруєнь. Це такі заходи, як режим харчування, утримання в належному стані спецодягу, білизни, захисних засобів, власного тіла, обов'язкове миття рук та всього тіла, своєчасна заміна одягу (білизни), полоскання ротової порожнини спеціальними розчинами чи водою, промивання очей тощо.

Обов'язковою умовою для ліквідації травматизму на виробництві є широке застосування засобів індивідуального захисту.

Пожежна профілактика — комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпеки людей, запобігання пожежам, обмеження її поширення, а також створення умов для успішного гасіння пожежі.

Пожежна профілактика є основним комплексом заходів у системі запобігання пожежам, до виконання яких безпосередньо на сільськогосподарських підприємствах, господарствах та окремих виробництвах залучаються як державні органи пожежного нагляду, так і керівники всіх рівнів: господарств (підприємств), галузей, окремих цехів, виробничих підрозділів, служб, виробництв та індивідуальні власники. Крім цього, заходи пожежної профілактики здійснюють пожежні служби (підрозділи) господарств, інженери з охорони праці та безпосередні працівники на робочих місцях. До проведення заходів пожежної профілактики причетні і органи місцевого самоуправління.

До основних заходів пожежної профілактики належать: обстеження господарств (підприємств), відділень, бригад, цехів, дільниць і окремих виробництв на дотримання в них правил пожежної безпеки; забезпечення об'єктів і робочих місць первинними засобами гасіння пожеж, інструкціями з пожежної безпеки, плакатами, необхідною літературою; пропаганда пожежної безпеки (лекції, семінари, кінофільми тощо).

Обстеження господарств і окремих виробництв здійснюють органи державного пожежного нагляду відповідно до існуючих положень, постанов і законів та інших нормативних документів, що регламентують діяльність цих служб.

Окремі виробництва (дільниці), робочі місця, мобільну і стаціонарну сільськогосподарську техніку, виробниче обладнання обстежує інженер з охорони праці, пожежно-технічна комісія підприємства та інші службові особи. При цьому перевіряються наявність осіб, відповідальних за пожежну безпеку, які затверджені керівними органами підприємств; виконання зобов'язань, внесених органами пожежного нагляду; стан пожежної безпеки територій, боєздатність пожежних формувань (ДПД і ПСО); забезпеченість окремих місць і мобільної техніки первинними засобами пожежегасіння; стан готовності пожежної техніки та інших засобів, призначених для гасіння можливих пожеж; стан пожежного водопостачання, вентиляційних установок, пожежної автоматики й сигналізації, організацію чергування в пожежному депо та його обладнання; дотримання правил протипожежного режиму на об'єктах тощо.

У процесі обстеження встановлюють відповідність об'єктів типовим нормам і правилам, вимогам пожежної безпеки (будівлі ферм, кормоцехів, складів зберігання паливо-мастильних матеріалів, мінеральних добрив, пестицидів, продукції рослинництва, тваринництва тощо. Перевіряють стан доріг, під'їздів, протипожежних водойм та споруд, обладнання пожеженобезпечних об'єктів, наявність документів (дозволу) на виконання

зварювальних та інших робіт у відповідних працівників. У процесі обстеження застосовують спеціальні прилади, апарати, здійснюють необхідні розрахунки, аналіз рівня пожежної небезпеки та інші інженерно-технічні заходи.

В даний час збереження здоров'я працівників – основне завдання адміністрації підприємства

#### **4.2. Розрахунок повітрообміну на ділянці пластинування гільз циліндрів**

Дільниця пластинування займає площу  $S$ , що складає  $204 \text{ м}^2$ , висота приміщення  $h = 6 \text{ м}$ . За таких умов загальний об'єм приміщення ( $V$ ) становить  $857 \text{ м}^3$ . На одного працюючого припадає об'єм, що розраховується за формулою:

$$V_{\text{пр}} = \frac{V}{N}, (\text{м}^3),$$

де  $N$  – кількість робітників ( $N = 12$ ).

Отже,  $V_{\text{пр}} = \frac{857}{12} = 71,4, (\text{м}^3)$ , що цілком відповідає нормативам.

На території ділянці розміщено шліфувальний верстат, який є головним джерелом пилу. Тому над ним споруджується місцева вентиляційна система. Площа робочого місця  $S_p = 16 \text{ м}^2$ , об'єм повітря  $V_p = 96 \text{ м}^3$ . Кількість повітря, необхідного для видалення пилу з робочого місця, розраховуємо, користуючись залежністю

$$L_p = 10^3 \cdot A \cdot D, (\text{м}^3/\text{год.}),$$

де  $A$  – коефіцієнт пропорційності ( $A = 2$ );

$D$  – діаметр шліфувального круга, м ( $D = 0,25$ ).

Отже,  $L_p = 10^3 \cdot 2 \cdot 0,25 = 500 (\text{м}^3/\text{год.})$ .

Знаючи кількість повітря, необхідну для видалення пилу, визначаємо потужність електродвигуна привода вентилятора:

$$N = \frac{k \cdot L \cdot p}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_d \cdot \eta_{II}}, \text{ (кВт)},$$

де  $L$  – подача вентилятора ( $L = L_p$ );

$p$  – тиск, що створюється вентилятором, Па ( $p = 4800$ );

$k$  – коефіцієнт запасу ( $k = 1,05 \dots 1,5$ );

$\eta_b$  - ККД вентилятора ( $\eta_b = 0,5 \dots 0,55$ );

$\eta_{II}$  - ККД привода вентилятора ( $\eta_{II} = 0,9 \dots 1,0$ ).

$$\text{Тоді } N = \frac{1,5 \cdot 500 \cdot 4800}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,5 \cdot 1,0} \approx 2 \text{ кВт.}$$

### 4.3. Розрахунок освітлення

Розрахунок штучного освітлення проводиться за формулою:

$$D = \frac{K \cdot E \cdot S}{\eta \cdot Z}, \text{ (Пк)},$$

де  $D$  – сумарний світловий потік, необхідний для досягнення нормативної освітленості по всій площі ділянки, Пк;

$K$  – коефіцієнт запасу ( $K = 1,5 \dots 2$ );

$E$  – нормативне освітлення, Пк ( $E = 100$ );

$S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup> ( $S = 204$ );

$\eta$  - коефіцієнт використання освітлювальної установки ( $\eta = 0,6$ );

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення ( $Z = 0,67 \dots 0,99$ ).

$$D = \frac{2 \cdot 100 \cdot 204}{0,6 \cdot 0,9} = 75556 \text{ Пк.}$$

Необхідну кількість ламп визначаємо, виходячи з нормативного світлового потоку однієї лампи, за формулою:

$$П = \frac{Д}{f} \text{ (шт.)},$$

де  $f$  – світловий потік однієї лампи; для ламп ОД –  $f = 3050 \text{ Пк}$ .

$$\text{Отже, } П = \frac{75556}{3050} = 24,77 \approx 25 \text{ шт.}$$

Природне освітлення розраховується за формулою:

$$F_B = \frac{l_{\min} \cdot S \cdot \eta \cdot K_6}{100 \cdot \tau \cdot r}, \text{ (м}^2\text{)},$$

де  $F_B$  – загальна площа вікон,  $\text{м}^2$ ;

$l_{\min}$  – коефіцієнт природного освітлення ( $l_{\min} = 1,2$ );

$\eta$  - світловий коефіцієнт приміщення ( $\eta = 0,7$ );

$K_6$  – коефіцієнт, що враховує затемнення вікон будівлями ( $K_6 = 1$ );

$\tau$  - коефіцієнт світлопроникнення вікон ( $\tau = 0,5$ );

$r$  – коефіцієнт підсилення освітлення відбиттям ( $r = 1$ ).

$$\text{Тоді } F_B = \frac{1,2 \cdot 204 \cdot 7 \cdot 1}{100 \cdot 0,5 \cdot 1} = 34,2 \text{ м}^2.$$

$$\text{Кількість вікон } n = \frac{F_B}{S_B} = \frac{34,2}{8} \approx 4 \text{ шт.},$$

де  $S_B$  – площа одного вікна,  $\text{м}^2$ .

## 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 5.1. Основні техніко-економічні показники дільниці ремонту гільз циліндрів двигунів

Економічна діяльність будь-якого підприємства характеризується абсолютними та питомими показниками.

До абсолютних показників відносяться: річна програма (у кількісному та грошовому виразах); вартість основних фондів; собівартість продукції.

До питомих показників відносяться: наробіток на одного працюючого; випуск продукції на 1 м<sup>2</sup> площі; випуск продукції на одну гривну основних капіталовкладень (коефіцієнт фондівдачі).

Крім того визначаються такі техніко-економічні показники, як: очікуваний річний економічний ефект та окупність додаткових капіталовкладень.

### 5.2. Визначення річної програми

Річна програма у натуральному обчисленні становить 43 тисячі гільз двигунів.

У грошовому обчисленні річна програма (випуск валової продукції) ( $C_{ВП}$ ) визначається по залежності:

$$C_{ВП} = C_H P, \text{ (грн.)},$$

де  $C_H$  – відпускна ціна відновленої гільзи, грн.; ( $C_H = 23,1$ );

$P$  – річний об'єм випуску, шт.; ( $P = 43000$ ).

Тоді  $C_{ВП} = 23,1 \cdot 43000 = 993300$  грн.

### 5.3. Вартість основних фондів

Вартість основних фондів  $C_{OF}$  визначається за формулою:

$$C_{OF} = C_B + C_{OBL} + C_{PI}, \quad (\text{грн.}),$$

де  $C_B$ ,  $C_{OBL}$ ,  $C_{PI}$  – відповідно вартість будинків, обладнання, пристосувань та інструменту.

Вартість будинків становить  $C_B = C_B' \cdot F_D$ , (грн.),

де  $C_B'$  – вартість 1 м<sup>2</sup> будівлі, грн. ( $C_B' = 5000$ );

$F_D$  – загальна площа ділянки, м<sup>2</sup> ( $F_D = 204$  м<sup>2</sup>, див. п. 3.3.1.4).

$$C_B = 5000 \cdot 204 = 1020000 \text{ грн.}$$

Вартість обладнання становить біля 60%, а пристосувань та інструменту біля 20% від вартості будівлі.

$$C_{OBL} = 0,6 C_B = 0,6 \cdot 1020000 = 612000 \text{ грн.}$$

$$C_{PI} = 0,2 C_B = 0,2 \cdot 1020000 = 204000 \text{ грн.}$$

$$C_{OF} = 102000 + 612000$$

### 5.4. Визначення собівартості ремонту однієї гільзи

Собівартість ремонту гільзи ( $C_B$ ) визначається за формулою:

$$C_B = 1,05 (C_{ЗПН} + C_M + H_B),$$

де  $C_{ЗПН}$  – заробітна плата робочих з нарахуваннями;

$C_M$  – вартість матеріалів, що витрачаються на відновлення, грн.;

$H_B$  – накладні витрати ремонтного підприємства, грн.; 1,05 – коефіцієнт, що враховує прибуток ремонтного підприємства в розмірі 5%.

Структура заробітної плати має вигляд:

$$C_{зпн} = C_{озп} + C_{дзп} + C_{взп}, \quad (\text{грн.}),$$

де  $C_{озп}$  – основна заробітна плата, грн.;

$C_{дзп}$  – допоміжна заробітна плата, грн.;

$C_{взп}$  – відрахування на соціальні потреби, грн.

Основна заробітна плата розраховується за формулою:

$$C_{озп} = \sum \frac{C_{год}}{100} \cdot T_H, \quad (\text{грн.}),$$

де  $C_{год}$  – середня прийнята на даний час тарифна ставка ( $C_{год} = 43$  ГРН.);

$T_H$  – норма часу на відновлення однієї гільзи, люд.-год. ( $T_H = 0,51$ ).

$$\text{Отже, } C_{озп} = \sum \frac{43}{100} \cdot 0,51 = 21,9 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата визначається по формулі:

$$C_{дзп} = (0,05 \dots 0,08) \cdot C_{озп} = 0,05 \cdot 21,9 = 10,95 \text{ грн.}$$

Нарахування на соціальний захист ( $C_{взп}$ ):

$$C_{взп} = 0,044 \cdot (C_{озп} + C_{дзп}) = 0,044 (21,9 + 10,95) = 1,59 \text{ грн.}$$

Отже, заробітна плата буде становити

$$C_{зпн} = 21,9 + 10,95 + 1,59 = 34,44 \text{ грн.}$$

Визначення вартості матеріалів ( $C_M$ ) здійснюється за формулою:

$$C_M = m \cdot C_n,$$

де  $m$  – маса комплексу поясів пластинування (кг); ( $m = 0,8$  кг);

$C_n$  – вартість одного кілограма стрічки У-8, У-10; ( $C_n = 100$  грн./кг).

$$C_M = 0,8 \cdot 100 = 80 \text{ грн.}$$

Прямі витрати ( $P_B$ ) на відновлення гільзи будуть становити

$$P_B = C_{зпн} + C_M = 34,44 + 80 = 114,44 \text{ грн.}$$

Накладні витрати (НВ) складаються з цехових ( $H_{ц}$ ) та заводських ( $H_з$ ):

$$H_{ц} = (70 \dots 100\%) C_{зпн}; \quad H_з = (40 \dots 60\%) C_{зпн};$$

$$H_B = C_{зпн} (K_{ц} + K_3),$$

де  $K_{ц}$  і  $K_3$  – коефіцієнти для визначення цехових та заводських накладних витрат.

$$K_3 = (0,4 \dots 0,6), \quad K_{ц} = (0,7 \dots 1).$$

$$\text{Тоді } H_B = 36,7 (0,85 + 0,5) = 49,5 \text{ грн.}$$

Вартість відновлення однієї гільзи буде становити:

$$C_B = П_3 + H_B = 116,7 + 49,5 = 166,2 \text{ грн.}$$

Сумарна річна собівартість відновлення гільз становить:

$$\sum C_B = C_B \cdot P = 166,2 \cdot 43000 = 7146600 \text{ грн.}$$

### **5.5. Прибуток підприємства**

Прибуток підприємства ( $C_{пр}$ ):

$$C_{пр} = C_{ВП} - C_{BP} = 9933000 - 166,2 \cdot 43000 = 2786400 \text{ грн.}$$

### **5.6. Загальна площа підприємства**

Загальна площа підприємства становить  $204 \text{ м}^2$ .

### **5.7. Кількість працюючих**

Кількість працюючих ( $N$ ) ділянки становить 12 чоловік, в тому числі виробничих – 11.

### **5.8. Визначення питомих показників**

Випуск продукції у розрахунку на одного працюючого становить:

$$\Pi_N = \frac{C_{ВП}}{N} = \frac{993300}{12} = 827750 \text{ (грн.)},$$

де  $N$  – кількість працюючих, чол.

Випуск продукції на  $1 \text{ м}^2$  площі визначається за формулою:

$$\Pi_F = \frac{C_{ВП}}{F_D} = \frac{993300}{204} = 48691,7 \text{ грн.}$$

Випуск продукції на одну гривну основних фондів (коефіцієнт фондівіддачі  $K_{\Phi}$ ):

$$K_{\Phi} = \frac{C_{ВП}}{C_{ОФ}} = \frac{993300}{183600} = 5,41 \text{ грн.}$$

### 5.9. Очікуваний річний економічний ефект

Річний економічний ефект ( $P_E$ ) визначається за формулою:

$$P_E = C_{ПР} - C_{ОФ} E_H, \text{ (грн.)},$$

де  $C_{ПР}$  – річний прибуток підприємства, грн.;

$C_{ОФ}$  – вартість основних фондів, грн.;

$E_H$  – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

$E_H = 0,15 \dots 0,20$ . Приймаємо  $E_H = 0,2$  для підприємств сільського машинобудування.

$$P_E = 2786400 - 1836000 \cdot 0,2 = 2419200 \text{ грн.}$$

### 5.10. Строк окупності капіталовкладень

Строк окупності капіталовкладень ( $T$ ) визначається по формулі:

$$T = \frac{C_{ОФ}}{P_E} = \frac{183600}{241920} = 0,76 \text{ року.}$$

Основні техніко-економічні показники дільниці наводяться на листі графічної частини та в таблиці 5.1.

Як видно по наведеним даним внаслідок впровадження проекту у виробництво буде одержано річний економічний ефект у розмірі 2786400 грн. При цьому додаткові капіталовкладення окупляться в межах року.

Річний економічний ефект визначений по величині зниження собівартості відновлення гільз у порівнянні з випуском нових. Внаслідок підвищення ресурсу відновлених гільз циліндрів у 2,2 рази буде також одержано значний економічний ефект у споживача відновленої продукції (господарства). Тому величина економічного ефекту відновлення гільз пластинуванням в загальнодержавному масштабі буде значно більша. Для точного визначення загальнодержавного економічного ефекту потрібні додаткові експериментальні дані.

Таблиця 5.1

## Техніко-економічні показники ділянки пластинування гільз

Показники	Умовне позначення	Значення
Річний об'єм відновлення гільз, грн.	$C_{ВП}$	9933000
Сумарна собівартість відновлення, грн.	$\sum C_B$	7146600
Прибуток, грн.	$C_{ПР}$	2786400
Вартість основних фондів, грн.	$C_{ОФ}$	1836000
Виробнича площа, м <sup>2</sup>	$F_D$	204
Кількість працюючих, чол.	$N$	12
Випуск продукції на одного працюючого, грн.	$П_N$	827750
Випуск продукції на 1 м <sup>2</sup> площі, грн.	$П_F$	48690
Коефіцієнт фондівдачі	$K_{Ф}$	5,41
Річний економічний ефект, грн.	$P_E$	2419200
Строк окупності капіталовкладень, років	$T$	0,76

