

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури

**Пояснювальна записка**  
**до дипломної роботи**  
(тип кваліфікаційної роботи)

магістр

(освітній ступінь)

на тему «Покращення технології відновлення гільз циліндрів ДВЗ»

ХАІ.107.163т.213.274.1601054 ПЗ

Виконав: здобувач (ка) б курсу групи №163т

Галузь знань 27 Транспорт

(код та найменування)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»

(код та найменування)

Освітня програма Автомобілі та автомобільне

господарство

(найменування)

Омельченко К.С.

(прізвище та ініціали здобувача (ки))

Керівник: Кобріна Н.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент: Аргун Щ.В.

(прізвище та ініціали)

Харків – 2021

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект: сторінок 92, рисунків 26, таблиць 1, джерел 17.

Аналіз основних дефектів гільз циліндру та методи їх відновлення. Доцільний вибір та удосконалення гальвано-механічної технології відновлення внутрішньої поверхні гільзи циліндру двигуна Д-240. Побудова схеми покращеного методу відновлення гільз. Основні розрахунки для побудови технологічної карти. Розрахунки собівартості деталі запропонованим методом.

*Ключові слова: гільза циліндру, гальвано-механічне хромування, хонінгування, хонінгувальний верстат 3B833, безпека праці, собівартість відновлення.*

## ABSTRACT

Diploma project: pages 91, pictures 26, tables 1, sources 17.

Analysis of the main defects of cylinder liners and methods of their restoration. Appropriate choice and improvement of galvanic-mechanical technology of restoration of the inner surface of the cylinder liner of the D-240 engine. Construction of the scheme of the improved method of restoration of sleeves. Basic calculations for building a technological map. Calculations of the cost of the part by the proposed method.

*Key words: cylinder liner, galvanic-mechanical chrome plating, honing, honing machine 3B833, labor safety, cost of restoration.*

## ЗМІСТ

Вступ .....	6
1 Аналітичний розділ .....	8
1.1 Особливості конструкції гільз циліндрів .....	8
1.2 Основні дефекти та причини виникнення .....	13
1.2.1 Зношування внутрішньої поверхні циліндрів.....	13
1.2.2 Кавітаційне зношування.....	16
1.2.3 Злам бурта гільзи .....	17
1.2.4 Тріщини на поверхні гільзи .....	20
1.2.5 Зношування посадкових поясів гільзи.....	21
1.3 Вибір способу відновлення гільз.....	21
1.3.1 Виправлення гільзи.....	22
1.3.2 Відновлення розмірів посадкових поясків.....	23
1.3.3 Усунення несправностей опорного буртика.....	25
1.3.4 Відновлення внутрішньої поверхні .....	27
2 Технологічний розділ.....	45
2.1 Пристрій та робота пристосування для відновлення гільз гальвано- механічним способом .....	45
2.1.1 Принцип дії пристосування .....	49
2.2 Розрахунок пристосування.....	49
2.3 Розробка технологічної карти .....	57
3 Розділ з охорони праці.....	63
3.1 Заходи безпеки при ремонті гільз ДВЗ .....	63
3.1.1 Загальні питання безпеки праці.....	63
3.2 Безпека праці при відновленні гільз гальвано-механічним способом, запропонованим у конструктивній розробці.....	67
3.3 Забезпечення пожежної безпеки під час відновлення гільз .....	70
4 Економічний розділ.....	72
4.1 Визначення економічної ефективності конструкторської розробки ...	72

4.1.1 Витрати виготовлення пристосування.....	72
4.1.2 Балансова вартість конструкції .....	76
4.1.3 Собівартість ремонту одиниці ремонтної продукції.....	77
4.1.4 Питомі капітальні вкладення .....	80
4.1.5 Наведені питомі витрати .....	81
4.1.6 Показник зниження трудомісткості .....	81
4.1.7 Показник зростання продуктивності праці .....	81
4.1.8 Термін окупності додаткових капітальних вкладень.....	82
4.2 Техніко-економічна оцінка проекту.....	83
4.2.1 Собівартість відновлення гільзи .....	83
4.2.2 Собівартість гальвано-механічного нанесення покриття гільзи .....	84
4.2.3 Аналіз економічної ефективності проекту.....	87
Висновки .....	89
Перелік посилань.....	90
Додаток А.....	91

## ВСТУП

Про надійність та довговічність машини судять зазвичай за стабільністю робочих характеристик, закладених у ній при виготовленні. В умовах експлуатації стабільність робочих характеристик двигуна може порушуватися внаслідок багатьох причин, що викликають несправність його механізмів та систем. Несправності можуть виникнути в результаті порушення регулювань, що усуваються в процесі експлуатації, або внаслідок природного зносу деталей сполучення, не усувається простим регулюванням.

Довговічність, як правило, визначається природним зносом деталей, що сполучаються, в основному зносостійкістю таких сполучень, як гільза циліндра - поршень, поршневе кільце - канавка поршня, поршневий палець - бабуся поршня, поршневий палець - втулка шатуна, шийки колін клапана у головці циліндрів.

Підтримка коефіцієнта технічної готовності високому рівні значною мірою визначається ступенем задоволення потреб у запасних частинах.

Забезпечення потреб підприємств з експлуатації та ремонту техніки у запасних частинах здійснюється за рахунок виготовлення та відновлення деталей. У умовах велика увага має приділятися економному використанню матеріальних засобів, розвитку робіт з відновлення деталей. При цьому у 5–8 разів скорочується обсяг технологічних операцій порівняно з виготовленням нових однойменних виробів. Вартість відновлення, як правило, на 30–50% нижче витрат на виробництво нових аналогічних виробів.

На різних типах підприємств розроблено та вдосконалено технологічні процеси та обладнання, які дозволяють відновлювати багато деталей автомобілів прогресивними методами, що забезпечують їх післяремонтні ресурси на рівні, близькому до доремонтних.

Науково-дослідні та навчальні інститути проводять різні дослідження в галузі вдосконалення організації ремонту та відновлення деталей.

З'єднання гільза циліндра – поршень є одним із з'єднань, що зазнають найбільшого зношування в двигунах внутрішнього згорання. Тому розробка технології ремонту гільз є важливим завданням для покращення якості ремонту двигунів.

Метою дипломного проекту є покращення технології відновлення гільзи циліндру двигунів внутрішнього згорання за допомогою гальвано-механічного методу.

## 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

### 1.1 Особливості конструкції гільз циліндрів

Блок циліндрів або блок-картер є кістяком двигуна. На ньому та всередині нього розташовані основні механізми та деталі систем двигуна. Блок циліндрів – це складна вилівок коробчастої форми. Він може бути відлитий із легованого сірого чавуну (двигуни автомобілів ЗІЛ-130, МАЗ-5335, КамАЗ-5320) або з алюмінієвого сплаву (двигуни автомобілів ГАЗ-53А, ГАЗ-24 «Волга», ГАЗ-3102 «Волга», ГАЗ- 53-12 та ін.). Після лиття блок циліндрів піддають штучному старінню, що зменшує його короблення в процесі експлуатації та забезпечує збереження правильної геометричної форми.

Поверхня блоку циліндрів використовується як робоча тільки в деяких автомобільних і тракторних двигунах з невеликим діаметром циліндра. У більшості сучасних двигунів рідинного охолодження циліндр, де переміщається поршень, виконується у вигляді мокрої гільзи, що омивається зовні охолоджувальною рідиною, або у вигляді сухої гільзи, що встановлюється по всій довжині циліндра або у верхній частині, де спостерігається максимальне зношування (рисунок 1.1).

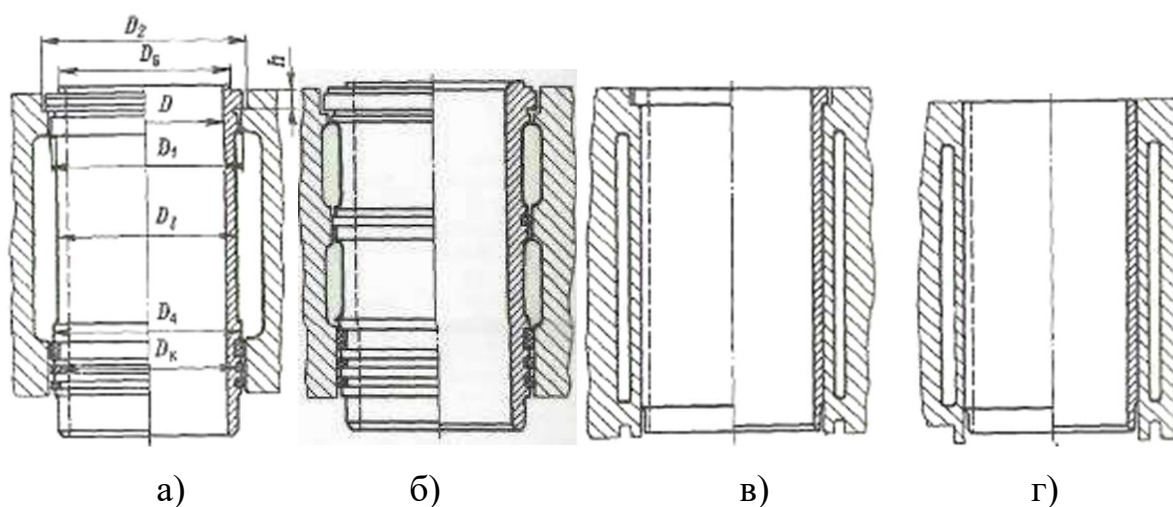


Рисунок 1.1 – Гільзи блоку циліндрів: а, б – мокрі; в, г – сухі [1]

Гільза займає серед тепло напружених деталей двигуна особливе місце як за виконуваними функціями, так і за вимогами, що висувуються до неї. Забезпечення лише однієї міцності гільзи, незважаючи на всю важливість цієї вимоги, недостатньо для тривалої та надійної роботи двигуна [3].

Сухі гільзи товщиною 2 – 4 мм (рисунок 1.1, г) запресовують або встановлюють із зазором 0,01 – 0,04 мм. Невелика товщина сухих гільз обумовлює при їх застосуванні економію якісних матеріалів, проте підвищений термічний опір контактної поверхні між гільзою та блоком погіршує тепловідведення від циліндра в рідину, що охолоджує. Внаслідок цього у форсованих двигунах, як правило, застосовують мокрі гільзи-втулки, що забезпечують кращу теплопередачу та легко замінюються у разі пошкодження. Крім того, при їх використанні спрощується лиття блоку циліндрів. Однак жорсткість блоку зменшується, з'являється додаткова можливість розвитку кавітаційних явищ у порожнини охолодження в результаті підвищених вібрацій мокрих гільз.

Залежно від способу встановлення в блоці циліндрів можна виділити гільзи, що спираються буртом на верхню плиту блоку, і так звані підвісні, коли гільза, з'єднана з кришкою циліндра відносно тонкими шпильками, утворює з останньої вузол, що закріплюється в корпусі основними силовими шпильками.

Перший вид гільз найпоширеніший і застосовується у двигунах усіх типів. Конструкція гільзи повинна забезпечити, з одного боку, невисокий рівень напруги від монтажних зусиль і газового навантаження, а з іншого – помірний рівень температур і температурних напруг.

В автомобільних та тракторних дизелях застосовують мокрі гільзи, що відливаються з чавуну, з верхнім опорним фланцем (див. рисунок 1.1, а, б і рисунок 1.2). Опорна площа фланця, обмежена діаметрами  $D_1$  та  $D_2$ , становить 8 – 15% площі поршня. При цьому тиск від сил затягування шпильок, що кріплять головку циліндра до блоку, на кільцевій поверхні ( $D_t - D_2$ ) не повинен перевищувати 380 – 420 МПа для чавунних та 140 – 180 МПа для алюмінієвих



блоків. Зі збільшенням різниці  $D_2 - D_1$  підвищується напруга вигину у верхньому поясі. Висота  $h$  фланця становить 7–10% діаметра циліндра  $D$ .

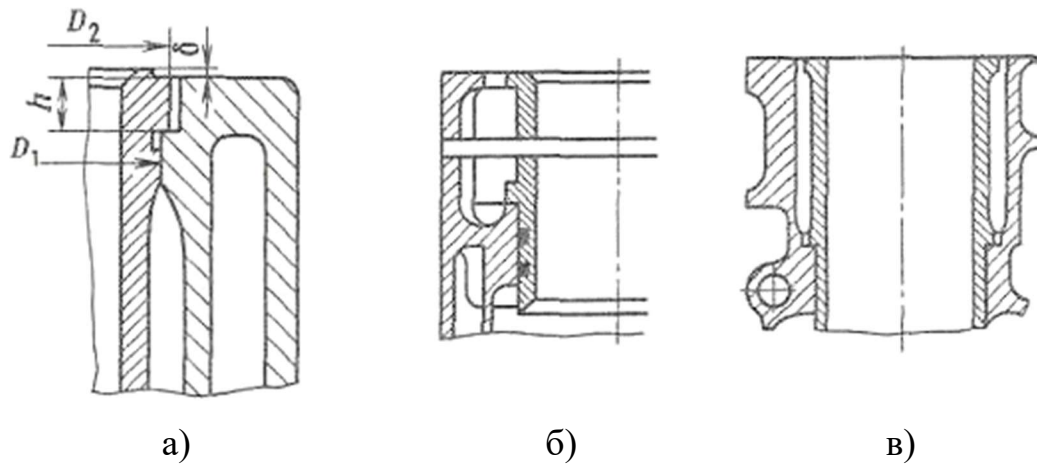


Рисунок 1.2 – Способи спирання гільзи циліндра в блоці [1]:  
а – верхнім опорним поясом; б, в – нижнім опорним поясом

Для підвищення герметичності газового стику на фланці втулки виконують кільцевий буртик шириною 2 – 5 мм, що виступає над площиною блоку на величину  $S$ , що досягає 0,15 мм і залежить від типу прокладки, що ущільнює, і діаметра циліндра. Основне зусилля посідає зону виступаючого буртика, де контактний тиск сягає 145 – 200 МПа і найчастіше нерівномірно розподілено по колу. В результаті цього спотворюється форма робочої поверхні циліндра та знижується працездатність циліндро - поршневої групи, збільшується витрата олії [1].

У деяких карбюраторних двигунах, де менші зусилля, що діють на втулку, її опорний фланець іноді значно зміщують від верхньої площини блоку (рисунок 1.2, б, в). При цьому зменшується температура верхньої частини втулки та відповідно поршневих кілець.

Внутрішню поверхню циліндра, усередині якої переміщається поршень, називають дзеркалом циліндра. Цю поверхню піддають гартуванню з нагріванням струмами високої частоти для підвищення зносостійкості та довговічності і ретельно обробляють для зменшення тертя при русі в циліндрі

поршня з кільцями. Гільзи в блок циліндрів встановлюють так, щоб рідина, що охолоджує, не проникала в них і в піддон, а гази не проривалися з циліндра. Передбачено можливість зміни довжини гільз залежно від температури двигуна. Для фіксації вертикального положення гільзи мають спеціальний бурт для упору в блок циліндрів та настановні пояси. Мокрі гільзи в нижній частині ущільнюють гумовими кільцями, що розміщуються в канавках блоку циліндрів (двигуни автомобіля КамАЗ-5320), у канавках гільз (двигуни автомобілів МАЗ-5335, ЗІЛ-130 та ін.), або мідними кільцевими прокладками, що встановлюються між блоком та опорною поверхнею нижнього поясу гільзи (рис. 1.1, г). Для правильної установки в блоці та збереження форми при роботі гільзу центрують по двох напрямних поясах, при цьому діаметр верхнього поясу дещо більше ніж нижнього, в якому для забезпечення подовження гільзи при роботі передбачається зазор 0,05 – 0,13 мм по вільній посадці. Верхній торець гільзи виступає над площиною блоку циліндрів на 0,02 – 0,15 мм, що сприяє кращому обтиску прокладки головки блоку та надійному ущільненню гільзи, блоку та головки блоку [3].

Інтенсивність кавітації, що призводить до руйнування циліндрів, знижують за допомогою низки заходів: зменшують проміжки між поршнем і втулкою; спеціально профільують спідницю поршня; використовують замкнуту систему охолодження; підвищують стійкість поверхонь шляхом їхньої хіміко-термічної обробки; збільшують прохідні перерізи охолоджуючої порожнини, а також використовують емульсійні присадки, і, нарешті, підвищують жорсткість гільзи та закріплюють її міцніше. Підвищення жорсткості досягається застосуванням ребер, що зміцнюють, на зовнішній поверхні гільзи, так як при збільшенні товщини її стінки підвищується теплова напруженість.

Поширена поздовжньо-діагональна схема (рисунки 1.3, а) обтікання має ряд недоліків, що виражаються в зниженні інтенсивності тепловіддачі у верхній найбільш нагрітій частині гільзи, великої нерівномірності

температурного поля гільзи і небезпеки виникнення об'ємного кипіння в застійних зонах.

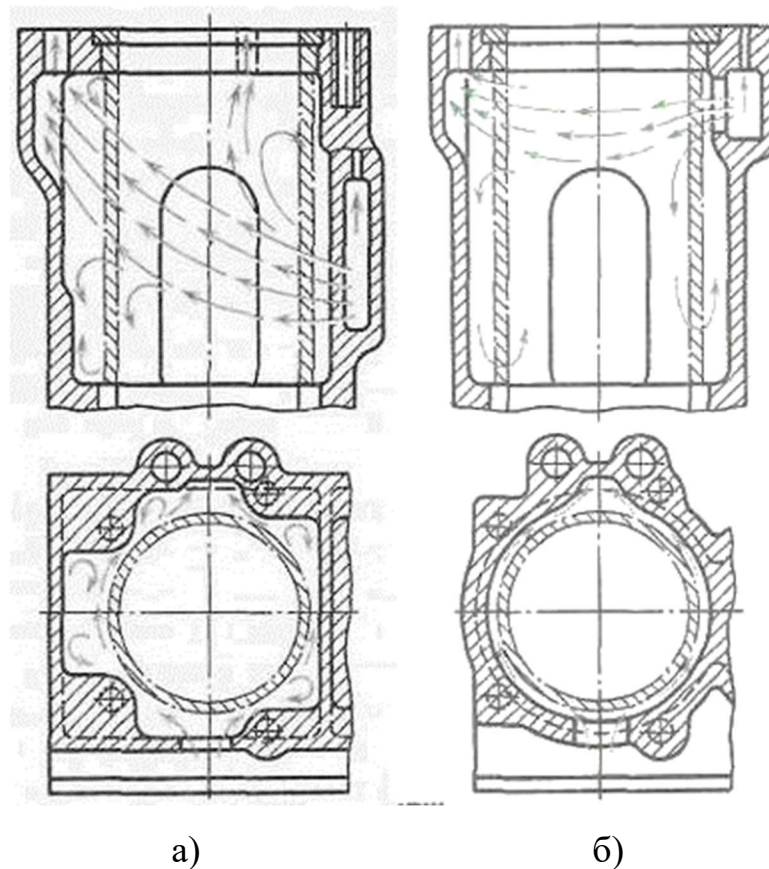


Рисунок 1.3 – Схеми охолодження гільз блоку циліндрів [1]:  
а – поздовжньо-діагональна; б – з поперечним обтіканням

На рисунку 1.3 (б) представлена досліджена в НАТИ схема з верхнім підведенням охолоджуючої рідини і поперечним обтіканням.

Основна відмінність цієї схеми полягає у наявності кільцевої щілини з радіальною шириною  $(0,03 - 0,04) D$ , яка є верхньою частиною порожнини охолодження. Дана схема забезпечує допустимий рівень температур у втулці  $(150 - 160 \text{ }^\circ\text{C})$  при форсуванні дизелів до  $22,5 \text{ кВт/л}$ , а також більш рівномірний розподіл температур довжиною і периметром гільзи.

Для гільз використовують сірі чавуни, наприклад СЧ 30, СЧ 35, леговані хромом, нікелем, молібденом, які мають перлітну структуру з достатньою кількістю графіту у вигляді пластин, що перетинаються. Легування чавуну

підвищує його властивості міцності, зносостійкість і жаростійкість. Застосування пористого хромування дозволяє отримати значну поверхневу твердість та зменшити знос чавунних гільз (у 2,5 – 4,5 рази залежно від виду палива) [2].

Двигуни, що мають циліндри, виготовлені у вигляді змінних мокрих гільз (двигуни автомобілів ГАЗ-53А, ГАЗ-5512, ЗІЛ-130, МАЗ-5335, КамАЗ-5320 та інші), простіше ремонтувати та експлуатувати. Блок циліндрів, відлитий разом з циліндрами, складніше ремонтувати, тому що якщо вийшов з ладу хоча б один циліндр (наприклад, в результаті задир дзеркала циліндра), то потрібно розточувати і шліфувати всі циліндри.

Матеріал гільз повинен забезпечувати поряд із зносостійкістю високу щільність, що визначається гідравлічним випробуванням гільз при тиску води, що перевищує робочий тиск газів. У форсованих двигунах застосовують гільзи з легованих високоміцних чавунів з азотованою поверхнею, що мають підвищені характеристики міцності. У цьому випадку особливу увагу звертають на покращення антифрикційних властивостей робочих поверхонь поршнів та кілець.

У форсованих високооборотних двигунах для виготовлення гільз застосовують сталь типу 45Х, а також азотовані сталі типу 38ХМЮА, що зумовлюють одержання легкої тонкостінної конструкції [3].

## **1.2 Основні дефекти та причини виникнення**

### **1.2.1 Зношування внутрішньої поверхні циліндрів**

Під час роботи двигуна у верхній частині циліндрів згоряє робоча суміш. Горіння супроводжується виділенням продуктів окислення – окису вуглецю та азоту, вуглекислого газу, сірчистого газу, пари води та інших речовин.

При роботі двигуна зі зниженими температурами (50 – 60 °С) охолоджуючої рідини та олії частина продуктів окислення і особливо пари води конденсуються на стінках циліндрів. Вони розчиняють продукти

окислення (двоокису) та утворюють кислоти, що викликають корозію циліндрів. Крім того, руйнується масляна плівка та збільшується знос циліндрів та поршневих кілець. Для підвищення зносостійкості циліндрів деяких двигунів застосовують вставки 3 (рисунок 1.4), виготовлені з корозійно-стійкого чавуну. Їх запресовують у блок циліндрів (двигуни автомобілів ГАЗ-52-04, ЗІЛ-157КД) або в гільзу циліндра (двигуни автомобілів ГАЗ-24 «Волга» та ЗІЛ-130). Використання таких вставок (наприклад, у двигуні автомобіля ГАЗ-53А) підвищує вартість та ускладнює технологію виготовлення двигуна.

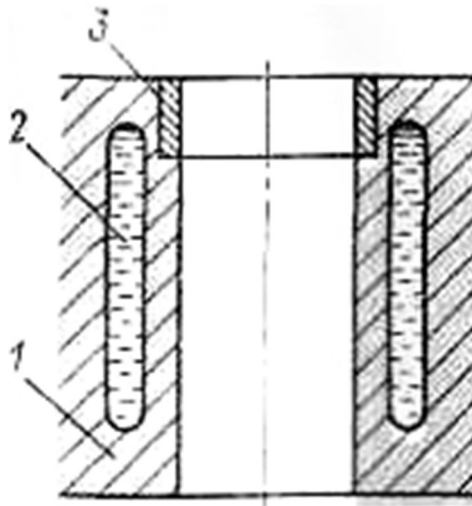


Рисунок 1.4 – Вставка в блоці циліндрів [3]:

1 – блок циліндрів; 2 – водяна сорочка; 3 – вставка

На двигунах автомобілів ГАЗ-3102 "Волга" та ГАЗ-53-12 гільзи циліндрів відливають монолітними з високоміцного чавуну без вставки і кріплять по верхньому бурту.

Під час роботи двигуна дзеркало циліндрів, крім зазначеної вище корозії, піддається також абразивного та механічного зношування внаслідок проникнення в двигун пилу (рисунок 1.5). Багато пилу потрапляє в циліндри з повітрям через впускний трубопровід, якщо є нещільності в місці його кріплення, або з паливом та олією при їх недбалому зберіганні.



Рисунок 1.5 – Абразивне зношування на робочій поверхні циліндра [18]

Пил, що потрапив у масло, утворює своєрідну притиральну пасту, що викликає зношування поршневих кілець, циліндра, поршня та інших деталей. Для зменшення абразивного зносу необхідні хороша герметизація очищувача повітря (повітряного фільтра) і впускного колектора: заправка двигуна чистим маслом і робота його на чистому паливі; заливання в баки дизелів палива, яке відстоювалося не менше 48 год, та своєчасна заміна (або очищення) фільтрів систем живлення та мастильної.

Механічне зношування дзеркала циліндра більше у верхній частині, ніж у нижній, так як у першій значно вищий тиск. Коли в кінці такту стиснення в циліндрі згоряє робоча суміш, то різко підвищується тиск гарячих газів, що утворилися, і перше компресійне кільце сильно притискається до дзеркала циліндра. У ВМТ швидкість поршня знижується до нуля, масляна плівка вигоряє, і перше поршневе кільце вступає безпосередньо в контакт із дзеркалом циліндра. При русі поршня вниз (перший момент) відбувається інтенсивне зношування дзеркала циліндра і поршневого кільця. Для зниження зносу циліндрів не слід допускати перегріву двигуна, порушення моменту

початку подачі палива (дизелі) та застосовувати для змащування двигуна олії, що не рекомендуються заводською інструкцією.

Крім зносу по довжині також спостерігається знос у напрямку, перпендикулярному до осі колінчастого валу, тобто овалізація гільз. Овалізація гільз циліндрів викликається як нерівномірністю зношування, і залишковими деформаціями, що виникають від сил тиску газів і бічного зусилля поршня. Найбільша овальність гільзи відбувається у верхньому поясі у зоні розташування верхнього поршневого кільця при положенні поршня у верхній мертвій точці.

Довговічність гільзи циліндра залежить від якості ремонту та технічної культури експлуатації двигуна. У процесі ремонту дуже важливо правильно зробити установку гільзи та складання всього кривошипно-шатунного механізму, забезпечивши при цьому точне виконання технічних умов на складання двигуна. Будь-яке відхилення від цих умов викликає деформацію гільзи та перекіс поршнів, що призводить до підвищеного зношування гільзи циліндра. При експлуатації двигуна термін служби гільзи знаходиться в прямій залежності від якості мастила, догляду за очищувачом повітря, а також від виконання правил запуску та прогріву холодного двигуна.

### **1.2.2 Кавітаційне зношування**

У дизелях спостерігаються випадки вібрації гільз циліндрів. Вона виникає під час переходу поршня двигуна через ВМТ, тобто. при переміщенні («перекладанні») його від одного боку циліндра до іншого. Між поршнем і дзеркалом циліндра є проміжок, і переміщення поршня відбувається з ударом. При цьому змінюється тиск на стінки циліндра. Вібрація циліндра викликає його кавітаційне зношування (рисунок 1.6).

У перекладі з латинської слово "кавітація" означає порожнеча. У потоці охолоджуючої рідини при вібрації гільз циліндрів утворюються бульбашки повітря (порожнечі), які під впливом високого тиску руйнуються



Рисунок 1.6 – Сліди кавітаційного зношування [18]

(замикаються) з великою енергією. Зовнішня поверхня гільзи циліндра, а також частина блоку циліндрів, де замикаються бульбашки кавітаційної системи охолодження, піддаються руйнуванню. Для запобігання кавітаційному руйнуванню в гільзах двигунів (наприклад, ЯМЗ-236 та ЯМЗ-238) проточують спеціальну канавку, в яку вставляють антикавітаційне кільце прямокутного перерізу (рисунок 1.7).

Воно розташоване між гільзою та отвором у блоці циліндрів, і, крім того, через нього нижній пояс гільзи спирається на край отвору блоку. У зборі з гільзою кільце встановлюють блок з натягом, що значно зменшує амплітуду коливань гільзи циліндра, а отже, і кавітаційні руйнування її і блоку. Уникнути кавітаційного руйнування можна зменшенням вібрації циліндрових гільз, підтримкою нормального температурного режиму двигуна і т.д. [2].

У карбюраторних двигунах кавітаційне руйнування гільз циліндрів майже зустрічається. Ці двигуни працюють, як правило, з малими ступенями стиснення, а отже, тиск на поршень наприкінці згоряння робочої суміші в них значно менший, ніж у дизелі.



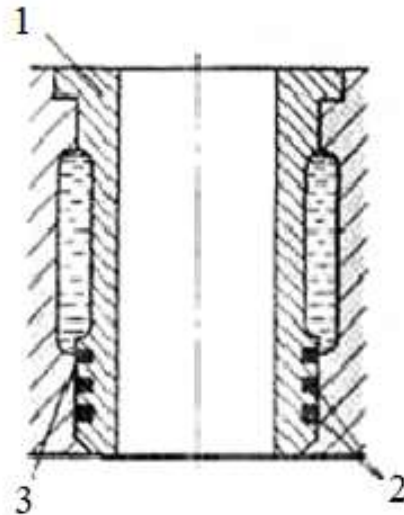


Рисунок 1.7 – Схема циліндра з антикавітаційним кільцем [3]:

1 – гільза циліндрів; 2 – кільця ущільнювачів (гумові або мідні, що встановлюються під бурт); 3 – антикавітаційне кільце

Зазор між поршнем і гільзою циліндра в карбюраторному двигуні також менше, і під час роботи він зменшується. Тому при перекладанні поршня у ВМТ не відбувається сильного удару та значної вібрації гільзи [1].

### 1.2.3 Злам бурта гільзи

У блоці циліндрів двигуна є гладке округле поглиблення, так зване сідло буртика. Воно аксіально фіксує гільзу у блоці. Буртик повинен сидіти точно в заглибленні таким чином, щоб гільза повністю прилягала по всьому периметру сідла. Потім у блоці циліндрів встановлюється прокладка головки блоку циліндрів. Ущільнення камери згоряння (у прокладках старших поколінь металева окантовка, у більш сучасних металевих прокладках – профіль) при цьому прилягає точно до верхньої сторони сідла буртика [2].

При затягуванні болтів головка блоку сильно притискається до блоку циліндрів. При цьому болти кріплення головки блоку та правила затягування розроблені таким чином, що зв'язок головки блоку циліндрів з блоком витримує максимальний тиск циклу до 200 бар. В результаті через болти та

прокладку передається гігантське зусилля на сідло буртика. Тому дуже важливо, щоб зусилля передавалося через прокладку на сідло вертикально.

### Причини зламу бурта гільзи:

– сторонні частки. При монтажі дуже важливо дотримуватись чистоти, щоб між буртиком і сідлом не потрапив бруд (стружка, ущільнюючі засоби, залишки прокладки та ін.);

– нерівності та перекося в області сідла буртика в блоці циліндрів. Важливо, щоб поверхня була строго горизонтальна (рисунок 1.8, а, б), а гостра кромка поверхні сідла зрізана (під кутом близько  $1 \times 45^\circ$ , дивись рисунок 1.8, в). В іншому випадку велика небезпека зламу;

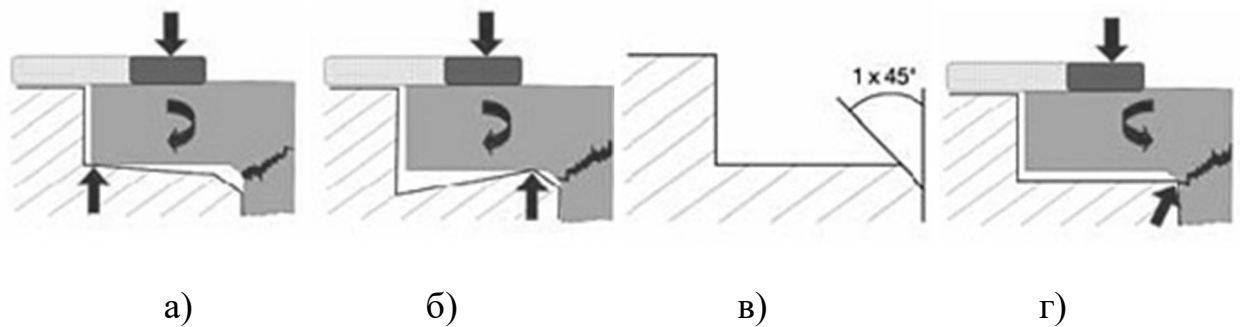


Рисунок 1.8 – Причини зламу бурта гільзи [2]:

а, б – нахил в області сідла; в, г – можливість зламу за відсутності фаски сідла буртика

– невідповідне прокладання головки блоку циліндрів. Також може стати причиною неправильного розподілу сил у галузі буртика (рисунок 1.9) через занадто маленький діаметр або неправильно обраної висоти прокладки.

– неправильна обробка. Іноді головка блоку циліндрів має канавку по всьому периметру, в яку входить протипожежний борт, причому головка та гільза циліндра не повинні стикатися. Якщо внаслідок перекося чи пошкодження головка блоку вимагає вирівнювання, канавка має бути пропорційно збільшена.

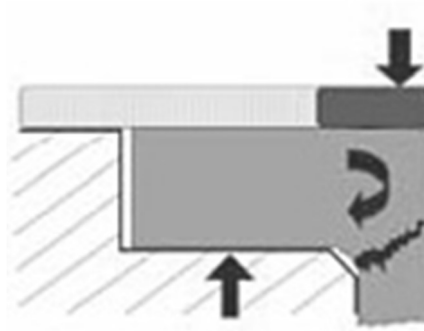


Рисунок 1.9 – Злам внаслідок невідповідної прокладки [2]

В іншому випадку є небезпека того, що зусилля буде спрямовано не на прокладку, як має бути, а на протипожежний борт гільзи циліндра (рисунок 1.10).

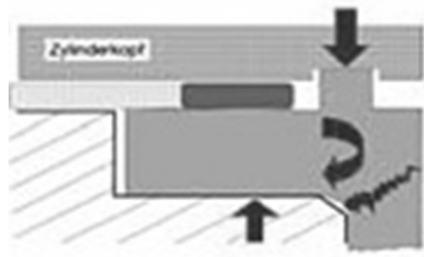


Рисунок 1.10 – Злам внаслідок зменшення глибини канавки [2]

Якщо цей дефект гільзи не буде вчасно виявлений, то після пуску двигуна зламана гільза зрушить у напрямку колінчастого валу, і як тільки місце зламу опиниться на висоті першого поршневого кільця, поршневе кільце вискочить вище місця зламу. При зворотному ході поршня він втисне гільзу циліндра. Колінчастий вал, що обертається, розіб'є гільзу, поршень і шатун також будуть пошкоджені.

#### 1.2.4 Тріщини на поверхні гільзи

Причиною появи тріщин у деталях є, в першу чергу, ненормальні умови їхньої роботи, а саме сильний перегрів, швидке охолодження, ударні

навантаження тощо. Тріщини можуть виникнути також через порушення технології ремонту (рисунок 1.11). Перетяжка болтів головки блоку на деяких двигунах може спричинити утворення тріщин на поверхні гільз. Експлуатація двигуна в холодну пору року на воді в системі охолодження – також досить поширена причина появи тріщин у блоці та гільзах циліндрів після замерзання води.



Рисунок 1.11 – Тріщина на поверхні гільзи [18]

Тріщина, що у тій чи іншій деталі, рідко локалізується, тобто залишається постійною тривалий час. У більшості випадків, зазнаючи циклічних робочих навантажень і циклів нагрівання-охолодження, тріщина розвивається далі до поломки деталі. Наслідки та швидкість розвитку тріщини залежать від типу деталі, матеріалу та перерізу, яким проходить тріщина. Для відповідальних деталей КШМ та поршневої групи, включаючи колінчастий вал, шатуни та поршневі пальці, тріщина, незалежно від місця її утворення, практично завжди призводить до руйнування деталі та виходу двигуна з ладу.

У корпусних деталях типу блоку циліндрів і головки блоку, а також гільзах тріщини, як правило, проходять в порожнину системи охолодження,

з'єднуючи її з каналами систем мастила, вентиляції картера, циліндрами або з навколишнім середовищем, викликаючи течі та/або перемішування робочих рідин. Крім цього, через тріщини в стінці циліндра або камери згоряння в систему охолодження при роботі двигуна надходять відпрацьовані гази, які витісняють рідину, що охолоджує, різко знижуючи ефективність охолодження двигуна.

Тріщини нижньої частини гільзи зазвичай пов'язані з ударами зруйнованого шатуна і, зазвичай, розташовуються вертикально.

Установка на двигун деталі з тріщиною призводить зазвичай до його непрацездатності (виходу з ладу) відразу після першого запуску чи певний час, тобто до потреби повторного ремонту. Крім того, традиційні види ремонту робочих поверхонь деталі з тріщиною (шліфування, хонінгування тощо) іноді завдають збитків ремонтному підприємству, оскільки деталь з тріщиною свідомо неремонтопридатна і потребує заміни. Враховуючи це, виявленню тріщин у деталях перед ремонтом має бути приділено найсерйознішу увагу [4].

### **1.2.5 Зношування посадкових поясів гільзи**

Зношування посадкових поясів частково пов'язане з кавітаційним зношуванням. Ознакою дефекту гільз є глибокі раковини лежить на поверхні поясів, що є наслідком явища кавітації чи корозії.

У процесі роботи виникає вібрація гільзи, що також спричиняє знос посадкових поясів гільзи.

У реальних умовах експлуатації двигунів можлива поява овальності посадкових поясів гільзи, спричинена кавітаційним руйнуванням або відкладенням накипу в зазорах посадкових поясів гільзи в блоці.

## **1.3 Вибір способу відновлення гільз**

У ремонтній практиці відновлення зношених автотракторних деталей проводиться різними способами та вибір того чи іншого способу в конкретних

умовах визначається або економічними міркуваннями чи виробничими можливостями ремонтних майстерень (наявністю відповідного технологічного обладнання).

Для гільз прийнято таку схему технологічного процесу ремонту [4]:

- виправлення;
- відновлення розмірів посадкових поясків;
- усунення несправностей опорного буртика;
- відновлення внутрішньої робочої поверхні;
- цинкування зовнішньої поверхні;
- контроль.

### **1.3.1 Виправлення гільзи**

При дефектуванні гільз перевіряють овальність центруючих посадкових поясів. При овальності поясів більше допустимого розміру гільзу піддають виправленню. Навантаження додають по максимальній осі овалу. У процесі виправлення пружна деформація гільзи не повинна перевищувати 20 мм. Після редагування кожен гільзу перевіряють на магнітному дефектоскопі для виявлення можливих тріщин.

Гільзи правлять на спеціальному гідравлічному пресі (рисунок 1.12) із приводом від паливного насоса. Насосна установка змонтована під столом та керується педаллю.

Гільзу ставлять на нижню алюмінієву подушку 7 з повстяною прокладкою 1.

Подушка 7 закріплена на звареній станині преса 6. Навантаження на деталь прикладають через верхню подушку 3 з повстяною прокладкою 2, яка підвішена за допомогою Т-подібного паза до грибка плунжера 4 так, що може самовстановлюватися по гільзі в процесі редагування.

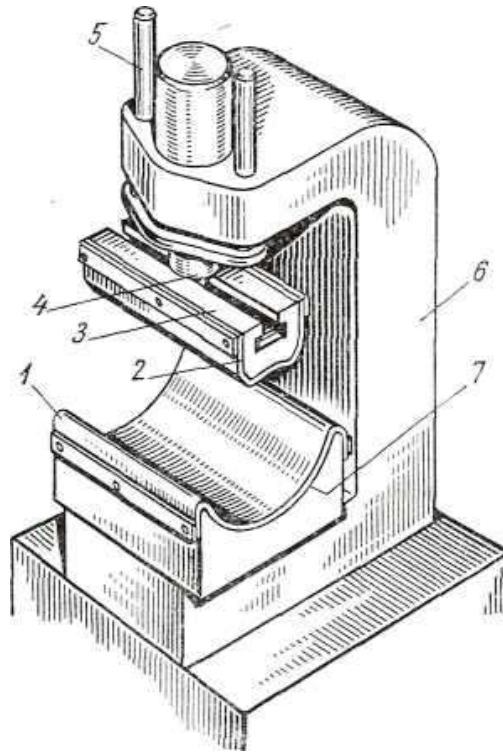


Рисунок 1.12 – Прес для виправлення гільзи [2]

1,2 – повстяна прокладка; 3 – верхня подушка; 4 – плунжер; 5 – захисний ковпачок; 6 – станина пресу; 7 – алюмінієва подушка

Верхня подушка для полегшення виконання виконана з алюмінієвого сплаву для того, щоб по можливості розвантажити зворотні пружини, приховані в захисних ковпачках 5. Запобіжний клапан гідравлічного преса обмежує зусилля правки в межах 2500 кг. За більшого зусилля можливе виникнення тріщин.

### 1.3.2 Відновлення розмірів посадкових поясків

Для гільз, залежно від величини зношування центруючих поясків, встановлено три маршрути їх ремонту.

До першого маршруту відносять деталі з незначним (до 0,09 мм) зношуванням поясків. Ці деталі не вимагають нарощування пасків.

За другим маршрутом ремонтують деталі зі зносом центруючих поясків не більше 0,2 мм. Пояски з таким зносом збільшують методом хромування.

У третій маршрут включають гільзи зі зношуванням центруючих поясків більше 0,2 мм. Для цих деталей рекомендується нарощування пасків віброконтактним наплавленням.

Ознакою для бракування гільзи є глибокі раковини на робочій поверхні та на поясках, що виникають внаслідок корозії, які не можна усунути шліфуванням [3].

Якщо на поверхні центруючих поясків немає корозії і не потрібно їх нарощування, то при їх ремонті обмежуються слюсарною обробкою. Напилком зачищають виступаючі нерівності металу на кромках поясків. Поверхня поясків рекомендується полірувати наждачним полотном зернистістю 18 – 140. За наявності корозії та зношування до 0,2 мм пояски гільзи шліфують, хромують і вдруге шліфують до нормальних розмірів. Для шліфування посадкових поясків на круглошліфувальному верстаті деталь встановлюють на центрову оправку (рисунок 1.13) з двома співвісними конічними грибками. Гільзу, що обробляється, базують по незношених неробочих фасках, розташованих по кінцях отвору.

Для хромування поясів гільз застосовують індивідуальні підвісні пристрої.

Поверхні, які не підлягають хромуванню, ізолюють перхлорвініловим пластикатом.

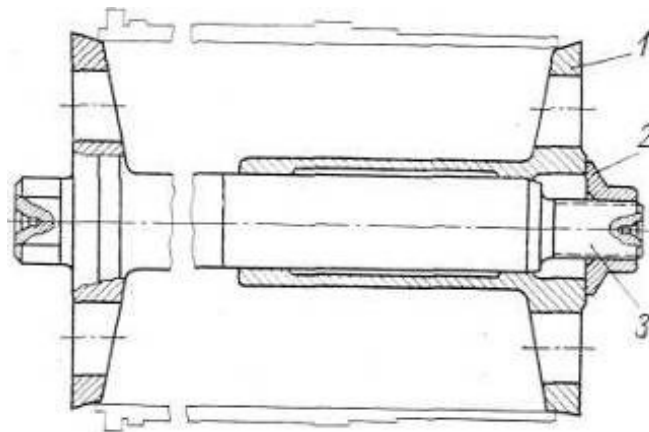


Рисунок 1.13 – Центрова оправка для шліфування поясів гільзи [3]:

1 – втулка; 2 – гайка; 3 – оправлення



Після знежирення та анодної обробки пояски гільз хромують у сірчаноокислому електроліті. Для отримання блискучого осаду приймають щільність струму 45 – 50 а/дм<sup>2</sup>, температуру електроліту 55 – 60 °С. Товщина шару хрому повинна бути 0,15 – 0,2 мм.

Хромовані пояски шліфують корундовим колом зернистістю 46 – 60, твердістю СТ1 - СТ2.

Овальність пасків має бути не більше 0,05 мм; різниця стінок деталі у зоні поясків допускається трохи більше 0,08 мм.

На поверхні поясків допускаються дрібні поглиблення (висип), площею трохи більше 20% поверхні обох поясів.

Для віброконтактної наплавки зношених центруючих поясів гільз застосовують мало вуглецевий зварювальний дріт діаметром 1,4 – 1,6 мм. Рекомендується наступний режим наплавлення: напруга зварювального струму 16 – 18, індуктивність 8 витків, амплітуда вібрації електрода 1,5 мм; швидкість подачі дроту 48 – 60 м/хв; число обертів гільзи 0,75 за хвилину (кількова швидкість 48 м/хв); швидкість переміщення електрода вздовж осі деталі 2 мм за оборот. Охолоджуючу рідину підводять до внутрішньої поверхні гільзи. Поверхня буртика та перехідної канавки від наплавлення та бризок металу оберігають тонким шаром обмазки складу: крейда – 600 г, декстрин – 50 г та вода – 340 г.

Наплавлені пояски шліфують під ремонтні розміри. Для обробки застосовують корундове коло зернистістю 45 – 60, твердістю С1 – С2.

### **1.3.3 Усунення несправностей опорного буртика**

Пошкоджені канавки на верхньому торці буртика відновлюють прокочуванням сталевих загартованих роликів. Метал, витіснений з канавок, збільшує висоту гребінців приблизно на 0,25 мм. Після обробки канавок на круглошліфувальному верстаті шліфують обидві площини бурта. В результаті

збільшується висота бурта на 0,15 мм, що цілком достатньо відновлення розмірів бурта гільзи. Для шліфування буртів закріплюють гільзу на оправці.

Щоб прокатати канавки на торці буртика гільзи, застосовують спеціальний верстат, схожий на вертикальний гідравлічний прес, плунжері якого на шарикопідшипниках змонтований шпиндель, що несе накатну головку. Гільзу встановлюють у гніздо масивної висувної плити, співвісно зі шпинделем. Накатна головка закріплена на шпинделі і несе три коромисли, кожне з яких вільно хитається на горизонтальній осі, встановленій вздовж радіуса головки. Кут між осями коромисел накатної головки дорівнює  $120^\circ$ . На кінцях кожного коромисла вільно обертаються накатні ролики. Завдяки такому пристрою накатна головка є статично визначальною системою, в якій зусилля преса розподіляється між роликами рівномірно.

Профілі роликів показано на рисунку 1.14.

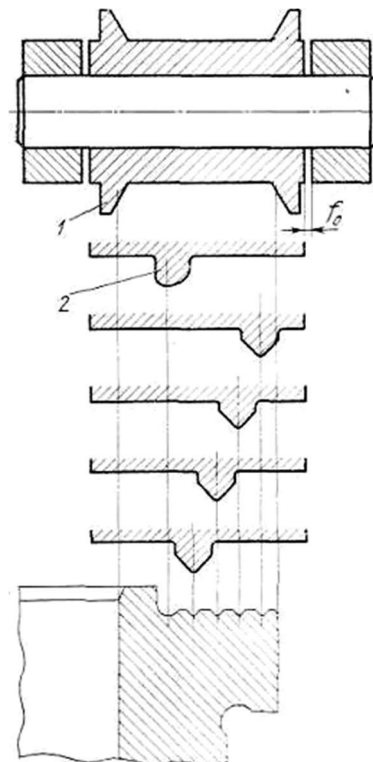


Рисунок 1.14 – Схема обробки канавок на буртику гільзи [3]

1,2 – ролики;

На першому коромислі встановлені два ролики: ролик 1 обкатує внутрішню та зовнішню кромки гільзи, ролик 2 видавлює метал із жолобника. Інші ролики, попарно встановлені на другому та третьому коромислах, витісняють метал із канавок.

Ролики в пазу коромисла закріплені з деяким осьовим проміжком  $f_0$ . Завдяки цьому кожен ролик самовстановлюється у канавці, навіть за наявності значних похибок, допущених у процесі первісної обробки канавок.

Зовнішній діаметр роликів дорівнює 40 мм; виготовлені вони із сталі P18 і загартовані до твердості HRC 62-65. Число оборотів шпинделя 20 за хвилину. Необхідне зусилля гідравлічного преса встановлюють при налагодженні верстата шляхом регулювання запобіжного клапана.

### **1.3.4 Відновлення внутрішньої поверхні**

При всьому різноманітті застосовуваних у виробництві ремонтних операцій все ж таки багато з них можна згрупувати в типові групи з однаковим технологічним процесом і із загальної технології ремонту виділити найпоширеніші способи відновлення деталей [3].

Технологічна однорідність ремонтних операцій є основною класифікуючою ознакою, за якою можна розділяти всі способи ремонту таким чином:

- відновлення зношених деталей способом ремонтних розмірів;
- відновлення зношених деталей наплавленням;
- відновлення зношених деталей металізацією;
- відновлення зношених деталей гальванічним способом;
- відновлення зношених деталей шляхом роздачі та осідання їх;
- відновлення зношених деталей шляхом повертання їх іншою, неробочою стороною;

- відновлення зношених деталей за допомогою додаткових деталей, що мають форму втулок, гільз або кілець;
- відновлення зношених деталей шляхом заміни зношеної нової частини.

**Розточування під ремонтний розмір.** Розточування та хонінгування гільз циліндрів проводяться при зносі внутрішньої поверхні (у місці найбільшого зносу) до діаметра, що перевищує граничний, при овальності та конусності на робочій ділянці більш допустимих розмірів.

Залежно від величини зношування гільзи ремонтують розточуванням або шліфуванням з наступним хонінгуванням або лише хонінгуванням під ремонтні розміри (рисунок 1.15).

Перед усуненням дефектів гільзи промивають та очищають від бруду, корозії та накипу, а посадкові пояски та опорні поверхні буртиків зачищають до металевого блиску.

За величиною зношування внутрішньої поверхні гільзи сортують на три групи. Перша група гільз – із внутрішнім діаметром у межах допуску на нову гільзу;



Рисунок 1.15 – Процес хонінгування гільзи циліндра [17]

друга група – з внутрішнім діаметром, що перевищує номінальний не більше ніж на 0,2 мм, і третя група – з внутрішнім діаметром, що перевищує номінальний на 0,15 – 0,2 мм, але не більше ніж на 0,4 мм.

Гільзи першої групи можуть бути використані без ремонту або після хонінгування внутрішньої поверхні до видалення нерівностей та слідів корозії. Хонінгування гільз проводять на хонінгувальному верстаті ЗБ833 головками ПТ-1085А зі шліфувальними брусками К36-5 СМ1-С1К та К33-М20 СМ1-С1К.

Як охолоджувальну рідину рекомендується застосовувати гас. Іноді до нього додають 10 – 20% веретенної олії.

Також для хонінгування циліндрів застосовують бруски із синтетичних алмазів, що забезпечують значне підвищення продуктивності процесу, точності обробки, зменшення шорсткості поверхні. Стійкість брусків із синтетичних алмазів у десятки разів вища за стійкість звичайних брусків. Для попереднього хонінгування можна використовувати бруски АС12М1, а остаточного АСМ40М1.

Гільзи другої групи ремонтують хонінгуванням або шліфуванням на внутрішньошліфувальному верстаті з подальшим остаточним хонінгуванням. При обробці гільз тільки хонінгуванням спочатку проводять попереднє хонінгування шліфувальними брусками К316-8 СМ1-С1К або (з метою підвищення продуктивності) крупнозернистими брусками К340МЗК. Для остаточного хонінгування застосовують бруски К33-М20 СМ1-С1К.

Гільзи третьої групи ремонтують розточуванням внутрішньої поверхні з подальшим попереднім та остаточним хонінгуванням до ремонтного розміру. У процесі розточування і хонінгування нагрівання гільзи допускається трохи більше 50 – 60 °С [4].

Гільзи розточують на вертикальному алмазно-розточувальному верстаті – 278Н розточувальними різцями з пластинками з твердого сплаву ВК2 або ВКЗМ.

Гільзи на верстаті центрують за допомогою оправки, вставленої в верстатний шпиндель (рисунок 1.16). Кульовий кінець оправки має входити в

циліндр на глибину 3 – 4 мм. Виліт кульового кінця оправки підраховують за такою формулою:

$$l_0 = \frac{D+d}{2}, \quad (1.1)$$

де  $D$  – діаметр гільзи, під який проводиться розточування;

$d$  – Діаметр шпинделя (оправлення).

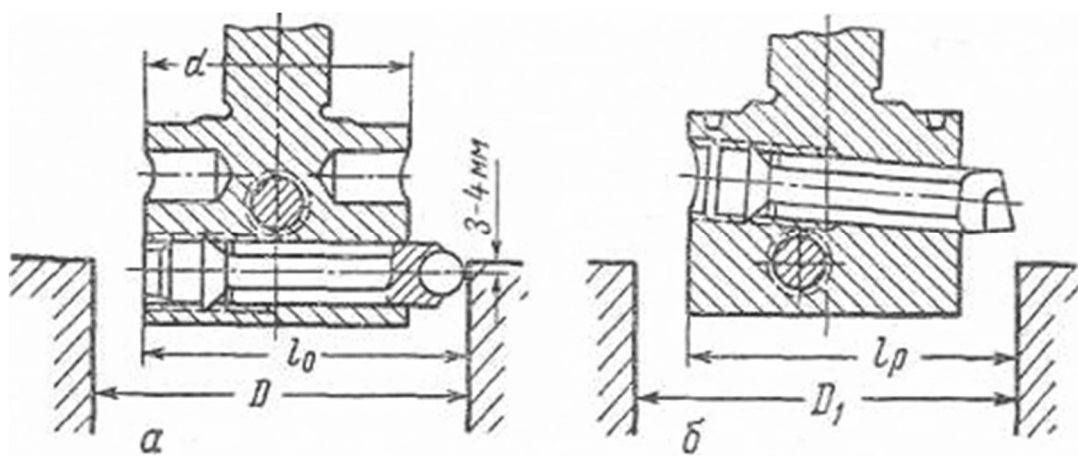


Рисунок 1.16 – Центрування гільзи (а) та встановлення різця (б) при розточуванні гільзи циліндра [4]

Під час встановлення різця для розточування необхідно врахувати припуск на хонінгування в межах 0,06 – 0,12 мм на діаметр. Внутрішня робоча поверхня розточеної гільзи може мати овальність не більше 0,04 мм, конусність не більше 0,05 мм, шорсткість поверхні повинна бути не нижче 6-го класу чистоти.

Для того, щоб отримати високу чистоту робочої поверхні, гільзу хонінгують. Після хонінгування на робочій поверхні гільзи не повинно бути рисок та слідів. Геометрія отвору має відповідати технічним вимогам. Для хонінгування гільзи застосовують пружну хону (рисунок 1.17), яка відрізняється від звичайної хони тим, що кожен брусок притискається до

поверхні гільзи окремою пружиною. Така хона не виправляє геометричної форми гільзи, лише підвищує клас чистоти її поверхні.

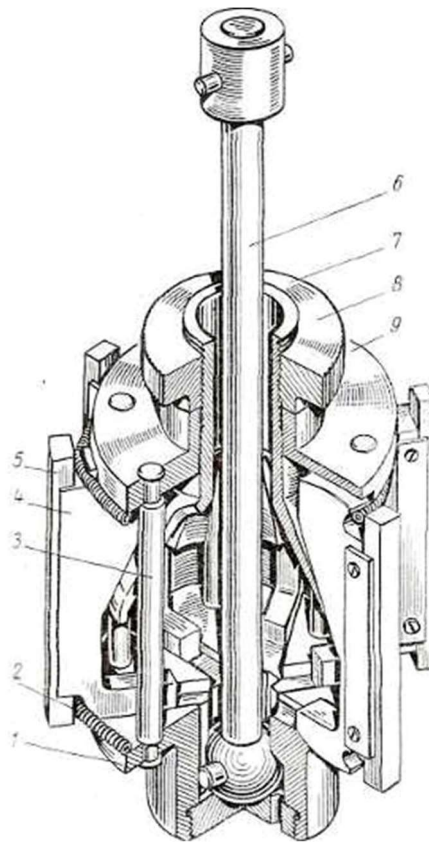


Рисунок 1.17 – Хон [4]:

1 – нижній диск; 2 – пружина; 3 – стрижень; 4 – державка; 5 – абразивні бруски; 6 – тяга; 7 – пружна коронка; 8 – натяжна гайка; 9 – верхній диск

При попередньому хонінгуванні розточеної гільзи до ремонтного розміру залишають припуск остаточне хонінгування в межах 0,01 – 0,03 мм на діаметр. Після попереднього хонінгування на внутрішній поверхні гільзи не повинно бути слідів зносу, нерівностей.

Овальність не повинна перевищувати 0,04 мм, а конусність – 0,05 мм (при температурі гільзи, що дорівнює температурі навколишнього повітря). Шорсткість поверхні повинна бути не нижче 7-го класу чистоти.

Після остаточного хонінгування діаметр внутрішньої поверхні гільзи повинен перебувати в межах допуску на ремонтний розмір, а овальність та

конусність не повинні перевищувати 0,03 мм. Шорсткість поверхні повинна бути не нижче 9-го класу чистоти.

Даний спосіб широко застосовують при ремонті циліндро-поршневої групи двигунів, проте знос внутрішньої поверхні гільз більше останнього ремонтного розміру деталей вибраковуюють, тим самим збільшуються витрати на придбання нової деталі.

**Шліфування внутрішньої поверхні.** Розточування часто замінюють шліфуванням. Внутрішню робочу поверхню гільзи шліфують до виведення слідів зношування. Овальність робочої поверхні гільзи у нижньому та верхньому поясах, а також конусність поверхні на довжині гільзи допускається не більше 0,06 мм. Дозволяється наявність недоторканої шліфувальним каменем виробітку від верхнього поршневого кільця. Крім того, допускається наявність незайманих каменем майданчиків на висоті не більше 50 мм від нижнього краю гільзи загальною площею не більше 20 см<sup>2</sup>.

Досвід показує, що при шліфуванні гільз ремонтного фонду здебільшого не вдається виконати ці технічні вимоги. Тому такі гільзи зазвичай бракують.

Для шліфування отвору гільзу встановлюють у пристрої (рисунок 1.18), закріпленому на планшайбі шпинделя внутрішньошліфувального верстата. Пристосування складається з чавунної склянки 5, притискного кільця 8 і виштовхувача 3. У склянку запресовані базові сталеві загартовані кільця 1 і 6.

Для того щоб забезпечити співвісність отвору гільзи зі шпинделем верстата, отвори кілець і торець кільця 1 шліфують після закріплення пристрою на планшайбі. Тому на великих ремонтних підприємствах один із верстатів налагоджують для обробки гільз із поясками ремонтного розміру, а решта верстатів – для обробки гільз нормального розміру.

Виштовхувач являє собою сталеву тарілку, з'єднану шарнірно з тягою 4 пневматичного циліндра, закріпленого на задньому кінці шпинделя. З тарілкою також шарнірно з'єднані три тяги 7, кожна з яких вкручений гвинт 9 з конічною головкою. У натискному кільці є три пази, що утворюють з цими гвинтами штиковий замок.



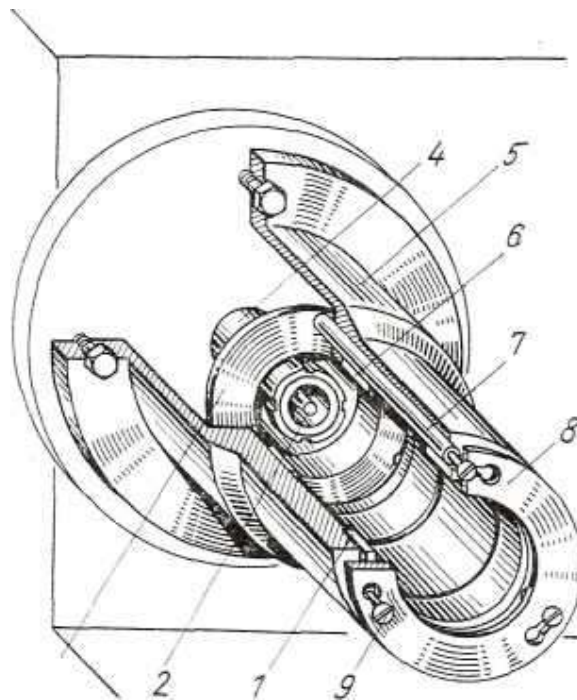


Рисунок 1.18 – Пристрій для установки гільзи при шліфуванні робочої поверхні [4]:

1,6 – базові кільця; 2 – труба для охолоджуючої емульсії; 3 – виштовхувач;  
4 – шарнірна тяга пневматичного циліндра; 5 – чавунна склянка; 7 – тяга; 8 –  
натискне кільце; 9 – гвинт з конічною головою

Щоб встановити гільзу в пристрої, тягу пневматичного циліндра подають вправо, натискне кільце повертають проти годинникової стрілки і знімають з пристрою. Потім вкладають у склянку гільзу, надягають натискне кільце, повертають його до упору за годинниковою стрілкою, а пневматичний тягу циліндра подають вліво.

Завдяки шарнірним з'єднанням тяг з виштовхувачем зусилля пневматичного циліндра розподіляється рівномірно між трьома тягами 7.

Це зберігає гільзу від короблення при шліфуванні. Для зняття гільзи з верстата пневматичного циліндра подають вправо. При цьому натискне кільце звільняється, а виштовхувач висуває гільзу з кілець, що її базують.

Всередині тяги пневматичного циліндра проходить труба 2, якою подається охолоджувальна емульсія.

Для шліфування гільзи застосовують коло ПП-125-50-50 на керамічному зв'язуванні СМ1, зернистістю 12 – 16.

Після шліфування робочої поверхні гільзи зовнішню поверхню піддають піскоструминному очищенню та цинкуванню.

Така послідовність виконання операцій прийнято тому, що на деяких гільзах у процесі шліфування не вдається усунути сліди зношування. Ці гільзи бракують. Отже, цинкування зовнішньої поверхні гільз до шліфування робочої поверхні є недоцільним.

Товщина шару цинкового покриття повинна дорівнювати 0,03 – 0,05 мм. Осад металу повинен бути дрібнокристалічний світло-сріблястого кольору. Цинком покривають лише поверхню між посадковими поясками. Центруючі пояски ізолюють цапон-лаком, а нижню частину гільзи – екраном з целулоїду.

**Електроімпульсне нанесення покриттів.** При відновленні гільз можливе використання методу електроімпульсного нанесення покриттів [5].

Електроімпульсне нанесення покриттів засноване на імпульсному розряді конденсатора через дріт металу, що напилюється. При цьому відбувається вибухове плавлення дроту та осадження розплавлених дрібних частинок металу на внутрішній поверхні гільзи (рисунок 1.19).

Електророзрядний ланцюг, що використовується для нанесення покриттів, являє собою коливальний контур і характеризується такими даними: ємність конденсатора 100 мкФ, максимальна напруга зарядного струму 30 кВ, власна частота коливань електророзрядного ланцюга 25 кГц. Для напилення використовують металевий, наприклад вольфрамовий дріт діаметром 0,5 – 1 мм і довжиною 20 – 150 мм. Режим напилення, що вибирається залежно від розміру та форми виробу, згідно з численними експериментальними даними розраховують за такими рівняннями [5]:

$$S = K_1 C U f^{\frac{2}{3}}; \quad l = K_2 U f^{\frac{-2}{3}}, \quad (1.2)$$

Відстань  $l$  від поверхні виробу до кінця металевго дроту, що розплавляється, визначається через її діаметр  $d$  і виражається в наступному вигляді:  $l = 30d$ .

При розряді в оптимальному режимі близько 40% маси дроту перетворюється на газ, а решта 60% – на краплі розплавленого металу, що стикаються з поверхнею основного матеріалу.

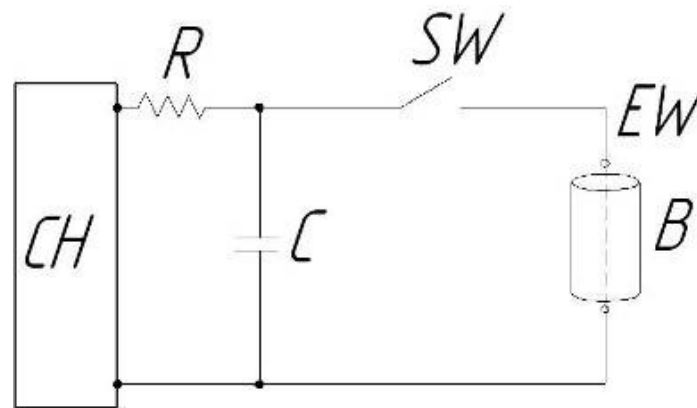


Рисунок 1.19 – Схема електроімпульсного напилення [5]:

CH – джерело живлення для заряджання конденсатора; R – резистор; C – конденсатор; SW – вимикач; EW – металевий дріт; B – гільза, що напилюється

де  $S$  – площа перерізу металевго дроту,  $\text{мм}^2$ ;  $l$  – довжина металевго дроту,  $\text{мм}$ ;  $C$  – ємність конденсатора,  $\Phi$ ;  $U$  – напруга зарядного струму,  $\text{В}$ ;  $f$  – власна частота коливань електророзрядного кола,  $\text{Гц}$ ;  $K_1, K_2$  – постійні, що визначаються матеріалом дроту;  $K_1 = (1 \dots 3)$ ;  $K_2 = 4$ .

При розряді в оптимальному режимі близько 40% маси дроту перетворюється на газ, а решта 60% – на краплі розплавленого металу, що стикаються з поверхнею основного матеріалу. Краплі напилюваного металу, що утворюються при вибуховому розряді, можна розділити на дві групи, до однієї з яких відносяться частинки розміром кілька мікрметрів, а до іншої –

розміром кілька сотих часток мікрметра. Покриття утворюється за рахунок осадження на поверхні частинок першої групи, тоді як частинки другої групи випаровуються, перетворюючись на аерозолі. При недостатньому рівні енергії розряду металевий дріт розплавляється без вибуху, а за надмірного рівня енергії – повністю перетворюється на газоподібний стан. І в тому, і в іншому випадку напилення неможливе.

Своєрідність електроімпульсного нанесення покриттів пов'язано з особливо малим розміром частинок у дрібнорозпиленому стані напилюваного матеріалу. При температурі розпилення, яка, як вважають, близька до точки кипіння металу дроту, всі частинки в дрібнорозпиленому стані нагріваються рівномірно. При зіткненні з поверхнею основного матеріалу швидкість руху частинок досягає кількох сотень метрів за секунду. Рух частинок до основного матеріалу відбувається за рахунок різкого розширення газу при вибуху та витіснення повітря із зони вибуху, що майже повністю виключає окислення частинок, а отже забезпечує отримання щільного покриття з високою міцністю зчеплення з основним матеріалом. Недолік електроімпульсного напилення полягає в тому, що цей спосіб непридатний для відновлення гільз з великою величиною зносу, оскільки даним способом неможливе отримання покриттів великої товщини.

**Відновлення електролітичних покриттів.** Сутність способу полягає в тому, що при проходженні постійного електричного струму через розчин-електроліт у ньому утворюються позитивно та негативно заряджені іони. Позитивно заряджені іони переміщуються до негативного електрода-катода, яким є металева деталь, і осідають на її поверхні, міцно з нею зчіплюючись. Негативно заряджені іони переміщуються до позитивного електроду-аноду та виділяються на ньому. Як електроліти, як правило, застосовуються водні розчини солей, кислот і лугів [8].

Кількість речовин, що виділилися при електролізі, пропорційно до кількості електрики, що пройшла через розчин. Кількість речовини в грамах, що виділяється з електроліту при проходженні через нього струму в 1 ампер

протягом години, називається електрохімічним еквівалентом даної речовини (с, г/А-год). Щільність струму ( $D_k$ , А/дм<sup>2</sup>) називають відношення сили струму до поверхні, що покривається або обробляється деталі.

Обложені при електролізі метали відрізняються за своїми властивостями від литих металів тим, що кристалічні ґрати їх спотворені внаслідок різних умов кристалізації. Змінюючи режим електролізу (щільність струму, температуру та склад ванни), можна значною мірою змінити і механічні властивості осаджених металів.

Утворення покриттів високої якості багато в чому залежить від здатності гальванічної ванни, що розсіює і криє. Під розсіювальною здатністю розуміють ступінь рівномірності металевого осаду на різних частинах деталі, що покривається, що має неправильну форму. Під здатністю, що криє, розуміють можливість ванни покривати наявні на катоді поглиблення. Поліпшити здатність ванни, що розсіює і криє, можна конструкцією підвіски для деталей і формою анодів, а також застосуванням екранів.

Найбільшого поширення при відновленні деталей знайшли електролітичні (гальванічні) процеси хромування та залишення.

**Хромування.** Застосовується в тих випадках, коли покриття повинно мати дуже високу твердість та зносостійкість. Електролітичний хром має твердість від НВ 400 до НВ 1200, а також високу зносостійкість, низький коефіцієнт тертя (0,13 при терті по бабіту і 0,16 при терті по сталі), високу теплопровідність, низький коефіцієнт лінійного розширення. Електрохімічний еквівалент хрому дорівнює 0,324 г/А - год.

Хромові електроліти є розчинами хромової кислоти  $H_2CrO_4$ , що утворюється при розчиненні хромового ангідриду  $CrO_3$  у воді. Для осадження хрому на катоді-деталі, розчин потрібно додати сірчану кислоту  $H_2SO_4$ . При цьому найкращі за якістю опади і найбільший вихід хрому струму виходять при співвідношенні  $CrO_3: H_2SO_4 = 100$ . Вихід хрому струму дуже малий – всього 13 – 15%. Встановлено, що нормальний процес хромування забезпечується, якщо тривалентний хром міститься в межах від 5 до 20 г/л. Це

може бути забезпечено, якщо площа анодів буде в 1,8 – 2 рази більша за площу катодів-деталей.

Як анод при хромуванні застосовують рольний свинець з додаванням 6 – 12% сурми. У процесі роботи ванни аноди окислюються, і слід періодично очищати [5].

Технологічний процес зносостійкого хромування деталей складається з наступних операцій [8]:

1. Очищення деталей від олії та бруду;
2. Попереднє шліфування для надання деталям правильної геометричної форми та отримання необхідної шорсткості;
3. Промивання. Деталі промивають у гарячому лужному розчині, протирають віденським вапном, промивають у проточній воді;
4. Ізоляція підвіски та поверхонь деталей, що не підлягають хромуванню. Ізолюють зазвичай цапон-лаком (розчином целулоїду в ацетоні), перхлорвініловим лаком 9-32 або клеями АК-20 та БФ, які наносять у 2-3 шари;
5. Навішування (установка) деталей на підвіску;
6. Знежирення. При хімічному знежиренні деталі промивають у бензині або у водному розчині, нагрітому до 60 – 70 ° С протягом 3 – 5 хв. При електрохімічному знежиренні деталі навішують на підвіску та занурюють у ванну з гарячим водяним розчином. Розчин підігрівають до 70 – 75°С і витримують у ньому деталі протягом 5 – 8 хв при щільності струму 3 – 10 А/дм<sup>2</sup> і напрузі 8 – 10 В;
7. Анодне декапірування. Виготовляється з метою видалення з поверхні знежирених деталей, окисних плівок та виявлення структури деталі. Для цього підвіску з деталями завантажують у спеціальну ванну зі слабким розчином сірчаної кислоти у воді (3 – 5 г/л) і витримують протягом 1 – 2 хв. Після цього деталі промивають у дистильованій воді;
8. Хромування. Для отримання твердих зносостійких покриттів найчастіше застосовують наступний склад ванни та режим хромування:

150 – 200 г/л хромового ангідриду та 1,5 – 2,0 г/л сірчаної кислоти; щільність струму 35 – 45 А/дм<sup>2</sup> та температура електроліту 56 – 58 °С;

9. Промивання. Після закінчення процесу хромування підвіски з покритими деталями промивають у дистильованій воді для збору електроліту, а потім послідовно в проточній воді, в 3 – 5% розчині луку для нейтралізації, знову в проточній воді і нарешті в підігрітій до 70 – 80 °С воді;

10. Демонтаж (зняття) деталей з підвіски та видалення ізоляції;

11. Термообробка деталей для усунення їх водневої крихкості. Деталі зазвичай нагрівають у сушильних шафах або масляній ванні до температури 150 – 220 °С і витримують протягом 1,5 – 2,0 год.

Реверсивне хромування дозволяє вдвічі збільшити швидкість відкладення хрому, підвищити на 1 – 2 класи чистоту покриття проти звичайним хромуванням. При реверсивному хромуванні періодично змінюють полярність струму тривалість катодного періоду 10 – 15 хв, а анодного: 10 – 15 с. Склад електроліту звичайний (CrO<sub>3</sub> – 200 ... 250 г/л і H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> – 2,0 ... 2,5 г/л) у разі підвищення щільності струму до 60 – 150 А/дм<sup>2</sup>.

Струменеве хромування циліндричних поверхонь валів і осей дає можливість у 4 – 8 разів підвищити продуктивність процесу, не знижуючи якості покриття. При струминному хромуванні деталей на спеціальних установках електроліт інтенсивно переміщується і постійно оновлюється в зоні, що безпосередньо прилягає до поверхні катода, що покривається.

**Залізнення.** Вихід металу по струму при залишенні в 5 – 7 разів вищій, ніж при хромуванні, і дорівнює 75 – 95%, а швидкість відкладення осаду в 10 разів більше (0,4 мм за годину). При залишенні можна отримати покриття завтовшки до 2 мм.

Для твердого та зносостійкого залишення зазвичай застосовують хлористі електроліти наступного складу: хлористе залізо FeCl<sub>2</sub> – 200...500 г/л, хлористий натрій NaCl – 100 г/л, соляна кислота HCl – 0,5...0,9 г/л, хлористий марганець MnCl<sub>2</sub> – 10 г / л. Аноди виготовляють із маловуглецевої сталі.

Загальна площа анодів повинна бути в 2 рази більше поверхні деталей, що покривається [8].

Твердість, в'язкість та зносостійкість покриттів при залишанні можна змінювати в широких межах, змінюючи склад електроліту, його температуру та щільність струму. При малій щільності струму та високих температурах електроліту отримують дрібнозернисті в'язкі покриття. З підвищенням густини струму збільшується твердість покриттів.

Технологічний процес залізнення аналогічний хромуванню. Недоліком відновлення гільз електролітичними покриттями є невелика товщина покриття, що наноситься, велика тривалість нанесення покриття і нерівномірність шару, що наноситься.

**Гальвано-механічний спосіб відновлення.** Проведені дослідження показали, що застосування гальвано-механічного способу при відновленні деталей машин найповніше відповідає вимогам ремонтного виробництва. Відмінною його особливістю є те, що в процесі електролізу поверхня, що покривається, піддається механічному активуванню (дряпанню) абразивними або алмазними інструментами у вигляді стрічок або брусків, які переміщуються в міжелектродному просторі [6].

Механічне активування сприяє зниженню перенапруги розряду металу, що осідається, за рахунок зменшення концентраційних обмежень, інтенсивного видалення з поверхні катода адсорбованих гідридів, гідроксидів і газоподібного водню. Все це дозволяє в десятки разів збільшувати робочі щільності струму при нанесенні хрому, нікелю, кобальту, міді та суттєво підвищувати швидкість їхнього осадження.

Даний спосіб являє собою різновид електрохімічного хонінгування, де в якості ЗОР використовується електроліт для нанесення відповідного металу, і зводиться до попереднього хонінгування, електроосадження металу з одночасним хонінгуванням при незначному тиску брусків і остаточного хонінгування для отримання необхідної. Таким чином, весь технологічний процес здійснюється з однієї установки на тому самому обладнанні.



Постійне хонінгування оброблюваної поверхні під час електроосадження, висока швидкість циркуляції електроліту при малому міжелектродному зазорі забезпечують високу швидкість осадження металу, яка у 20 – 50 разів вища, ніж за стаціонарних умов нанесення покриттів.

Технологічний процес зводиться до знежирення, промивання у воді, гальвано-механічного процесу нанесення покриттів (декапірування 15...85 с, нанесення покриття з виходом на режим протягом 8...10 хв, з плавним збільшенням  $D_k$  і  $P_a$  до оптимального), подальшого промивання деталі в проточній воді, їх нейтралізації та ополіскування.

Розроблено та виготовлено технологічне оснащення для відновлення дзеркала гільзи циліндра ЯМЗ-238, 236, Д-50 (Д-240). Пройшли апробацію в умовах дослідного виробництва технологічний процес та встановлення для відновлення дзеркала гільз циліндрів Д-50 (Д-240), а також зроблено стендові випробування трьох серій гільз, відновлених за розробленою технологією, що показали високу працездатність деталей [7].

Недоліком цього способу є складність придбання необхідного обладнання, порівняно висока вартість матеріалів, що використовуються під час відновлення.

**Відновлення термопластичним деформуванням.** Спосіб полягає в нагріванні зовнішньої поверхні гільзи в індукторі протягом декількох секунд до температури 700...750 °С і подальшому швидкому охолодженні в олії. При цьому робоча частина гільзи скорочується на величину до 0,1 мм, що дозволяє подальшим механічним обробленням відновити необхідний розмір.

Гradient температур створюють у стінці деталі безперервно-послідовно вздовж осі деталі.

При створенні градієнта температур деталь нагрівають, наприклад струмом високої частоти, а охолоджують струменями води.

Нагрівання та охолодження деталі ведуть у процесі переміщення деталі, щодо джерел зі швидкістю не більше 3 – 4 мм/с, при цьому температуру нагріву встановлюють не більше 870 – 920 °С.

На рисунку 1.20 показано встановлення для здійснення способу.

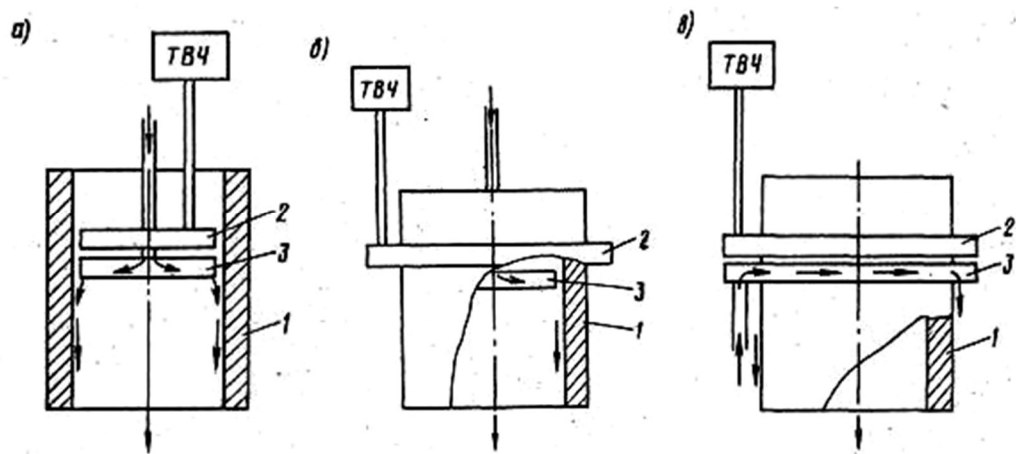


Рисунок 1.20 – Схема обробки деталі СВЧ [5]:

а – при розміщенні джерел нагрівання та охолодження всередині деталі; б – при розташуванні джерела нагріву зовні деталі, а джерела охолодження всередині; в – при розташуванні джерел нагрівання та охолодження зовні деталі; 1 – деталь, що відновлюється; 2 – джерело нагріву; 3 – джерело охолодження

Спосіб відновлення зношеної внутрішньої циліндричної поверхні переважно сталевих і чавунних деталей типу гільз циліндрів двигунів внутрішнього згорання здійснюється шляхом створення градієнта температур за допомогою впливу на деталь 1 джерела 2 нагріву і джерела 3 охолодження (рисунок 1.19), при цьому градієнт температур створюють у стінці деталі безперервно. послідовно вздовж осі деталі, нагрівання здійснюють, наприклад, струмом високої частоти (СВЧ), а охолоджують, наприклад, струменями води.

В результаті створення температурного градієнта виникають різко змінюються (як від точки до точки тіла, так і в кожній точці в часі) теплові (термічні) напруги. При цьому в нагрітих ділянках виникають окружні напруження стиснення, а в холодних – напруження-розтягування. Нагріті ділянки металу прагнуть розширитися, але цьому перешкоджають холодніші

ділянки циліндра, тому нагріті ділянки виявляються стислими, і, своєю чергою, діють на холодну частину циліндра як симетрично прикладена сила розтягування. Оскільки межа міцності металу з підвищенням температури падає, відбуватиметься деформація убік стиснення, тобто всередину циліндра.

Результати дослідження показують, що при створенні порожнистої деталі осевого температурного градієнта з'являється пластична деформація (зменшення внутрішнього діаметра).

Пластична деформація спостерігається як у деталі, виготовленої з чавуну і зі сталі.

Величина деформації залежить від цілого ряду факторів, основними з яких є максимальна температура нагрівання та форма температурного поля деталі, фізико-механічні властивості матеріалу деталі, швидкість переміщення джерел нагріву та охолодження щодо деталі, геометричні розміри деталі, інтенсивність охолодження.

Процес здійснюється в такий спосіб. Чавунна деталь – гільза двигуна встановлюється на стіл пристрою. Потім зі швидкістю 1,5 мм/с щодо індуктора гільза переміщається з безперервно-послідовним нагріванням внутрішньої поверхні до 870 °С охолодженням струменями води з температурою 200 °С і витратою 15 л/хв. У цьому величина радіальної деформації  $E$  становить середньому 0,7 мм. Витрата підготовчого, основного та заключного часу на відновлення однієї гільзи становить 2 хв.

**Спосіб встановлення ремонтних втулок.** Даний спосіб відновлення внутрішньої поверхні гільз циліндрів внутрішнього згоряння дозволяє збільшити відсоток повторно використовуваних гільз, так як з'являється можливість ремонтувати гільзи при зносі внутрішньої поверхні, що перевищує 0,4 мм.

На рисунку 1.21 представлені відповідно гільза та ремонтна втулка на підготовчій стадії; на рисунку 1.21, в – гільза, що пройшла відновлювальний ремонт.

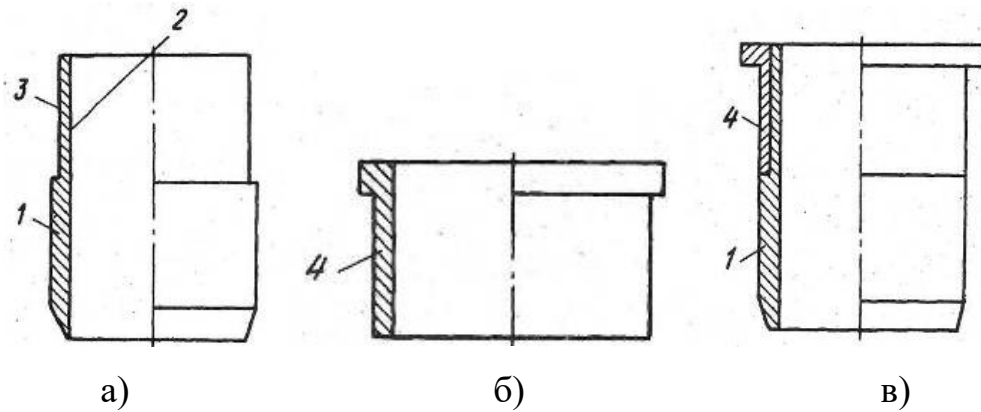


Рисунок 1.21 – Спосіб відновлення постановкою втулки [4]:

а – гільза; б – ремонтна втулка; в – гільза з напресованою втулкою;  
 1 – зона зношування; 2 – робоча поверхня гільзи; 3 – проточка; 4 – втулка

Спосіб здійснюється наступним чином. Вимірюють зону зношування 1 внутрішньої робочої поверхні гільзи 2, на зовнішній поверхні якої від верхньої кромки роблять проточку 3 на довжину, на 5...10 мм перевищує зону зношування внутрішньої робочої поверхні гільзи. Глибина проточки має перевищувати 0,5 товщини стінки гільзи. Віднімають ремонтну сталеву втулку 4, конфігурація якої відповідає ділянці, що видаляється гільзи. Внутрішній діаметр втулки 4 і зовнішній діаметр проточеної частини 2 гільзи підбирають з урахуванням допуску на пресову посадку.

Зовнішню поверхню втулки виточують із допусками на подальше доведення до номінальних розмірів гільзи після операції напресування. Виготовлену втулку 4 нагрівають до 300...400 °С насаджують на підготовлену ділянку гільзи. При охолодженні втулки відбувається обжимання гільзи, за рахунок чого відновлюється внутрішній діаметр гільзи. На закінчення обробляють внутрішню та зовнішню поверхні гільзи під номінальні розміри.

Цей спосіб простий у виготовленні, не вимагає придбання додаткового обладнання, але має ряд недоліків: погіршується охолодження гільзи за рахунок погіршення тепловідведення, оскільки порушена однорідність матеріалу; для різних гільз необхідно виготовляти різні втулки, що здорожує виробництво та ускладнює технологічний процес.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Пристрій та робота пристосування для відновлення гільз гальвано-механічним способом

Особливістю відновлення внутрішньої поверхні гільз гальвано-механічним способом є те, що в процесі електролітичного нарощування поверхня, що покривається, піддається механічному активуванню різальним інструментом у вигляді брусків, які переміщуються в міжелектродному просторі. Також висока швидкість циркуляції електроліту при малому міжелектродному зазорі забезпечує високу швидкість осадження металу, а за рахунок постійного хонінгування в процесі осадження – високу точність і якість поверхні, що відновлюється.



Рисунок 2.1 – Хонінгувальний верстат 3Б833 [17]

Існують установки для нанесення покриттів гальвано-механічним способом. Але виникає потреба в їх придбанні, що підвищує витрати на відновлення гільзи. Пропонований пристрій призначений для закріплення гільз на хонінгувальному верстаті ЗБ833 (рисунок 2.1) для відновлення гільз гальвано-механічним способом. Оскільки цей верстат широко поширений, немає необхідності купувати дороге устаткування [5].

Пристрій (рисунок 2.2) складається з корпусу (8), встановленого на опорній плиті (7), що кріпиться на столі хонінгувального верстата ЗБ833. Закріплення гільзи (11) відбувається за рахунок призм (9), які переміщуються різьбленням за рахунок обертання валу, на якому вони розташовані. На опорний бурт гільзи встановлюється кожух (10) для відведення електроліту у ванну та захисту деталей пристосування. Поруч із верстатом встановлюються дві ванни з електролітом та водою. Ванни через трубопроводи пов'язані з насосами для подачі електроліту (2) і води (17) відповідно. Ванни забезпечені датчиками контролю температури та нагрівальними елементами для підтримки постійної температури.

Далі трубопроводи з'єднуються через кран-розподільник (3), який пов'язаний через трубу нагнітальний (4) з корпусом пристосування. До ріжучого інструменту (електрод-інструмент) (13) прикріплені електроди (14), які під'єднані до джерела живлення через струмознімальний пристрій (12). На гільзу (електрод-деталь) також подається напруга через призми.

Для хромування був обраний універсальний електроліт (склад, г/л:  $\text{CrO}_3$  – 250,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  – 2,5) як найбільш стабільний та високопродуктивний, що забезпечує нанесення якісних покриттів у діапазоні катодної щільності струму  $D_k = 50 \dots 1000 \text{ А/дм}^2$  та температури електроліту  $t_{\text{ел}} = 35 \dots 55 \text{ }^\circ\text{C}$ . Для гальвано-механічного залізнення були обрані електроліти наступного складу, г/л:  $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  – 500,  $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 40, виннокислий натрій – 3, змішаний –  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 200,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 200.

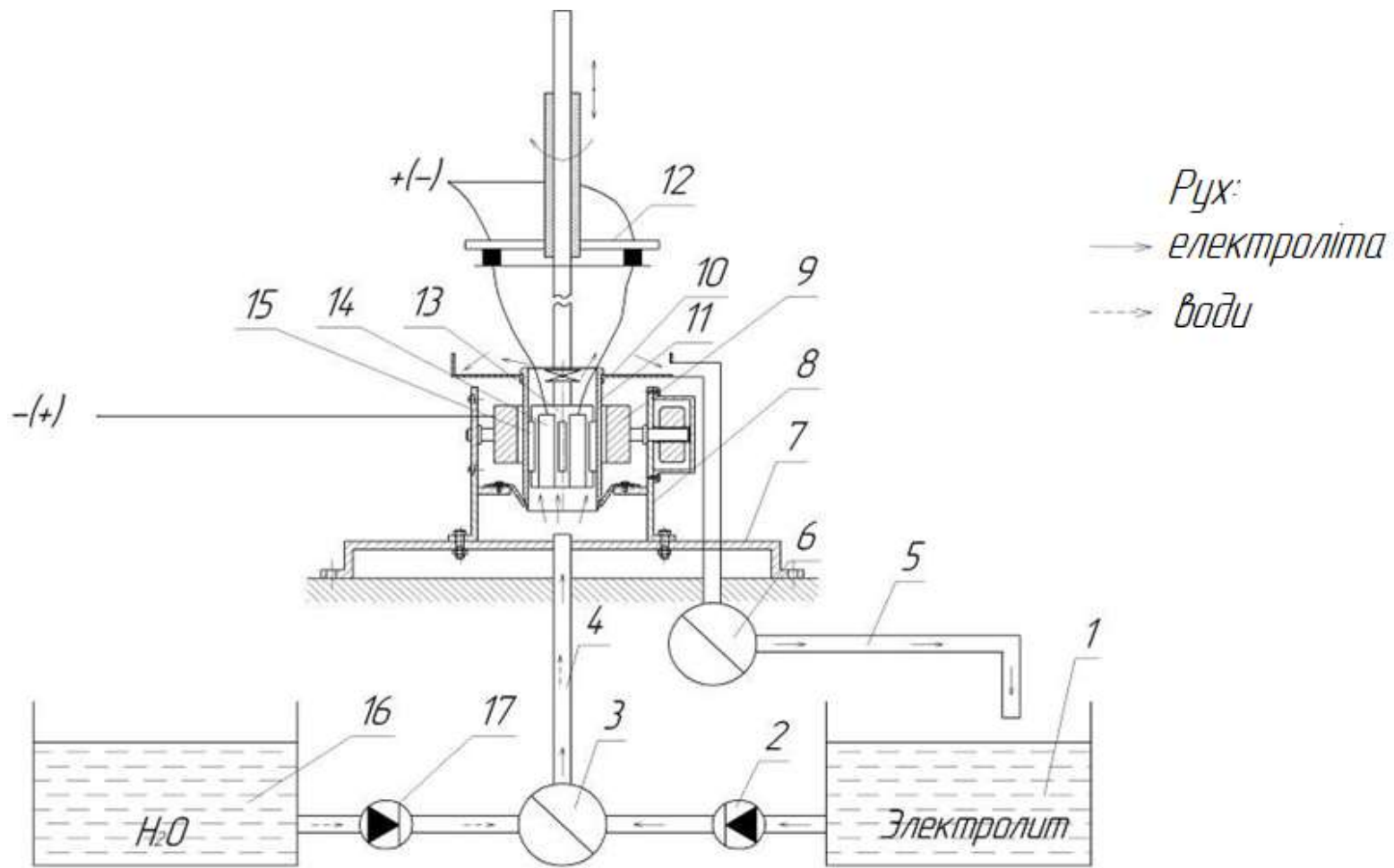


Рисунок 2.2 – Схема гальвано-механічного способу нанесення покриттів:

1 – ванна з електролітом; 2, 17 – насоси; 3, 6 – кран-розподільник; 4 – нагнітальний трубопровід; 5 – трубопровід відведення електроліту; 7 – монтажна плита; 8 – корпус; 9 – призми; 10 – захисний кожух; 11 – гільза, що відновлюється; 12 – струмознімальний пристрій; 13 – електрод-інструмент; 14 – електрод; 15 – хонінгувальні бруски; 16 – ванна з водою

Дані електроліти найбільш стабільні за іонним складом при гальвано-механічному залізненні та забезпечують нанесення якісних покриттів завтовшки більше 1 мм при  $D_k = 50 \dots 300 \text{ А/дм}^2$  та  $t_{\text{ел}} = 20 \dots 50 \text{ }^\circ\text{C}$  [6].

При дослідженнях з визначення хімічної стійкості абразивних і алмазних брусків на керамічній, бакелітовій, каучуковій, епоксидній та титанових зв'язках було встановлено, що найвищою хімічною стійкістю у вибраних електролітах хромування і залізнення мають абразивні бруски з і каучукових зв'язках Р9 і Р14. Однак подальше використання вибраних інструментів при гальвано-механічному хромуванні і залізненні показало, що алмазні бруски на титановій зв'язці в процесі електролізу поляризуються і відбувається їх активне електрохімічне розчинення, а також водне крихтіння, внаслідок чого їх використання стає недоцільним.

Так, найкраща якість покриттів досягається при гальвано-механічному хромуванні при використанні абразивних (24АМ40ПС2КП, 64СМ4СПСМ210Б), мінералокерамічних ВОК-60 і алмазних брусків (АСМ 40/28-РІ4Е – 100%) та алмазних (КАБХ АСВІ25/І00 ВС-2, АББХ АСО 80/63 РІ8Т 100%) [7].

Варіюючи катодною щільністю струму  $D_k$  і величиною тиску інструменту  $P_a$  можна управляти формуванням структури покриттів та величин пористості.

Виявлено, що збільшення  $D_k$ ,  $P_a$  і зниження  $t_{\text{ел}}$  сприяють збільшенню маслоємності і здатності, що змочується, покриттів хрому і заліза, яка вище у аналогічних покриттів, отриманих іншими способами.

Найбільш істотний вплив на продуктивність гальвано-механічного способу нанесення покриттів надають температура електроліту, катодна щільність струму і тип інструменту, що застосовується. Помічено, що при гальвано-механічному хромуванні продуктивність збільшується в 20...50 разів, а при залізненні в порівнянні зі стаціонарними умовами електролізу – в 5...10 разів.



### 2.1.1 Принцип дії пристосування

У процесі роботи електроліт з ванни (1) за рахунок дії насоса (2) надходить через кран-розподільник (3) нагнітальним трубопроводом (4) в корпус пристосування. Подача води здійснюється одночасно з електролітом. Кран-розподільник (3) налаштовується на подачу води в кількості, що дорівнює кількості води, що випарувалася в процесі нанесення покриття. Електроліт потрапляє в корпус, де потім під дією електричного струму торкається внутрішньої поверхні гільзи. Далі через кожух трубопроводом електроліт надходить назад у ванну. Процес циркуляції електроліту безперервний протягом усієї стадії нанесення покриття.

### 2.2 Розрахунок пристосування

**Розрахунок часу осадження металу.** Визначимо час, який знадобиться відновлення внутрішньої поверхні гільзи двигуна Д-240.

Необхідно обчислити площу поверхні, що покривається. У гільзи вона являє собою циліндр:

$$S = 2\pi rl = 2\pi \cdot 110 \cdot 245 = 169246 \text{ мм}^2. \quad (2.1)$$

Товщина шару покриття:

$$\delta = \frac{D_k c \eta t}{1000} \cdot 60 \cdot \gamma, \quad (2.2)$$

де  $D_k$  – щільність струму на катоді, А/дм<sup>2</sup>;

$\eta$  – вихід по струму, %;

$c$  – електрохімічний еквівалент, г/Ач;

$\gamma$  – щільність металу, г/см<sup>3</sup>.

Необхідно виконати хромування гільзи гальвано-механічним способом та отримати шар завтовшки 0,3 мм. Знаходимо тривалість осадження  $t$ :

$$t = \gamma \cdot 1000 \cdot 60 \cdot \frac{\delta}{D_k c \eta} = 7 \cdot 1000 \cdot 60 \cdot \frac{0.3}{400 \cdot 0.323 \cdot 50} = 32,5 \text{ хв.} \quad (2.3)$$

Кількість металу, що осаджується на катоді:

$$m = \frac{c S t \eta}{100} = \frac{0.323 \cdot 1950 \cdot 0.5}{100} = 53 \text{ г.} \quad (2.4)$$

**Визначення зусилля затискання гільзи.** При відновленні внутрішньої поверхні гільзи гальвано-механічним способом необхідно забезпечити міцність закріплення гільзи в призмах без виникнення прокручування і вібрацій.

Для цього необхідне виконання наступної умови  $M_{pmp} \geq M_{pz}$ , тобто момент від сили різання ( $M_{pmp}$ ) повинен дорівнювати або більше моменту сили різання ( $M_{pz}$ ).

Для визначення моменту від сили різання знаходимо тангенціальну складову зусилля різання при розточуванні циліндра [9]:

$$P_z = C_{pz} \cdot t \cdot S^{0.75}, \quad (2.5)$$

де  $t$  – глибина різання, мм;

$S$  – подача;

$C_{pz}$  – коефіцієнт, що залежить від властивостей оброблюваного матеріалу.

Для чавуну СЧ21-40 твердість 190 НВ значення  $C_{pz} = 92$ .

$$P_z = 92 \cdot 0.06 \cdot 10^{0.75} = 31 \text{ Н} \quad (2.6)$$

Момент від тангенціальної складової сили різання дорівнюватиме:

$$M_{pz} = P_z \cdot R_{\text{різ}} , \quad (2.7)$$

де  $R_{\text{різ}}$  – радіус різання, мм.

$$M_{pz} = 31 \cdot 55,4 = 1717,4 \text{ Н} \cdot \text{мм} . \quad (2.8)$$

Момент від сили тертя має бути більше моменту від сили різання ( $M_{\text{тр}} \geq M_{pz}$ ).

$$M_{\text{тр}} = P_{\text{тр}} \cdot R . \quad (2.9)$$

Значить

$$P_{\text{тр}} = \frac{M_{\text{тр}}}{R_{\text{тр}}} \text{ або } P_{\text{тр}} \geq \frac{M_{pz}}{R_{\text{тр}}} = \frac{1717,4}{62} = 27,7 \text{ Н} . \quad (2.10)$$

Для визначення моменту від сили тертя необхідно знайти силу тертя призм із зовнішньої поверхні гільзи:

$$P_{\text{тр}} = F_{\text{нр}} \cdot f , \quad (2.11)$$

де  $F_{\text{нр}}$  – сила нормального тиску, створювана призмами на гільзу, діятиме у напрямку центру кола гільзи перпендикулярно поверхонь призм;  
 $f$  – коефіцієнт тертя призм по гільзу ( $f = 0,2$  – чавун по сталі).

Тепер можемо знайти нормальну силу:

$$F_{np} = \frac{P_{mp}}{f} = \frac{27,7}{0,2} = 138,5 \text{ Н.} \quad (2.12)$$

Тоді сила, що діє у напрямку руху призми:

$$F_x = \frac{F_{np}}{\cos \alpha} = \frac{138,5}{\cos 30^\circ} = 159,93 \text{ Н,} \quad (2.13)$$

де  $\alpha$  – кут між напрямком руху призми та силою нормального тиску ( $30^\circ$ ).

**Розрахунок валів.** Основний розрахунок валів полягає у побудові епюр крутних і згинальних моментів методами опорів матеріалів [10].

Далі за графіками визначаємо найбільш небезпечний переріз, тобто з найбільшими згинальними моментами і розраховуємо згинальний момент:

$$M_u = \sqrt{(M_u^B)^2 + (M_u^T)^2} = 95 \text{ Н} \cdot \text{м,} \quad (2.14)$$

де  $M_u^B$  – згинальний момент у вертикальній площині;

$M_u^T$  – згинальний момент у горизонтальній площині.

Еквівалентний момент:

$$M_e = \sqrt{(M_u)^2 + (T)^2} = \sqrt{95^2 + 0,215^2} \approx 95 \text{ Н} \cdot \text{м.} \quad (2.15)$$

Розрахунковий діаметр валу:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_u \cdot 10^3}{0,1 \cdot [\sigma]}}, \quad (2.16)$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{меж}}}{n} = \frac{410}{2} = 205 \text{ МПа,} \quad (2.17)$$

де  $[\sigma]$  – межа міцності сталі, що допускається;

$\sigma_{\text{меж}}$  – межа міцності сталі;

$n$  – коефіцієнт запасу міцності.

$$d = \sqrt[3]{\frac{95000}{0,1 \cdot 205}} = 16,7 \text{ мм} . \quad (2.18)$$

Приймаємо діаметр валу  $d=18$  мм, оскільки на валу необхідне різьблення стандартного діаметра.

**Розрахунок необхідного моменту загвинчування різьблення.**  
Необхідний момент загвинчування різьблення знаходиться за формулою:

$$T_{\text{заг}} = T_{\text{р}} + T_{\text{т}} , \quad (2.19)$$

де  $T_{\text{р}}$  – момент тертя у різьбленні;

$T_{\text{т}}$  – момент тертя на торці гайки чи болта. У нашому випадку  $T_{\text{т}} = 0$ .

Тоді загвинчування знаходиться за формулою:

$$T_{\text{заг}} = \frac{1}{2} \cdot F_{\text{а}} d_2 \text{tg}(\psi + \varphi) , \quad (2.20)$$

де  $F_{\text{а}}$  – осьова сила;

$d_2 = 0,9 \cdot d = 0,9 \cdot 18 = 16,2$  мм – середній діаметр різьблення;

$\psi = 2^\circ$  – кут підйому різьблення;

$\varphi = 10^\circ$  – кут тертя в різьбленні.

$$T_{\text{заг}} = \frac{1}{2} \cdot 159,93 \cdot 16,2 \cdot \text{tg}(2 + 10) = 275,2 \text{ Н} \cdot \text{мм} . \quad (2.21)$$

**Розрахунок болтів на розтягування.** Так як на вал при затисканні гільзи діятиме осьове зусилля від призм, необхідно розрахувати діаметр гвинта, щоб витримати навантаження від тиску валу на кришку.

З опору матеріалів та деталей машин відомо [10]:

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2}, \quad (2.22)$$

де  $\sigma$  – діюча напруга, МПа;

$F$  – сила, що діє на деталь, Н;

$A$  – площа дії навантаження, мм<sup>2</sup>.

Умови міцності болта при розтягуванні:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma]; \quad (2.23)$$

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{попе}}}{n} = \frac{410}{2} = 205 \text{ МПа}; \quad (2.24)$$

$$\sigma_p = 1,3 \cdot \sigma - \text{попередній зтяг.}$$

Тоді найменший діаметр валу:

$$d = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 \cdot F}{\pi \cdot [\sigma]}} = \sqrt{\frac{1,3 \cdot 4 \cdot 159,93}{3,14 \cdot 205}} = 1,14 \text{ мм.} \quad (2.25)$$

З конструктивних міркувань приймаємо діаметр болта 6 мм.

**Розрахунок кришки на вигин.**

1. Визначаємо опорні реакції:

$$\sum m_{\text{от}A} F_i = 0;$$

$$-F \cdot 217 + R_B \cdot 261 = 0;$$

$$R_B = \frac{217 \cdot F}{261} = \frac{160 \cdot 217}{261} = 133,03 \text{ Н}; \quad (2.26)$$

$$\sum \text{mom}_B F_i = 0;$$

$$-R_A \cdot 261 + F \cdot (261 - 217) = 0;$$

$$R_A = \frac{(261-217) \cdot F}{261} = \frac{160 \cdot (261-217)}{261} = 26,97 \text{ Н}; \quad (2.27)$$

2. Перевірка:

$$\sum n p_y \cdot F_i = 0; \quad (2.28)$$

$$R_A + R_B - F = 0; \quad (2.29)$$

$26,97 + 133,03 - 160 = 0$  – реакції знайдені правильно.

3.

1 ділянку:

$$Q_y = -\sum n p_y F_i = -(-R_A) = 26,97 \text{ Н}; \quad (2.30)$$

$$M_x = -\sum \text{mom}_x F_i = -(-R_A \cdot U) = 26,97U; \quad (2.31)$$

$$U_1 = 0; U_2 = 217;$$

$$Mx_1 = 0; Mx_2 = 5,85.$$

2 ділянку:

$$Q_y = -\sum n p_y F_i = -(-R_A + F) = 26,97 - 160 = -133,03 \text{ Н}; \quad (2.32)$$

$$\begin{aligned}
 M_x &= -\sum \text{mom}_x F_i = -(-R_A \cdot (217 + U) + FU) = \\
 &= R_A \cdot (217 + U) - F \cdot U;
 \end{aligned}
 \tag{2.33}$$

$$U_1 = 0; U_2 = 217;$$

$$M_{x_1} = 5,85; M_{x_2} = 0.$$

4. Будуємо епюри від дії згинальних сил та моментів (рисунок 2.3).

5. Умова міцності при виборі розмірів прямокутного перерізу:

$$\sigma_{max} = \pm \frac{1}{W_x} \cdot \left( M_x + \frac{W_x}{W_y} \cdot M_y \right) \leq [\sigma], \tag{2.34}$$

де  $M_x, M_y$  – моменти по осі  $x$  та  $y$  відповідно у найбільш небезпечному перерізі;

$W_x, W_y$  – осьові моменти опору вигину.

З умови міцності визначаємо  $W_x$ :

$$W_x \geq \frac{1}{[\sigma]} \cdot \left( M_x + \frac{W_x}{W_y} \cdot M_y \right); \tag{2.35}$$

$$W_x = \frac{bh^2}{6}; \quad W_y = \frac{b^2h}{6}. \tag{2.36}$$

Так як у нашому випадку вид навантаження – прямий поперечний вигин, то  $M_y = 0$ , тобто:

$$W_x \geq \frac{M_{x \max}}{[\sigma]} = \frac{5,85}{180} = 0,0325 \text{ см}^3 = 32,5 \text{ мм}^3; \tag{2.37}$$

$$b \geq \frac{6 \cdot W_x}{h^2} = \frac{6 \cdot 32,5}{100} = 1,95 \text{ мм}. \tag{2.38}$$



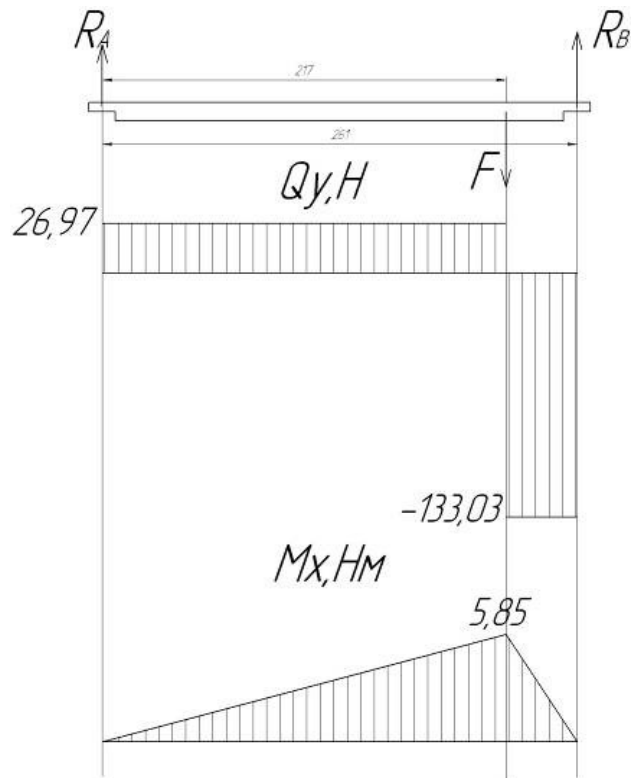


Рисунок 2.3 – Епюра сил та моментів від дії сил

Мінімально потрібна товщина кришки, яка потрібна для виконання умови міцності 1,95 мм. З конструктивних міркувань приймаємо остаточну товщину 10 мм.

### 2.3 Розробка технологічної карти

Технологічний процес відновлення гільзи зводиться до розточування гільзи (для відновлення геометрії внутрішньої поверхні циліндра), гальвано-механічного процесу нанесення покриттів (декапірування 15...85 с, нанесення покриття з виходом на режим протягом 8...10 хв, з плавним збільшенням щільності струму до оптимального) подальшому промиванні деталі в проточній воді, їх нейтралізації та ополіскування.

Таким чином, для відновлення внутрішньої поверхні гільзи Д-240 необхідно провести операції:

- розточування на верстаті 278Н;

- розрізна операція;
- плоскошліфувальна;
- шліфувальна всередині;
- електрохімічне хонінгування на верстаті 3Б833;
- промивання деталі;
- контрольна.

### **Розточення гільзи.**

Число проходів [11]:

$$i = \frac{h}{t}, \quad (2.36)$$

де  $h$  – припуск обробку, мм ( $h = 0,2$ );

$t$  – глибина різання, мм ( $t = 0,2$ );

$$i = \frac{0,2}{0,2} = 1. \quad (2.37)$$

Вибираємо значення подачі [11]:

$$S = 0,3 \text{ мм.}$$

Швидкість різання [11]:

$$V_p = 65 \frac{\text{М}}{\text{ХВ}}.$$

Визначаємо кількість оборотів, об/хв [11]:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.38)$$

де  $D$  – діаметр деталі, мм.

$$n_p = \frac{1000 \cdot 65}{3,14 \cdot 110,2} = 187,85 \frac{\text{об}}{\text{хв}}. \quad (2.39)$$

З технічного паспорта верстата вибираємо менші обороти розрахункових  $n_\phi = 160$  об/хв.

Фактична швидкість різання з урахуванням обраної частоти обертання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 110,2 \cdot 160}{1000} = 55,36 \frac{\text{м}}{\text{хв}}. \quad (2.40)$$

Основний час, хв [10]:

$$T_0 = \frac{(l+y) \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.41)$$

де  $l$  – довжина оброблюваної поверхні деталі, мм;

$y$  – величина врізання та перебігу ріжучого інструменту, мм.

$$T_0 = \frac{(245+5) \cdot 1}{160 \cdot 0,3} = 5,21 \text{ хв}. \quad (2.42)$$

Допоміжний час [11]:

$$T_{\text{доп}} = 2,9 + 0,5 = 3,4 \text{ хв}. \quad (2.43)$$

Додатковий час [11]:

$$T_{\text{дод}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot K_{\text{доп}}}{100}, \quad (2.44)$$

де  $T_{оп} = T_o + T_{доп}$  – оперативний час, хв;

$K_{доп}$  – відсоткове відношення додаткового часу до оперативного (для розточування  $K_{доп} = 7$ ).

$$T_{дод} = \frac{(5,21+3,4) \cdot 7}{100} = 0,6 \text{ хв.} \quad (2.45)$$

Штучний час, хв [11]:

$$T_{шт} = T_o + T_{доп} + T_{дод} = 5,21 + 3,4 + 0,6 = 9,21 \text{ хв.} \quad (2.46)$$

Підготовчо-заключний час [10]:

$$T_{пз} = 9 \text{ хв.}$$

Норма часу, хв [11]:

$$T_n = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n_{шт}}, \quad (2.47)$$

де  $n_{шт} = \frac{\sum T_{пз}}{K \cdot \sum T_{шт}}$  – кількість деталей у партії, шт [11];

$K = 0,04 \dots 0,25$  – показник ефективності використання обладнання ( $K = 0,2$ ).

**Гальвано-механічне хромування гільзи.** Гальвано-механічне хромування є різновидом електрохімічного хонінгування.

Параметри хонінгування вибираються експериментально [7]:

Число проходів:  $i = 1$ ;

значення подачі:  $S = 10$  мм/об;

число оборотів:  $n = 400$  об/хв.

Фактична швидкість різання з урахуванням обраної частоти обертання:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 110,4 \cdot 400}{1000} = 138,66 \frac{\text{м}}{\text{хв}}. \quad (2.48)$$

Основний час дорівнюватиме тривалості осадження покриття, яке вже визначалося за формулою 2.2. Для товщини покриття 0,3 мм тривалість осадження 32,5 хв.

$$T_0 = 32,5 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$T_{\text{доп}} = 1 + 0,6 = 1,6 \text{ хв}. \quad (2.49)$$

Додатковий час:

$$T_{\text{дод}} = \frac{(32,5 + 1,6) \cdot 9}{100} = 3,07 \text{ хв}, \quad (2.50)$$

де  $K_{\text{доп}}$  – відсоткове відношення додаткового часу до оперативного (для хонінгування  $K_{\text{доп}} = 9$ ).

Штучний час:

$$T_{\text{шт}} = 32,5 + 1,6 + 3,07 = 37,17 \text{ хв}. \quad (2.51)$$

Підготовчо-заключний час:

$$T_{\text{пз}} = 7 \text{ хв}.$$

Визначаємо кількість деталей у партії:

$$n_{\text{шт}} = \frac{9+7}{0,2 \cdot (9,21+37,17)} = 1,72 \text{ шт.} \quad (2.52)$$

Приймаємо  $n_{\text{шт}} = 2$  шт.

Норма часу для розточування, хв:

$$T_{\text{Н}} = 9,21 + \frac{9}{2} = 13,71 \text{ хв.} \quad (2.53)$$

Норма часу для хонінгування, хв:

$$T_{\text{Н}} = 37,17 + \frac{7}{2} = 40,67 \text{ хв.} \quad (2.54)$$

**Промивання гільзи.** Промивають гільзи в проточній воді, потім сушать у сушильній шафі ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 10$  хв).

Технологічна карта відновлення гільзи циліндра двигуна Д-240 представлена у додатку А.

## **3 РОЗДІЛ 3 ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **3.1 Заходи безпеки при ремонті гільз ДВЗ**

Безпека життєдіяльності – це комплекс заходів щодо забезпечення безпеки життєвої діяльності людини в умовах виробництва. Охорона праці є найважливішим розділом у безпеці життєдіяльності. Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я та працездатність людини в процесі праці [13].

Працюючи на верстатах робітники піддаються різним небезпечним і шкідливим чинникам. Так як ці фактори безпосередньо впливають на безпеку життєдіяльності при відновленні гільз двигунів, необхідно розробити ряд заходів щодо запобігання їх шкідливого впливу.

#### **3.1.1 Загальні питання безпеки праці**

Створення безпечних та здорових умов праці на кожному робочому місці є головним завданням усіх керівних та інженерно-технічних працівників сільськогосподарських підприємств. Адміністрація зобов'язана дотримуватись вимог державних стандартів, норм і правил з охорони праці, здійснювати заходи з техніки безпеки та виробничої санітарії, вживати необхідних заходів щодо запобігання нещасним випадкам.

Найважливіше значення має навчання працюючих безпеки праці, що здійснюється відповідно до ГОСТ 12.0.004-90 на всіх підприємствах та організаціях, незалежно від ступеня небезпеки. Новоприйнятих або змінюючих роботу робітників повинні навчати у навчальних майстернях (у цехах, на ділянках) безпечним прийомом роботи інструктори, на робочому місці – висококваліфікований робітник, бригадир, майстер, який має

відповідну підготовку. Виробниче навчання провадиться за допомогою інструктажів.

Розрізняють такі види інструктажу:

- вступний інструктаж (його проводить інженер з охорони праці з усіма запрошеними на роботу);
- первинний інструктаж (на робочому місці на початок виробничої діяльності);
- повторний інструктаж (з усіма робітниками з безпечних прийомів та методів роботи);
- позаплановий інструктаж (у випадках запровадження нових або переробки стандартів, правил, інструкцій, заміни обладнання інструменту тощо, при аварії, травмі, пожежі, перерві у роботі понад 30 календарних днів);
- цільовий інструктаж (за виконання разових робіт, ліквідації аварій, лих, катастроф) [13].

**Заходи щодо забезпечення нормальних санітарно-технічних умов.** У процесі праці людина вступає у взаємодію з предметами, знаряддями праці та інші людьми. З іншого боку, нього впливають різні чинники виробничої обстановки, у якій протікає працю. Усе це разом характеризує певні умови праці людини. Від умов праці переважно залежить здоров'я і працездатність людини, її ставлення до праці та її результати, тому поліпшення умов праці надає дуже велике значення.

Якщо системами, що протидіють впливам шкідливих факторів на організм, не забезпечуються нормативні параметри шкідливих виділень у робочій зоні, необхідно видавати робочим засоби індивідуального захисту.

Багато виробничих процесів супроводжуються виділенням у повітря робочої зони різноманітних забруднень і теплових випромінювань. Шкідливі речовини проникають в організм людини головним чином через дихальні шляхи, а також через шкірні покриви та слизові оболонки.



Для захисту органів дихання від шкідливих газів та парів, присутніх у повітрі у концентраціях, що не перевищують ГДК більш ніж у 15 разів, рекомендується протигазовий респіратор РПГ-67.

Очі необхідно захищати під час роботи з концентрованими хімічними речовинами, а також під час експлуатації шліфувального та полірувального обладнання. Для захисту очей придатні напівзакриті або герметичні окуляри зі звичайним або коригуючим безбарвним безосколочним склом. Для захисту очей від пилу та бризок їдких рідин рекомендуються окуляри типу ЗПС-80, ЗП2-80, ЗП3-80 [15].

Велике значення для нормалізації повітряного середовища при відновленні гілз має вентиляція, за допомогою якої можна досягти видалення забрудненого або нагрітого повітря з приміщень та подачею свіжого повітря.

Залежно від способу переміщення повітря розрізняють природну вентиляцію і механічну.

При природній вентиляції повітря надходить та видаляється через щілини, вікна, двері тощо. Якщо переміщення повітря виробляють за допомогою вентиляторів, таку вентиляцію називають механічною. Залежно від напрямку потоку повітря вентиляція буває припливною та витяжною. По зоні дії розрізняють загальнообмінну, місцеву та змішану вентиляцію.

Місцеву механічну вентиляцію проектують у разі фіксованих місць шкідливих виділень у конструкції обладнання чи технологічного процесу. У гальванічних ванн, абразивно-заточувального та іншого обладнання, що має місця інтенсивного шкідливого виділення, проектують парасольки, бортові, щілинні та інші пристрої для місцевого видалення. Крім того, у приміщеннях з таким обладнанням проектують загальнообмінну вентиляцію, щоб зменшити концентрацію забруднень у навколишньому повітрі.

Правильне проектування та раціонально виконане висвітлення приміщень на підприємстві позитивно впливає на працюючих, сприяє підвищенню якості продукції, сприяє більш високій продуктивності праці,

забезпеченню її безпеки, знижує стомлюваність і травматизм на виробництві, зберігає високу працездатність у процесі праці.

Враховуючи це, раціонально використовувати змішане освітлення, в якому поєднуюватиметься природне, а саме бічне одностороннє освітлення та штучне (робоче) освітлення.

До раціонального освітлення пред'являтимуться такі вимоги: дотримання нормативу освітленості, рівномірний розподіл світильників; у полі зору має бути прямої і відбитої бляклості. Норми освітленості щодо різноманітних приміщень ремонтних підприємств зазначені у довідковій літературі [14].

Великий вплив на самопочуття працюючих робить шум, створюваний обладнанням. Сильний шум викликає навантаження слухового апарату, слухову втому, знижує увагу, впливає елемент центральної нервової системи, що може сприяти виникненню нещасного випадку.

Причиною виникнення шуму є вібрація. Для зниження вібрації, що впливає працюючих, застосовують такі методи: ослаблення вібрації у джерелі, застосування засобів віброзахисту; розташування верстатів на 1-му поверсі приміщення, на окремих фундаментальних плитах; застосування амортизаторів (гумової прокладки).

Одним з найважливіших заходів є дотримання вимог техніки безпеки робітниками під час роботи на верстатах: чищення, мастило, регулювання механізмів та встановлення деталей проводити при зупиненому верстаті з вимкненим електродвигуном; вимірювання та інші робочі прийоми проводити тільки при зупиненому верстаті; забороняється працювати на несправному верстаті тощо.

**Заходи щодо забезпечення безпеки обладнання.** Основними технічними засобами охорони праці є захисні пристрої. Для запобігання захопленню, удару робочими механізмами всі види передач різних верстатів та установок, що використовуються при відновленні гільз повинні мати огорожувальні пристрої – кожухи, щити, екрани, козирки, планки, бар'єри

(суцільні та сітчасті). Крім того, застосовують: блокувальні пристрої (механічні, електронні, електричні, пневматичні, гідравлічні), пристрої, до яких відносяться системи захисту від ураження електричним струмом, пристрої сигналізації.

Для безпеки експлуатації за нормального режиму роботи електроустановок необхідно забезпечити захисне заземлення.

При виявленні нагріву деталей, що труться, появи гару або диму верстат потрібно негайно зупинити і приступити до гасіння пожежі наявними засобами, викликати пожежну команду. Двигун, що загорівся, або електропроводку необхідно гасити сухим піском або вогнегасником (вуглекислотним або порошковим). При значному поширенні пожежі, коли її не можна ліквідувати наявними на ділянці засобами, робітники евакуюватимуться через заздалегідь передбачену необхідну кількість дверей [14].

### **3.2 Безпека праці при відновленні гільз гальвано-механічним способом, запропонованим у конструктивній розробці**

У конструктивній розробці даного дипломного проекту запропоновано пристрій для відновлення внутрішньої поверхні гільз циліндрів двигунів гальвано-механічним способом. Характерною особливістю є використання різноманітних хімічних речовин. Робота з такими речовинами створює небезпеку отруєнь, опіків та професійних захворювань.

Вдихання шкідливих речовин призводить до ураження верхніх дихальних шляхів та загальнотоксичної дії. Попадання кислот та лугів на шкіру може спричинити подразнення або опік.

Поряд із хімічними небезпечними та шкідливими факторами технологічний процес гальвано-механічного залізнення характеризується і фізичними факторами: шумом, вібрацією та ін.

При відновленні гільз гальванічними покриттями одним із основних факторів є локальне виділення шкідливих речовин. Тому для вентиляції необхідно застосовувати систему місцевої витяжної вентиляції, яка не поєднана з вентиляційними системами інших приміщень.

Для місцевої вентиляції використовуватимемо витяжний зонт. Розміри зонта:

$$R = r + 0,24 \cdot h = 0,055 + 0,24 \cdot 2 = 0,535 \text{ м};$$

$$R_1 = 0,8 \cdot R = 0,428 \text{ м};$$

$$R_2 = 0,6 \cdot R = 0,321 \text{ м};$$

$$R_4 = 0,7 \cdot R_3;$$

$$\Delta h = 1,4 \cdot (R_1 - R_2) = 0,139 \text{ мм.} \quad (3.1)$$

Розміри  $R_3$ ,  $R_4$ ,  $H$  призначаються з конструктивних міркувань.

Необхідну продуктивність відсмоктування, що забезпечує оптимальну ефективність уловлювання, знаходимо за формулою:

$$L_{\text{відсм}} = L_{\text{гр.от.}} \cdot k_{\eta}, \quad (3.2)$$

де  $L_{\text{гр.от.}}$  – гранична продуктивність відсмоктування, що характеризує повне уловлювання струменя;

$k_{\eta}$  – коефіцієнт, що характеризує уловлювання шкідливих речовин.

Знаходять за графіком залежно від вмісту шкідливих речовин у припливному та витяжному повітрі ( $k_{\eta} = 1,3$ ).

Відносна гранична витрата відсмоктування [15]:

$$L_{\text{гр.от.}} = \frac{L_{\text{гр.от.}}}{L_{\text{стр}}}, \quad (3.3)$$

де  $L_{\text{стр}}$  – витрата повітря в струмені.

$$L_{\text{гр.от.}} = 3,4 - 2,4 \cdot \left(\frac{R}{r}\right)^2 = 3,4 - 2,4 \cdot \left(\frac{0,535}{0,055}\right)^2 = 223,69 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}; \quad (3.4)$$

$$L_{\text{стр}} = \frac{\pi \cdot r^2}{3} \cdot u_m = \frac{3,14 \cdot 0,055^2}{3} \cdot 1,12 = 0,0035 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}. \quad (3.5)$$

Швидкість закінчення забрудненого припливного струменя:

$$u_m = 0,0425 \cdot \left(\frac{Q}{r}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{h}{r}\right)^{\frac{1}{3}} = 0,0425 \cdot \left(\frac{27,5}{0,055}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{2}{0,055}\right)^{\frac{1}{3}} = 1,12 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (3.4)$$

де  $Q$  – продуктивність джерела теплоти, Вт.

$$L_{\text{гр.от.}} = L_{\text{гр.от.}} \cdot L_{\text{стр}} = 0,783 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}. \quad (3.5)$$

Продуктивність відсмоктування:

$$L_{\text{відсм}} = L_{\text{гр.от.}} \cdot k_{\eta} = 0,783 \cdot 1,3 = 1,0179 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 3664,44 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}. \quad (3.6)$$

Приймається вентилятор ВОК – 4,0 продуктивністю 4500 м<sup>3</sup>/год, потужність електродвигуна 180 Вт.

Схема місцевої витяжної вентиляції представлена на рисунку 3.1.

Забруднене повітря, що відсмоктується від обладнання та приміщень, має компенсуватися надходженням такої ж кількості чистого повітря. За обсягом повітря, що відсмоктується і нагнітається, і за продуктивністю вентиляторів, що випускаються, розраховують необхідну кількість вентиляційних агрегатів.

Для очищення забрудненого повітря, яке видаляється вентиляторами, передбачають спеціальні очисні пристрої.

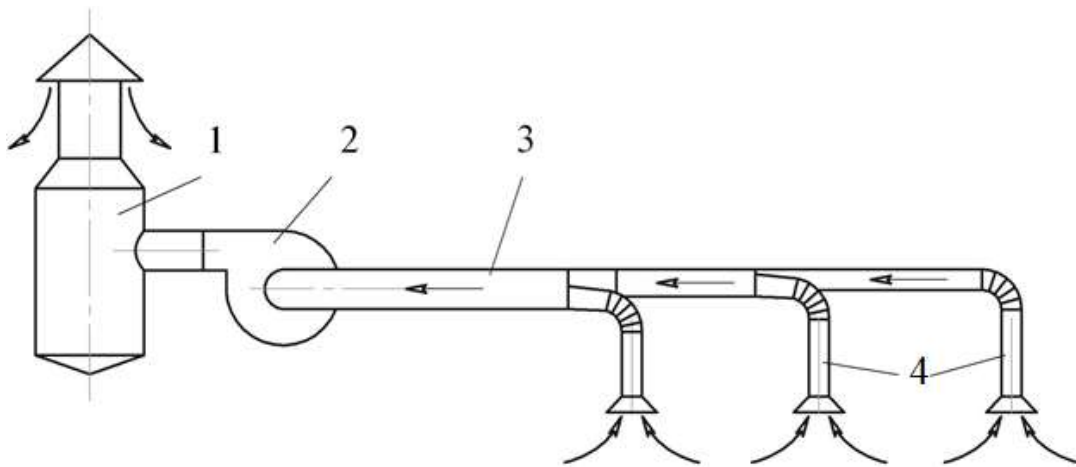


Рисунок 3.1 – Схема місцевої витяжної вентиляції

1 – очисний пристрій; 2 – вентилятор; 3 – центральний повітропровід; 4 – відсмоктуючий повітропровід.

### 3.3 Забезпечення пожежної безпеки під час відновлення гільз

При відновленні гільз можуть виникнути різні небезпеки у пожежному відношенні. За технологією ремонту тут використовується відкритий вогонь під час зварювання; електроустаткування, схильне до займання; легкозаймисті рідини.

Небезпечними та шкідливими факторами пожежі (ОФП), що впливають на людей, є: відкритий вогонь, підвищена температура навколишнього середовища та предметів, токсичні продукти горіння, дим, знижена концентрація кисню, частини будівельних конструкцій, що падають; при вибуху – ударна хвиля, частини, що розлітаються, і шкідливі речовини.

Ділянки, цехи, склади групують за ознаками пожежної небезпеки. Ковальські, зварювальні, термічні, фарбувальні поділяють негорючими стінами, перегородками та перекриттями.

У ремонтних майстернях необхідний один пожежний щит типу ЩП-СХ біля найбільш пожежонебезпечного місця, де проводяться зварювальні роботи. В інших менш небезпечних місцях встановлюється по одному порошковому вогнегаснику місткістю 5 л [13].

## 4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 4.1 Визначення економічної ефективності конструкторської розробки

Для оцінки економічної ефективності конструкторської розробки необхідно розрахувати витрати на виготовлення конструкції та її балансову вартість, собівартість одиниці ремонтної продукції, питомі капітальні вкладення та питомі наведені витрати, коефіцієнт потенційного резерву ефективності конструкції, показники зниження трудомісткості та зростання продуктивності праці, термін окупності додаткових капітальних річну економію чи додатковий прибуток.

#### 4.1.1 Витрати виготовлення пристосування [16]

$$C_K = C_M + C_{п.д.} + C_{з.п.} + C_{зв} \quad (4.1)$$

де  $C_M$  – вартість матеріалів (основних та допоміжних), що застосовуються при виготовленні конструкції, грн;

$C_{п.д.}$  – вартість покупних деталей, вузлів, агрегатів, грн;

$C_{з.п.}$  – заробітна плата з відрахуваннями виробничих робітників, зайнятих виготовленням та складанням конструкції, грн;

$C_{зв}$  – загальновиробничі (цехові) накладні витрати, грн.

**Вартість основних матеріалів** визначається за формулою [7]:

$$C_M = \sum M_i \cdot C_i, \quad (4.2)$$

де  $M_i$  – маса витраченого матеріалу  $i$ -го виду, грн.;

$C_i$  – ціна одного кілограма матеріалу  $i$ -го виду, грн.;



Маса матеріалу  $M$  (за видами) визначається за формулою [16]:

$$M = A \cdot M_{\Gamma}^n, \quad (4.2)$$

де  $M_{\Gamma}$  – маса готової деталі, кг;

$A$  і  $n$  – постійні залежні від виду матеріалу деталі, способів та методів її виготовлення, наявності механічної обробки тощо [16].

Рівень цін приймається за фактичними витратами на їх придбання та доставку на ремонтне підприємство.

$M_1$  – маса двох ванн, кг;

$M_2$  – маса опорної плити, кг;

$M_3$  – маса корпусу, кг;

$M_4$  – маса двох призм, кг;

$M_5$  – маса валів, кг;

$M_6$  – маса кришки шестерень, кг.

$$M_1 = 1,68 \cdot 34^{0,94} = 46,23 \text{ кг}; \quad (4.3)$$

$$M_2 = 1,18 \cdot 15^{0,96} = 15,88 \text{ кг}; \quad (4.4)$$

$$M_3 = 1,68 \cdot 7^{0,94} = 10,46 \text{ кг}; \quad (4.5)$$

$$M_4 = 1,68 \cdot 4,8^{0,94} = 7,34 \text{ кг}; \quad (4.6)$$

$$M_5 = 1,2 \cdot 2,6^{0,98} = 3,06 \text{ кг}; \quad (4.7)$$

$$M_6 = 1,18 \cdot 1,32^{0,96} = 1,54 \text{ кг}. \quad (4.8)$$

$$\sum M_i = M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6; \quad (4.9)$$

$$\sum M_i = 46,23 + 15,88 + 10,46 + 7,34 + 1,54 = 81,45 \text{ кг}. \quad (4.10)$$

Всі деталі конструкції, крім валів, виготовлені зі сталі Ст3. Ціна сталі Ст3 – 21 грн/кг. Вали виготовлені із сталі 20. Ціна – 26 грн/кг.

$$C_M = 81,45 \cdot 21 + 3,06 \cdot 26 = 1790,01 \text{ грн} \quad (4.11)$$

**Вартість покупних деталей ( $C_{п.д.}$ )** вузлів та агрегатів за цінами їх придбання з урахуванням витрат на їх доставку становить 1878 грн.

Покупні деталі: Насос НШ-10 – 420 грн;

Насос НШ-50 – 750 грн;

Трубопровід – 273 грн;

Регулятор температури – 315 грн;

Доставка – 120 грн.

**Заробітна плата** виробничих робітників, зайнятих на збиранні конструкції та виготовленні деталей до неї ( $C_{з.п.}$ ), розраховується за формулою [16]:

$$C_{з.п.} = C_{о.з.п.} + C_{д.з.п.} + C_{соц} , \quad (4.12)$$

де  $C_{о.з.п.}$  – основна заробітна плата, грн;

$C_{д.з.п.}$  – додаткова заробітна плата, грн;

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

Основна заробітна плата визначається твором:

$$C_{о.з.п.} = (T_{в.е.} + T_{скл}) \cdot C_{г} , \quad (4.13)$$

де  $T_{в.е.}$  – трудомісткість виготовлення елементів виробу, чол-год;

$T_{скл}$  – трудомісткість складання, чол-год;

$C_{г}$  – годинна тарифна ставка робітників, що обчислюється за середньому розряду, грн ( $C_{г} = 32$  грн).

Трудомісткість виготовлення елементів виробу визначається з урахуванням поопераційних розрахунків.

$$T_{в.е.} = 10,2 \text{ год.}$$

Трудомісткість складання конструкції ( $T_{ск}$ ) визначається за виразом:

$$T_{ск} = K_c \cdot \sum t_{ск} , \quad (4.14)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт, що враховує співвідношення між повним та оперативним часом складання ( $K_c = 1,08$ );

$t_{ск}$  – трудомісткість складання окремих елементів конструкції [16].

$$\sum t_{сб} = 6 \cdot t_1 + 14 \cdot t_2 + 2 \cdot t_3 + 2 \cdot t_4 + 3 \cdot t_5 , \quad (4.15)$$

де  $t_1$  – трудомісткість загортання гвинта, чол-год;

$t_2$  – трудомісткість загортання болта, чол-год;

$t_3$  – запресування втулки, чол-год;

$t_4$  – пригін шпонки до валу, чол-год;

$t_5$  – установка шестерні та муфти на вал, чол-год.

$$\sum t_{сб} = 6 \cdot 0,008 + 14 \cdot 0,01 + 2 \cdot 0,03 + 2 \cdot 0,45 + 3 \cdot 0,033 = 1,247 \quad (4.16)$$

$$T_{сб} = 1,08 \cdot 1,247 = 1,35 \text{ чол-год} ; \quad (4.17)$$

$$C_{о.з.п.} = (1,35 + 10,2) \cdot 32 = 369,6 \text{ грн} . \quad (4.18)$$

Додаткову заробітну плату можна прийняти у розмірі 5...12% від основної [16]:

$$C_{д.з.п.} = \frac{(5...12) \cdot C_{о.з.п.}}{100} ; \quad (4.19)$$

$$C_{\text{д.з.п.}} = \frac{10 \cdot 369,6}{100} = 36,96 \text{ грн.} \quad (4.20)$$

Відрахування на соціальні потреби визначаються за такою формулою [7]:

$$C_{\text{соц}} = K_{\text{відр}} \cdot (C_{\text{о.з.п.}} + C_{\text{д.з.п.}}), \quad (4.21)$$

де  $K_{\text{відр}}$  – коефіцієнт відрахувань ( $K_{\text{відр}} = 0,395$ ).

$$C_{\text{соц}} = 0,395 \cdot (369,6 + 36,96) = 160,59 \text{ грн;} \quad (4.22)$$

$$C_{\text{з.п.}} = 369,6 + 36,96 + 160,59 = 567,15 \text{ грн.} \quad (4.23)$$

**Загальновиробничі витрати** визначаємо за формулою [16]:

$$C_{\text{зв}} = \frac{R_{\text{зв}} \cdot C_{\text{о.з.п.}}}{100}, \quad (4.24)$$

де  $R_{\text{зв}}$  – відсоток загальновиробничих витрат ( $R_{\text{зв}} = 3,8\%$ ).

$$C_{\text{зв}} = \frac{3,8 \cdot 369,6}{100} = 14,04 \text{ грн;} \quad (4.25)$$

$$C_{\text{к}} = 1790,01 + 1878 + 567,15 + 14,04 = 4249,2 \text{ грн.} \quad (4.26)$$

#### 4.1.2 Балансова вартість конструкції

Для визначення балансової вартості конструкції ( $B_{\text{к}}$ ) до витрат на її виготовлення додаються витрати на транспортування, доставку та монтаж у розмірі 10...12% при припущенні цих витрат [16].

$$C_{\text{оп}} = \frac{(10 \dots 12) \cdot C_{\text{к}}}{100} = \frac{11 \cdot 4249,2}{100} = 467,41 \text{ грн}; \quad (4.27)$$

$$B_{\text{к}} = C_{\text{к}} + C_{\text{оп}} = 4249,2 + 467,41 = 4716,61 \text{ грн}. \quad (4.28)$$

### 4.1.3 Собівартість ремонту одиниці ремонтної продукції

За порівняльними варіантами (базовому та проектуваному) визначаємо собівартість ремонту одиниці ремонтної продукції.

**Повна заробітна плата**, робітників зайнятих на цій конструкції розраховується за формулою [16]:

$$C_{\text{з.п.}} = C_{\text{о.з.п.}} + C_{\text{д.з.п.}} + C_{\text{соц}}, \quad (4.29)$$

де  $C_{\text{о.з.п.}}$  – основна заробітна плата, грн;

$C_{\text{д.з.п.}}$  – додаткова заробітна плата, грн;

$C_{\text{соц}}$  – відрахування на соціальні потреби, грн.

Основна заробітна плата визначається за формулою [16]:

$$C_{\text{о.з.п.}} = \frac{\sum C_{\text{ч}_i} \cdot L_i}{\gamma}, \quad (4.30)$$

де  $C_{\text{ч}_i}$  – годинна тарифна ставка  $i$ -го розряду, грн ( $C_{\text{ч}_i} = 22$  грн (3 розряд));

$L_i$  – кількість працівників, оплачуваних по  $i$ -му розряду, чол ( $L_i = 1$  чол);

$\gamma$  – ритм виконання операції, шт/год.

Величина  $\gamma$  розраховується за формулою [16]:

$$\gamma = \frac{Л}{T_{уд}}, \quad (4.31)$$

де Л – кількість робітників в операції, чол;

$T_{уд}$  – трудомісткість одиниці ремонтної продукції (роботи), чол-год/шт;

$T_{уд п} = 1,132$  чол-год/шт – для проектованого варіанта;

$T_{уд б} = 2,218$  чол-год/шт – для базового варіанта.

$$\gamma_{п} = \frac{1}{1,132} = 0,883 ; \quad (4.32)$$

$$\gamma_{б} = \frac{1}{2,218} = 0,451 ; \quad (4.33)$$

$$C_{о.з.п.п} = \frac{22 \cdot 1}{0,883} = 24,91 \text{ грн} ; \quad (4.34)$$

$$C_{о.з.п.п} = \frac{22 \cdot 1}{0,451} = 48,78 \text{ грн} . \quad (4.35)$$

Додаткову оплату праці ( $C_{д.з.п.}$ ) та відрахування на соціальні потреби ( $C_{соц}$ ) розраховуємо за методикою, викладеною у пункті 4.1.1.

$$C_{д.з.п.п} = \frac{10 \cdot 24,91}{100} = 2,49 \text{ грн} ; \quad (4.36)$$

$$C_{д.з.п.б} = \frac{10 \cdot 48,78}{100} = 4,87 \text{ грн} ; \quad (4.37)$$

$$C_{соц п} = 0,395 \cdot (24,91 + 2,49) = 10,82 \text{ грн} ; \quad (4.38)$$

$$C_{соц б} = 0,395 \cdot (48,78 + 4,87) = 21,19 \text{ грн} ; \quad (4.39)$$

$$C_{з.п. п} = 24,91 + 2,49 + 10,82 = 38,22 \text{ грн} ; \quad (4.40)$$

$$C_{з.п. \text{ б}} = 48,78 + 4,87 + 21,19 = 74,84 \text{ грн.} \quad (4.41)$$

**Амортизаційні відрахування** визначаються за формулою [16]:

$$A = \frac{B_k \cdot a}{100 \cdot Q}, \quad (4.42)$$

де  $B_k$  – балансова вартість конструкції (устаткування), грн;

$a$  – норма амортизації, %;

$Q$  – річний обсяг робіт цієї операції, прим.

$$A_n = \frac{4716,61 \cdot 5,6}{100 \cdot 1400} = 0,18 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}. \quad (4.43)$$

**Витрати ремонт та технічне обслуговування** підраховуємо аналогічно амортизаційним відрахувань [16]:

$$P = \frac{B_k \cdot r}{100 \cdot Q}, \quad (4.44)$$

де  $r$  – норма відрахувань на ремонт та технічне обслуговування, % ( $r = 6,5 \dots 10\%$ ) [9].

$$P = \frac{4716,61 \cdot 8}{100 \cdot 1400} = 0,26 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}. \quad (4.45)$$

**Вартість ремонтних матеріалів ( $C_p$ ), електроенергії ( $C_e$ ), допоміжних матеріалів ( $C_d$ )** визначають виходячи з існуючих на них цін та норм витрати на одиницю обсягу ремонтної продукції.

Вартість електроенергії [16]:

$$C_e = \frac{K_c \cdot P_y \cdot C \cdot \Phi_{yc}}{Q}, \quad (4.46)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт попиту ( $K_c = 0,6$ );

$P_y$  – потужність установки електродвигуном ( $P_y = 2,8$  кВт);

$C$  – вартість 1 кВт·год ( $C = 1,44$  грн);

$\Phi_{yc}$  – річний фонд часу устаткування, год ( $\Phi_{yc} = 1706$  год).

$$C_e = \frac{0,6 \cdot 2,8 \cdot 1,44 \cdot 1706}{1400} = 2,94 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}. \quad (4.47)$$

При ремонті використовуються ремонтний та допоміжний матеріал вартістю:  $C_p = 15$  та  $C_d = 30$  грн.

Собівартість одиниці ремонтних робіт визначаємо, як суму знайдених доданків за варіантами [16]:

$$I = C_{з.п.} + A + P + C_e + C_p + C_d; \quad (4.48)$$

$$I_{II} = 38,22 + 0,17 + 0,26 + 2,94 + 15 + 30 = 86,59 \text{ грн}; \quad (4.49)$$

$$I_{G} = 74,84 + 0,17 + 0,26 + 2,94 + 15 + 30 = 123,21 \text{ грн}. \quad (4.50)$$

#### 4.1.4 Питомі капітальні вкладення

Питомі капітальні вкладення визначаються за порівняльними варіантами питомих капітальних вкладень [16]:

$$K_{\text{пит}} = \frac{B_k}{Q}; \quad (4.51)$$



$$K_{\text{пит. п}} = \frac{4716,61}{1400} = 3,36 \frac{\text{грн}}{\text{шт}} ; \quad (4.52)$$

$$K_{\text{пит. б}} = 0 . \quad (4.53)$$

#### 4.1.5 Наведені питомі витрати

Питомі наведені витрати розраховуються за такою формулою [9]:

$$B = I + E_n \cdot K_{\text{пит}} , \quad (4.54)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень ( $E_n = 0,12$ ) [16].

$$B_{\text{п}} = 86,59 + 0,12 \cdot 3,36 = 86,99 \frac{\text{грн}}{\text{шт}} ; \quad (4.55)$$

$$B_{\text{б}} = 123,21 \frac{\text{грн}}{\text{шт}} . \quad (4.56)$$

#### 4.1.6 Показник зниження трудомісткості, % [16]:

$$C_1 = \frac{T_{\text{пит. б}} - T_{\text{пит. п}}}{T_{\text{пит. б}}} \cdot 100 ; \quad (4.57)$$

$$C_1 = \frac{2,218 - 1,132}{2,218} \cdot 100 = 48,9\% . \quad (4.58)$$

#### 4.1.7 Показник зростання продуктивності праці, у разях [16]:

$$C_1 = \frac{T_{\text{пит. б}}}{T_{\text{пит. п}}} ; \quad (4.59)$$

$$C_1 = \frac{2,218}{1,132} = 1,96. \quad (4.60)$$

#### 4.1.8 Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років [16]:

$$T_c = \frac{K_{\text{пит. п}} - K_{\text{пит. б}}}{(B_б - B_п) + \frac{(Ц_б - Ц_п)}{m}}, \quad (4.61)$$

де  $Ц_п$  н  $Ц_б$  – нова та стара відпускна ціна. У нашому разі рівні.

$$T_c = \frac{3,36 - 0}{123,21 - 86,99} = 0,1 \text{ років}. \quad (4.62)$$

Додатковий прибуток розраховується за формулою [16]:

$$\Delta\Pi = \left[ (B_б - B_п) - \frac{(Ц_б - Ц_п)}{m} \right] \cdot Q_п; \quad (4.63)$$

$$\Delta\Pi = (123,21 - 86,99) \cdot 1400 = 50\,708 \text{ грн}. \quad (4.64)$$

Результати розрахунку заносяться до таблиці 4.1.

Використання даної конструкторської розробки можливе і доцільно, оскільки трудомісткість відновлення внутрішньої поверхні гільзи знизиться на 48,9%, що дуже високим показником. Продуктивність праці зростає майже вдвічі. Додатковий прибуток на рік складе 50 708 грн.

Таблиця 4.1 – Показники економічної ефективності розробки

Найменування показника	Початковий	Проектований
Балансова вартість, грн	-	4716,61
Річний обсяг ремонтних робіт, шт	1400/Ј	1400
Трудомісткість одиниці обсягу робіт, чол-год/шт.	2,218	1,132

## Продовження таблиці 4.1

Показник зниження трудомісткості,%	-	48,9
Показник зростання продуктивність праці	-	1,96
Собівартість одиниці обсягу робіт, грн/шт	123,21	86,59
Питомі капітальні вкладення, грн/шт.	-	3,36
Річна економія від зниження собівартості (або додатковий прибуток), грн	-	50708
Питомі наведені витрати, грн/шт.	123,21	86,59
Ритм операції, шт/год.	0,451	0,833
Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років.	-	0,1

## 4.2 Техніко-економічна оцінка проекту

Економічна оцінка проектних рішень щодо вдосконалення технології та організації виробничого процесу проводиться на основі порівняння показників вартості відновлення внутрішньої поверхні гільзи циліндра двигуна Д-240 гальвано-механічним способом у разі зношування гільзи до розмірів, що перевищують ремонтні та вартістю нової гільзи.

### 4.2.1 Собівартість відновлення гільзи

**Собівартість розточування гільзи.** Собівартість відновлення гільзи з урахуванням балансової вартості конструктивної розробки було пораховано у пункті 4.1. Але для аналізу економічної ефективності необхідно знати собівартість ремонту з урахуванням балансових вартості всього обладнання, тому до собівартості відновлення додаються амортизаційні відрахування та витрати на ремонт розточувального верстата моделі 278.

**Амортизаційні відрахування** визначаються за формулою [16]:

$$A = \frac{B_k \cdot a}{100 \cdot Q}, \quad (4.65)$$

де  $B_k$  – балансова вартість верстата моделі 278, грн;

$a$  – норма амортизації, %;

$Q$  – річний обсяг робіт цієї операції, шт.

$$A = \frac{51000 \cdot 5,3}{100 \cdot 1400} = 1,93 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}. \quad (4.66)$$

**Витрати ремонт та технічне обслуговування** підраховуємо аналогічно амортизаційним відрахувань [16]:

$$P = \frac{B_k \cdot r}{100 \cdot Q}, \quad (4.67)$$

де  $r$  – норма відрахувань на ремонт та технічне обслуговування, % ( $R = 6,5 \dots 10\%$ ) [16].

$$P = \frac{51000 \cdot 8}{100 \cdot 1400} = 2,91 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}. \quad (4.68)$$

#### 4.2.2 Собівартість гальвано-механічного нанесення покриття гільзи

**Повна заробітна плата**, робітників зайнятих на відновленні гільзи [16]:

$$C_{\text{з.п.}} = C_{\text{о.з.п.}} + C_{\text{д.з.п.}} + C_{\text{соц}}, \quad (4.69)$$

де  $C_{\text{о.з.п.}}$  – основна заробітна плата, грн;

$C_{\text{д.з.п.}}$  – додаткова заробітна плата, грн;

$C_{\text{соц}}$  – відрахування на соціальні потреби, грн.

Основна заробітна плата визначається за формулою [16]:

$$C_{\text{о.з.п.}} = \frac{\sum C_{\text{ч}_i} \cdot L_i}{\gamma}, \quad (4.70)$$

де  $C_{\text{ч}_i}$  – годинна тарифна ставка  $i$ -го розряду, грн ( $C_{\text{ч}_i} = 22$  грн (3 розряд));

$L_i$  – кількість працівників, оплачуваних по  $i$ -му розряду, чол ( $L_i = 1$ );

$\gamma$  – ритм виконання операції, шт/год.

Величина  $\gamma$  розраховується за формулою [16]:

$$\gamma = \frac{L}{T_{\text{пит}}}, \quad (4.71)$$

де  $L$  – кількість робітників в операції, чол;

$T$  – трудомісткість одиниці ремонтної продукції (роботи.), чол-год/шт;

$$T_{\text{уд п}} = 1,132 \text{ чол-год/шт.}$$

$$\gamma_{\text{п}} = \frac{1}{1,132} = 0,883; \quad (4.72)$$

$$C_{\text{о.з.п.}} = \frac{22 \cdot 1}{0,883} = 24,91 \text{ грн.} \quad (4.73)$$

Додаткову оплату праці ( $C_{\text{д.з.п.}}$ ) та відрахування на соціальні потреби ( $C_{\text{соц}}$ ) розраховуємо за методикою, викладеною у пункті 4.1.1.

$$C_{\text{д.з.п.}} = \frac{10 \cdot 24,91}{100} = 2,49 \text{ грн}; \quad (4.74)$$

$$C_{\text{соц}} = 0,395 \cdot (24,91 + 2,49) = 10,82 \text{ грн}; \quad (4.75)$$

$$C_{з.п.} = 24,91 + 2,49 + 10,82 = 38,22 \text{ грн.} \quad (4.76)$$

**Амортизаційні відрахування** визначаються за формулою [16]:

$$A = \frac{B_k \cdot a}{100 \cdot Q}, \quad (4.77)$$

де  $B_k$  – балансова вартість хонінгувального верстата ЗБ833, грн;

$a$  – норма амортизації, %;

$Q$  – річний обсяг робіт цієї операції, прим.

$$A = \frac{50000 \cdot 5,6}{100 \cdot 1400} = 2 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}. \quad (4.78)$$

**Витрати ремонт та технічне обслуговування** підраховуємо аналогічно амортизаційним відрахувань [16]:

$$P = \frac{B_k \cdot r}{100 \cdot Q}, \quad (4.79)$$

де  $r$  – норма відрахувань на ремонт та технічне обслуговування, %  
( $R = 6,5 \dots 10\%$ ) [7].

$$P = \frac{50000 \cdot 8}{100 \cdot 1400} = 2,85 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}. \quad (4.80)$$

Вартість ремонтних матеріалів ( $C_p$ ), електроенергії ( $C_e$ ), допоміжних матеріалів ( $C_d$ ) визначають виходячи з існуючих на них цін та норм витрати на одиницю обсягу ремонтної продукції.

Вартість електроенергії [16]:

$$C_e = \frac{K_c \cdot P_y \cdot C \cdot \Phi_{yc}}{Q}, \quad (4.81)$$

де  $K_c$  – коефіцієнт попиту ( $K_c = 0,6$ );

$P_y$  – потужність установки електродвигуном ( $P_y = 2,8$  кВт);

$C$  – вартість 1 кВт·год ( $C = 1,44$  грн);

$\Phi_{yc}$  – річний фонд часу устаткування, год ( $\Phi_{yc} = 1706$  год).

$$C_e = \frac{0,6 \cdot 2,8 \cdot 1,44 \cdot 1706}{1400} = 2,94 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}. \quad (4.82)$$

При ремонті використовуються ремонтний та допоміжний матеріал вартістю:  $C_p = 15$  та  $C_d = 30$  грн.

Таким чином повна собівартість відновлення гільзи перебуватиме за формулою [16]:

$$I = C_{з.п.} + A + P + C_e + C_p + C_d; \quad (4.83)$$

$$I = 38,22 + 2 + 2,85 + 2,94 + 15 + 30 = 91,01 \text{ грн} . \quad (4.84)$$

### 4.2.3 Аналіз економічної ефективності проекту

Для того, щоб оцінити ефективність відновлення, необхідно знати вартість гільзи. Гільза двигуна Д-240 коштує в середньому 370 грн. Тоді можна порівняти вартість нової гільзи та витрати на відновлення та визначити, чи має сенс відновлювати гільзи гальвано-механічним способом.

Прибуток від відновлення однієї гільзи становить:

$$П_{ц} = I_{вг} - I = 370 - 91,01 = 278,99 \text{ грн} . \quad (4.85)$$

Отже, річний прибуток становить:

$$I_{гц} = П_{ц} \cdot Q = 278,99 \cdot 1400 = 390\,586 \text{ грн} . \quad (4.86)$$

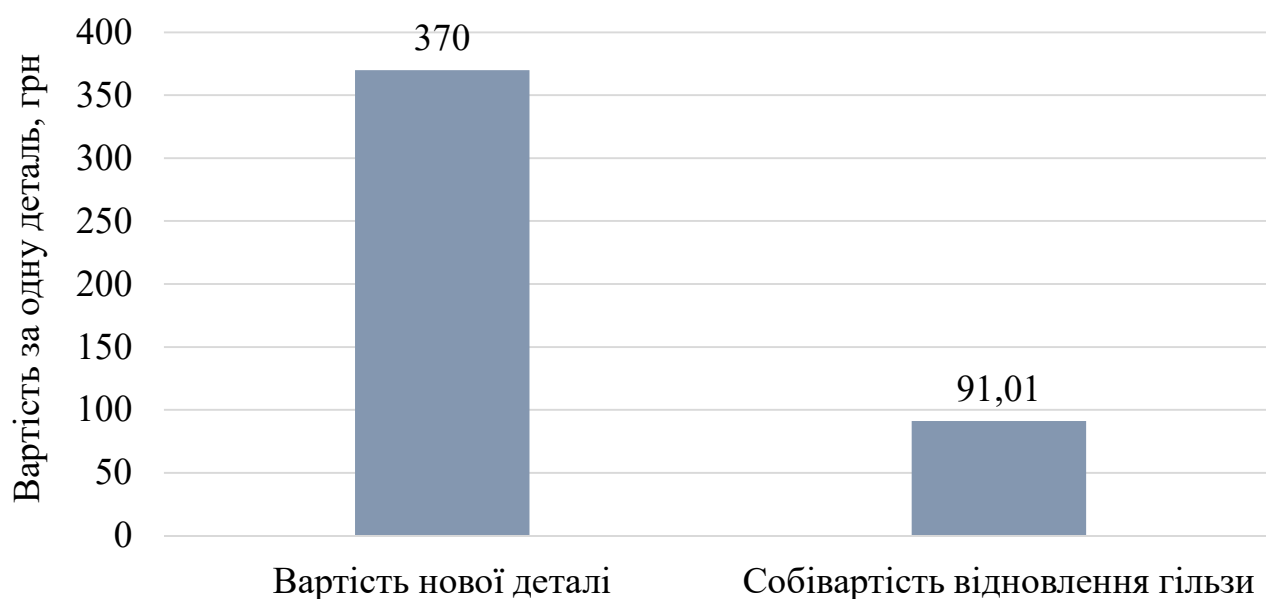


Рисунок 4.1 – Порівняння економічних затрат на одну деталь

Зробивши розрахунки щодо знаходження собівартостей ремонту гільзи за програмою 1400 штук на рік і порівнявши їх із цінами нових можна зробити висновок, що запропонована технологія відновлення гільз із впровадженням конструкторської розробки буде вигідною (рисунок 4.1). Прибуток у разі становитиме 390 586 грн на рік.



## ВИСНОВКИ

У дипломному проекті розглянуто різні види гільз, розглянуто їх особливості, їх роль циліндрі двигуна. Вказано основні дефекти гільз, фактори, що впливають на появу різних дефектів.

Розглянуто різноманітні технології відновлення гільз двигунів. З них було обрано технологію відновлення гільз гальвано-механічним способом, як найпростіший та економічно ефективний спосіб ремонту гільз.

Було запропоновано пристрій для відновлення гільз гальвано-механічним способом на хонінгувальному верстаті 3Б833, що дозволить відновлювати гільзи без придбання дорогого обладнання.

За виконання дипломного проекту також приділено увагу питанням охорони праці. Було зроблено аналіз основних шкідливих факторів, які можуть виникнути при відновленні гільз двигунів, а також проведено розрахунок місцевої витяжної вентиляції для видалення шкідливих газів при гальвано-механічному нанесенні покриттів.

При економічному аналізі було підтверджено, що застосування пристосування економічно виправдане, оскільки собівартість відновлення гільзи набагато нижча за ціну нової гільзи. Річний прибуток при відновленні складе 390 586 гривень на рік.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хрульов А.Е. Ремонт двигунів закордонних автомобілів. Виробничо-практ. видання - М.: Видавництво «За кермом», 2005.
2. spb.motor.ru - Мотор технології
3. Н.С. Ждановський, А.В. Ніколаєнко. Надійність та довговічність автотракторних двигунів. - М.: Колос, 2001.
4. Дюмін, І.Є. Підвищення ефективності ремонту автомобільних двигунів - М.: Транспорт, 1999.
5. А. Хасу, О. Морігакі. Наплавлення та напилення. Пров. з яп. В.М. Попова, за ред. В.С. Степіна, Н.Г. Шестеркіна. - М.: Машинобудування, 1985.
6. Черемпей В.А., Петров Ю.М., Корнійчук Н.І. Особливості гальвано-механічного хромування. - М.: МДНТП, 2001.
7. Яніогло Ф.П. Конструктивні особливості установки для гальвано-механічного осадження покриттів. Кишинів: вид. КСХІ, 1983.
8. Шлугер М.А. Гальванічні покриття у машинобудуванні. Довідник У 2-х томах - М.: Машинобудування, 2003.
9. Некрасов С.С. Обробка матеріалів різанням. - М.: Агропромиздат, 1998.
10. Дарко А.В., Шпіро Р.С. Опір матеріалів: п'яте видання. М: Вища школа, 1989.
11. Матвеев В.А., Пустовалов І.І. Технічне нормування ремонтних робіт у сільському господарстві. - М.: Колос, 1979.
12. Полканів А.Д. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів: Метод. вказівки., Вологда: ВДТУ, 2003 р.
13. Шкрабак В.С., Луковніков А.В., Тургієв А.К. Безпека життєдіяльності у сільськогосподарському виробництві. - М.: Колос, 2004.
14. Північний А.Є., Колчин А.В., Буренко Л.А., Валяєв В.М. Безпека при технічному сервісі сільськогосподарської техніки. - М.: ФДНУ «Росінформагротех», 2001.
15. Зотов Б.І., Курдюмов В.І. Безпека життєдіяльності з виробництва. - 2-ге вид., перероб. та дод. - М.: Колос, 2004.

16. В.В. Лебедянці. Економічна оцінка ефективності заходів щодо вдосконалення ремонтно-обслуговуючого виробництва у агропромисловому комплексі. - Видавничий центр ОДАУ, 2002.

17. ProСтанки [Електронний ресурс] – Режим доступу:  
<https://www.prostanki.com/board/item/144498>

# Додаток А

ГОСТ 3.105-84 Форма 7

Директор	Инженер	Техник	Мастер	Работник	Слесарь	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие
Резерв	Лаборант	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	
И.конт.	Директор	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	

№ 240-1002020-01 Серийный № СЧ-22-44  
ГОСТ 1412-70

### Гильза цилиндра

Исполн.	Размер по чертежу	1-ая размерная группа	2-ая размерная группа
Д	110±0.02	110±0.02	111±0.02

Операция 005

Карта эскизов

ГОСТ 3.105-84 Форма 7

Директор	Инженер	Техник	Мастер	Работник	Слесарь	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие
Резерв	Лаборант	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	
И.конт.	Директор	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	

№ 240-1002020-01 Серийный № СЧ-22-44  
ГОСТ 1412-70

### Гильза цилиндра

А.02	005	Расточная	Алмазно-расточной станок 278Н	Раст. 3 ИОТ	90	27
Б.03						
В.04	1	Установить деталь и закрепить (снять)				
Г.05		Приспособление ПРС 2-53-01				
Д.06	2	Расточить отверстие до $\phi 111^{+0.02}$				
Е.07		Режущий инструмент ВББ ГОСТ 18882-73, диаметр 50-100-2 ГОСТ 9244-75				
Ж.08		$f = 0.65 \text{ мм}$ , $i = 2$ , $S = 0.11 \text{ мм/об}$ , $n = 380 \text{ об/мин}$ , $V = 100 \text{ м/мин}$ , $T_0 = 15 \text{ мин}$ , $T_0 = 0.12 \text{ мин}$				
З.09						
И.10	010	Разрезка	Слесарь 3 ИОТ	10	04	
К.11		Ножницы канцелярские				
Л.12	1	Установить ленту (снять)				
М.13		Приспособление Т01-934-00				
Н.14	2	Отрезать заготовки размерами 346 X 125				
О.15		Лента 66-1002020-03РН1, штамповальный ШШП-250-0.05 ГОСТ 166-80				
П.16						
Р.17						
С.18						

Операционная карта

ГОСТ 3.118-82 Форма 18

Директор	Инженер	Техник	Мастер	Работник	Слесарь	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие
Резерв	Лаборант	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	
И.конт.	Директор	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	

А.01												
Б.02												
В.03												
Г.04	015	Плоскошлифовальная	Шлиф 4 ИОТ	3.0	12.2							
Д.05		Станок плоскошлифовальный 3Г71										
Е.06	1	Установить пакет с заготовками ленты и закрепить (снять)										
Ж.07		Приспособление для шлифования Т01-1074										
З.08	2	Шлифовать ленту до размеров 345,4 <sup>+0.05</sup> X 90 <sup>+0.2</sup>										
И.09		Корд шлифовальный ПТ 450Х63Х203, штамповальный ШШП-250-0.05 ГОСТ 166-80										
К.10		$f = 0.3 \text{ мм}$ , $i = 21$ , $S_1 = 0.045 \text{ мм/ход}$ , $S_2 = 38 \text{ мм/ход}$ , $V = 5 \text{ м/мин}$ , $T_0 = 0.62 \text{ мин}$ , $T_0 = 0.5 \text{ мин}$										
Л.11	3	Переустановить приспособление										
М.12	4	Повторить переход 2										
Н.13												
О.14												
П.15												
Р.16												

Операционная карта

ГОСТ 3.118-82 Форма 18

Директор	Инженер	Техник	Мастер	Работник	Слесарь	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие
Резерв	Лаборант	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	
И.конт.	Директор	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	

А.01												
Б.02	020	Прессовая	Прес. 3 ИОТ									
В.03		Прес. ОКС 1468 М										
Г.04	1	Установить гильзу (снять)										
Д.05		Электромагнитный стол										
Е.06	2	Запрессовать ленты в гильзу так, чтобы стыки ленты были диаметрально расположены										
Ж.07		Приспособление для запрессовки Т01-1436-00-000										
З.08												
И.09												
К.10	025	Шлифовальная внутри	Шлиф 4 ИОТ									
Л.11		Станок внутришлифовальный 3К2273										
М.12	1	Установить деталь и закрепить (снять)										
Н.13		Приспособление Т30-2051										
О.14	2	Шлифовать поверхность										
П.15		Корд шлифовальный ПТ 80Х40Х32 6.3С 16СМ7К5 ГОСТ 2424-83, диаметр НН 50-100-2 ГОСТ 868-82										
Р.16		$f = 0.1 \text{ мм}$ , $i = 240 \text{ об/мин}$ , $S_1 = 24.00 \text{ мм/ход}$ , $S_{\text{ш}} = 0.0035 \text{ мм/ход}$ , $i = 33$ , $T_0 = 3.74 \text{ мин}$ , $T_0 = 1.3 \text{ мин}$										
С.17												

Операционная карта

ГОСТ 3.118-82 Форма 18

Директор	Инженер	Техник	Мастер	Работник	Слесарь	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие
Резерв	Лаборант	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	
И.конт.	Директор	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	

А.01												
Б.02												
В.03												
Г.04	030	Хонинговальная	Хонч 4 ИОТ									
Д.05		Станок 36833, масло сульфидрезал ГОСТ 122-84										
Е.06	1	Установить деталь (снять)										
Ж.07		Приспособление для хонингования ПРА-0336										
З.08	2	Хонинговать отверстие до $110^{+0.05}$										
И.09		Брусек БК 8Х8Х100 НС2337А ГОСТ 2456-82, диаметр 50-100-2 ГОСТ 868-82, хон. центров										
К.10		$f = 0.05 \text{ мм}$ , $V_{\text{хон}} = 35 \text{ м/мин}$ , $n = 120 \text{ об/мин}$ , $V_{\text{ш}} = 12 \text{ м/мин}$ , $n = 40 \text{ об/мин}$ , $T_0 = 0.5 \text{ мин}$ , $T_0 = 12 \text{ мин}$										
Л.11												
М.12												
Н.13												
О.14												
П.15												
Р.16												

Операционная карта

ГОСТ 3.118-82 Форма 18

Директор	Инженер	Техник	Мастер	Работник	Слесарь	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие
Резерв	Лаборант	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	
И.конт.	Директор	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	

А.01												
Б.02												
В.03												
Г.04	035	Очистка	Слес. 2 ИОТ	5.0	2.0							
Д.05		Машина моечная ОМ-5285, вода										
Е.06	1	Установить деталь (снять)										
Ж.07	2	Промыть детали в воде										
З.08		$t = 20^\circ\text{C}$										
И.09	3	Высушить в сушильном шкафу										
К.10		$t = 10 \text{ мин}$										
Л.11												
М.12												
Н.13												
О.14												
П.15												
Р.16												

Операционная карта

ГОСТ 3.118-82 Форма 18

Директор	Инженер	Техник	Мастер	Работник	Слесарь	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие
Резерв	Лаборант	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	
И.конт.	Директор	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	

А.01												
Б.02	040	Контрольная		10.0	4.6							
В.03		Верстак ОПТ-1468-01-0608А										
Г.04	1	Внешний осмотр на отсутствие острых краев, заусенцев, микротрещин, забоин и т.д.										
Д.05		Лупа ЛП-1-4 ГОСТ 25106-83										
Е.06	2	Контролировать шероховатость										
Ж.07		Образцы шероховатости ГОСТ 9378-75										
З.08	3	Контроль диаметра										
И.09		Диаметр НН 50-100-2 ГОСТ 868-82										
К.10	4	Контроль нецилиндричности										
Л.11		Диаметр НН 50-100-2 ГОСТ 868-82										
М.12	5	Контроль радиального люфта										
Н.13		Оправка-штамп ШВ-8 ГОСТ 10197-70, индикатор ИИ 05 КП1 РМ1 ГОСТ 577-68										
О.14												
П.15												
Р.16												

Операционная карта

ГОСТ 3.118-82 Форма 18

Директор	Инженер	Техник	Мастер	Работник	Слесарь	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие
Резерв	Лаборант	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	
И.конт.	Директор	Инженер	Техник	Мастер	Машинист	Сварщик	Монтер	Электромонтер	Лаборант	Секретарь	Другие	

А.01	005	Расточная	Алмазно-расточной станок 278Н	Раст. 3 ИОТ	90	27
Б.02						
В.03	010	Разрезка	Слесарь 3 ИОТ			
Г.04		Ножницы канцелярские				
Д.05	015	Плоскошлифовальная	Шлиф 4 ИОТ	3.0	12.2	
Е.06		Станок плоскошлифовальный 3Г71				
Ж.07	020	Прессовая	Прес. 3 ИОТ			
З.08		Прес. ОКС 1468 М				
И.09	025	Шлифовальная внутри	Шлиф 4 ИОТ			
К.10		Станок внутришлифовальный 3К2273				
Л.11	030	Хонинговальная	Хонч 4 ИОТ			
М.12		Станок 36833, масло сульфидрезал ГОСТ 122-84				
Н.13	035	Очистка	Слес. 2 ИОТ	5.0	2.0	
О.14		Машина моечная ОМ-5285, вода				
П.15	040	Контрольная		10.0	4.6	
Р.16		Верстак ОПТ-1468-01-0608А				

Маршрутная карта