

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Дослідження параметрів операції відновлення гільз циліндрів
двигунів»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 2
Іщенко Віктор Сергійович
Керівник: Муравльов В. В.
Рецензент: Келемеш А. О.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Створення і впровадження нових систем і комплексів машин, подальша інтенсифікація АПК роблять найважливішою проблемою підвищення надійності і довговічності техніки, ефективності її використання, рівня технічного обслуговування, ремонту і зберігання [1]. Ефективне використання техніки можливо тільки при чіткій організації робіт з її технічного обслуговування і ремонту.

На сучасному етапі розвитку ремонтної бази ремонтні-майстерні, ремонтно-механічні заводи, дилерські центри, підприємства технічного сервісу вирішують великі і відповідальні завдання по підтриманню машинно-тракторного парку країни в працездатному стані, періодичному відновленню ресурсу машин.

Одним з ключових технологічних питань, що підвищують довговічність і технічну готовність двигунів, є застосування прогресивних технологічних процесів відновлення деталей, забезпечують підвищення якості відновлення і відповідно ресурсу відремонтованих машин.

У ремонтному виробництві часто важко забезпечити отримання потрібних розмірів відновлюваних деталей через недосконалість обладнання. Наприклад, при розточенні і наступному хонінгуванні гільз під ремонтний розмір. На багатьох ремонтних заводах розмір гільзи підганяють індивідуально під кожен поршень. Це не дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання, а недотримання необхідних зазорів в з'єднанні призводить до збільшення тривалості процесу припрацювання або неможливості такої.

Тому вивчення можливостей відновлення чавунних деталей, що зазнають в процесі роботи вплив важких експлуатаційних навантажень, є вкрай актуальним.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз відказів чавунних гільз циліндрів сільськогосподарської техніки

Деталі з сірого чавуну (СЧ) є поширеними в сільськогосподарській техніці. У машинобудуванні вони займають в середньому до 70% [2]. Аналіз показав, що немає жодної сільськогосподарської машини, яка не мала б чавунних деталей (3,5 ... 45%). Більшість з них визначають ресурс машини. Це пов'язано з тим, що чавун володіє високими ливарними властивостями, хорошими експлуатаційними властивостями і достатньою міцністю.

Гільзи автотракторних двигунів виготовляються з різних чавунів, механічні властивості, яких мають задовольняти вимогам умов експлуатації двигунів [3].

В табл. 1.1 наведені основні матеріали, з яких виготовляються гільзи циліндрів.

Таблиця 1.1 - Характеристика і розмір гільз циліндрів втотракторних двигунів

Марка двигуна	Матеріал гільзи	Діаметр, мм	Довжина, мм	Твердість робочої поверхні
ЗИЛ-130	СЧ18	100 ^{0,06}	188,5	НВ 170...241
ЗМЗ-510.11	СЧ24	92 ^{0,06}	155	НВ 170...197
ЯМЗ-236, ЯМЗ-238	Чавун спеціальний	130 ^{0,04}	285	HRC 42...46
КамАЗ-740	Чавун спеціальний	120 ^{0,02}	224	HRC 45...50

Поршневі кільця виготовляють з сірого чавуну і вуглецевих сталей. Нижні компресійні і маслознімні кільця виготовляють з сталеві стрічки марок У8А, 65Г, 50ХФА.

Сірий чавун має графітові включення з низькою міцністю $\sigma_e < 0,2$ МПа, що впливає на властивості міцності чавуну.

Присутність графіту має і ряд цінних механічних властивостей: високе внутрішнє тертя, що сприяє швидкому розсіюванню енергії при вібраціях; низька чутливість до зовнішніх навантажень; високий відносний опір втомним навантаженням [4, 2].

Технологічні властивості також пов'язані з наявністю графіту: хороші ливарні властивості; здатність до обробки різанням; погана зварюваність матеріалу.

Властивості міцності сірого чавуну залежать від характеру графіту і структури. Поведінка чавуну в процесі деформації дуже складна. Теорія надрізів вважається недостатньою для пояснення відмінності в поведінці чавуну при розтягу і стиску, наявності механічного гістерезису.

Механізм деформації чавуну вивчався в роботах [2]. Аналіз цих робіт показує, що при малих напруженнях головну роль відіграють пружні деформації, при великих - деформації порожнин графіту головним чином залишкові.

У дослідженнях [5] зазначалося, що пластичні зрушення в чавуні супроводжуються розпушуванням структури. Відомо, що відносна зміна обсягу чавуну нелінійно пов'язана з напруженнями [6].

Процеси термічної обробки і пластичне деформування забезпечують підвищення твердості чавуну, але і в той же час створюють досить високі залишкові напруження, які сприяють зниженню міцності матеріала в цілому.

Особливу важливість представляють дослідження процесів, які протікають в металі при перших пружно-пластичних циклах навантаження, оскільки в цей час в матеріалі відбуваються зміни які впливають на подальший опір деформуванню [7].

Враховуючи особливості сірого чавуну про його властивості можна сказати наступне [8]:

1. Чинить слабкий опір пластичним деформаціям та при дуже малих напруженнях ($\sigma = 0,05 \dots 0,07$ МПа) вже спостерігаються залишкові деформації.
2. Пружні властивості, залежать від характеру і величини графітових включень.
3. При деформації не підпорядковується закону Гука.
4. Неоднаково чинить опір розтягуванню, і стисненню, пружні властивості при розтягу нижчі, ніж при стиску.
5. Коефіцієнт поперечних деформацій лінійно зменшується з зростанням напружень при розтягу; при стисненні величина коефіцієнта спочатку постійна, а при великих напруженнях-збільшується.

Аналіз літературних і патентних джерел показує, що 30-40% відмов; автотранспорту припадає на двигуни. Відремонтовані двигуни наробіток на відмову мають в 2 ... 4 рази менший в порівнянні з новими [9, 4]. Це відбувається в основному через недосконалість технології відновлення і зміцнення пар тертя деталей двигунів, зниження коефіцієнта корисної дії двигунів внутрішнього згорання за рахунок збільшення механічних втрат в парі тертя «поршневе кільце - гільза». Тому підготовка поверхонь тертя цих деталей з метою підвищення їх зносостійкості є актуальним завданням.

Результати експлуатації автомобілів [7] показують, що ресурс двигунів визначається зносостійкістю циліндропоршневої групи (ЦПГ) і кривошипно-шатунного механізму (КШМ). Ці рухливі з'єднання в більшості випадків лімітують ресурс всього двигуна в цілому, тому при капітальному ремонті операції відновлення працездатності даних з'єднань є обов'язковим.

Знос циліндропоршневої групи залежить від матеріалів деталей, величини зазорів, твердості тертьових поверхонь, якості змащення і палива, швидкості вібрацій; і т.д.

Для підвищення ресурсу двигунів необхідно знижувати втрати на тертя, підвищувати зносостійкість тертьових поверхонь, знижувати шорсткість поверхонь, покращувати змащення поверхонь і т.д.

Поршневі кільця призначені для зняття, надлишків змазки із внутрішньої поверхні гільзи циліндрів і ущільнення камери згоряння. Ресурс поршневих кілець повинен становити не менше 70 % від ресурсу двигуна [10].

В перший період роботи ЦПГ після виготовлення чи ремонту поверхні деталей не здатні відразу сприймати експлуатаційні навантаження, вони ще не мають оптимальної шорсткості та не мають оптимальних фізико-механічних, властивостей. В результаті спостерігається значний прорив газів. В цих умовах велика ймовірність захоплювання поверхонь в місцях фактичного контакту, що може привести до їх важких пошкоджень, які іноді призводять до неможливості подальшої роботи. При вивченні явищ захоплювання і задиру, що виникають у ЦПГ, встановлено, що неодмінною, умовою захоплювання є металевий контакт ділянок поверхонь, позбавлених оксидних і інших адгезійних захисних плівок, а високі температури, пластичні деформації поверхневого шару деталей сприяють цьому. При захопленні сталевих і чавунних поверхонь тертя з'являються так звані білі шари, що володіють високою твердістю і крихкістю. Відносно легко викрашуючись і потрапляючи в зону тертя, вони викликають посилене абразивне зношування, яке, в свою чергу, створює умови для захоплювання і утворення нових білих шарів. Такий процес часто носить лавиноподібний характер і приводить до повного виходу з ладу вузлів тертя.

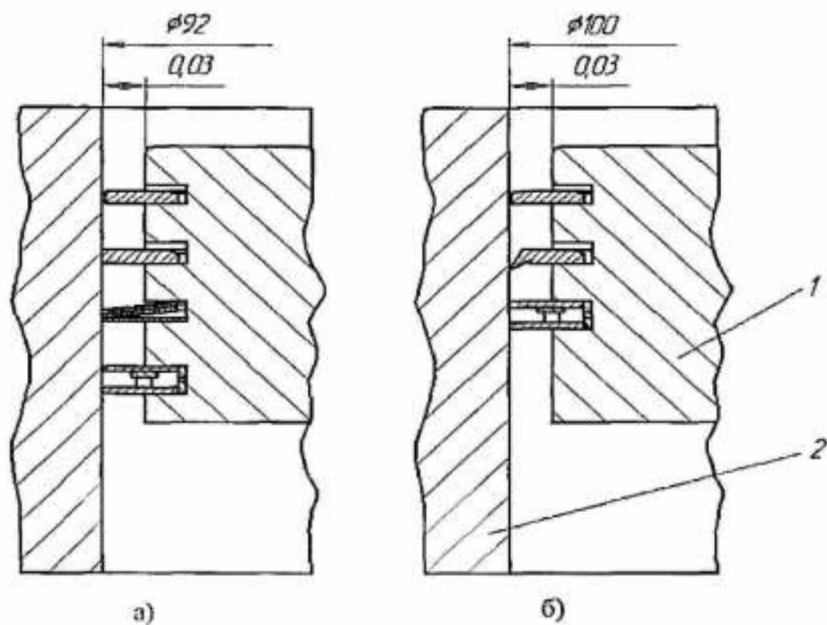
При зворотно-поступальному русі поршня особливо несприятливі умови роботи деталей ЦПГ створюються в момент реверсування, тобто при мінімальних швидкостях руху. Найбільшою мірою це проявляється у камери згоряння, де відбувається збільшення зносу деталей внаслідок високих температур і тиску. Товщина масляної плівки між кільцями і гільзою змінюється при русі поршня. Крім того на такті всмоктування відбувається розрідження масляної плівки паливом. У момент такту стиснення плівка

мастила видувається з-під поршневих кілець і вигоряє під час займання. Це призводить практично до її знищення (або втрати мастильних властивостей).

Ударний характер взаємодії, вібрації поверхонь тертя поршня, пальця, кілець і стінки циліндра, зростаючий у міру зносу деталей, ускладнює умови роботи деталей ЦПГ двигуна. При положеннях поршня у верхній і нижній мертвих точках завжди спостерігається майже повне руйнування масляної плівки, і створюються умови тертя без мастила. У зоні максимальної швидкості ковзання поршня (ближче до середньої частини гільзи) товщина масляної плівки збільшується і виникає тертя з еластогідродинамічним мастилом.

Система «гільза-кілець-поршень» здатна самонастроюватися, підтримуючи експлуатаційне протікання процесів тертя і зношування [11]. Система самонастроюється шляхом формування поверхонь тертя в початковий період роботи двигуна в результаті комплексного впливу на них змінних газових і інерційних сил, сил тертя, термічних впливів та ін.

Основні двигуни, які використовуються в с.-г. виробництві мають наступні схеми розташування поршневих кілець в гільзі (рис. 1.1).



1 – поршень;

2 – гільза

Рисунок 1.1 – Схеми з'єднань «гільза-кілець-поршень»

Триботехнічні характеристики пари тертя «поршневе кільце - гільза» можна поліпшити за рахунок створення умов, що не допускають так званого масляного голодування. Існують різні способи створення підвищеної зносостійкості деталей.

Згідно з даними [12] хромування гільз циліндрів значно (до 5 разів) збільшує їх зносостійкість. Однак через те, що поршневі кільця виготовляють хромованими, а триботехнічні характеристики пари тертя «хром - хром» мають низькі значення, то хромування гільз не застосовують. Для зниження зносу поверхню тертя гільз циліндрів і поршневих кілець піддають термообробці і наносять зносостійкі покриття. Знос гільз циліндрів і поршневих кілець наведені в табл. 1.2 [13].

Таблиця 1.2 - Знос гільз циліндрів і поршневих кілець

Види зміцнення	Середнє значення зносу, 10^{-4} мкм/км	
	гільз циліндрів	поршневих кілець
Хромування гільз	3,1	17,4
Хромування поршневих кілець	7,8	14,8
Ізотермічне загартовування	8,6	37,5
Нормалізація кілець	15,4	44,0
Без зміцнення	16,8	48,5

Знос гільзи циліндра по висоті не однаковий. Автори [14] відзначають, що найбільший знос відбувається у верхній частині, в так званій зоні зміни напрямку руху компресійних кілець, де спостерігається брак мастила через наявність високих тисків і температур.

На поверхні тертя гільз циліндрів двигунів, навіть при максимальній швидкості ковзання поршня не спостерігається тертя з гідродинамічним мастилом [14]. З підвищенням тиску на компресійні кільця і температури поверхонь тертя зона тертя з граничною мастилом в гільзі циліндра збільшується.

В роботі [15] відзначається, що при переважанні корозійно-механічного зношування, максимальний знос спостерігається у верхній частини гільзи циліндрів, при абразивному зношуванні більше зношується середня частина гільзи.

Згідно [16] зазначається, що гільзи більше схильні до абразивного зношування через попадання твердих частинок в зону тертя. В роботі [17] автор вважає, що на збільшення інтенсивності зношування пари тертя «гільза - кільце» впливає різка зміна навантажувальних і швидкісних режимів роботи двигуна.

В літературі, незважаючи на численні дослідження по вивченню зносу гільз циліндрів [18], мало порівняльних даних про знос гільз циліндрів і поршневих кілець нових і відремонтованих двигунів. Слід зазначити також, що ресурс ЦПГ в відремонтованих двигунах зменшується також через порушення технології складання двигуна, що призводить до овалоподібності і конусоподібності гільз циліндрів.

Підраховано, що втрати на тертя в парі «поршневі кільця - гільза циліндра» складають в середньому 12% потужності двигуна. Зниження втрат в цій парі з 12% до 9% дає значну економію палива, призводить до підвищення потужності і коефіцієнту корисної дії двигуна [19].

1.2 Способи відновлення гільз циліндрів

При експлуатації у гільз циліндрів зустрічаються наступні дефекти: знос внутрішньої поверхні, знос поверхні нижнього опорного бурта і посадочних поясів, кавітаційні руйнування зовнішньої поверхні, відкладення накипу. Основний дефект гільз циліндрів – знос внутрішній поверхні.

Існуючі способи відновлення внутрішньої поверхні і зміцнення гільз циліндрів можна умовно розділити на дві групи: розточування під ремонтний розмір і відновлення до номінального розміру (рис. 1.2)

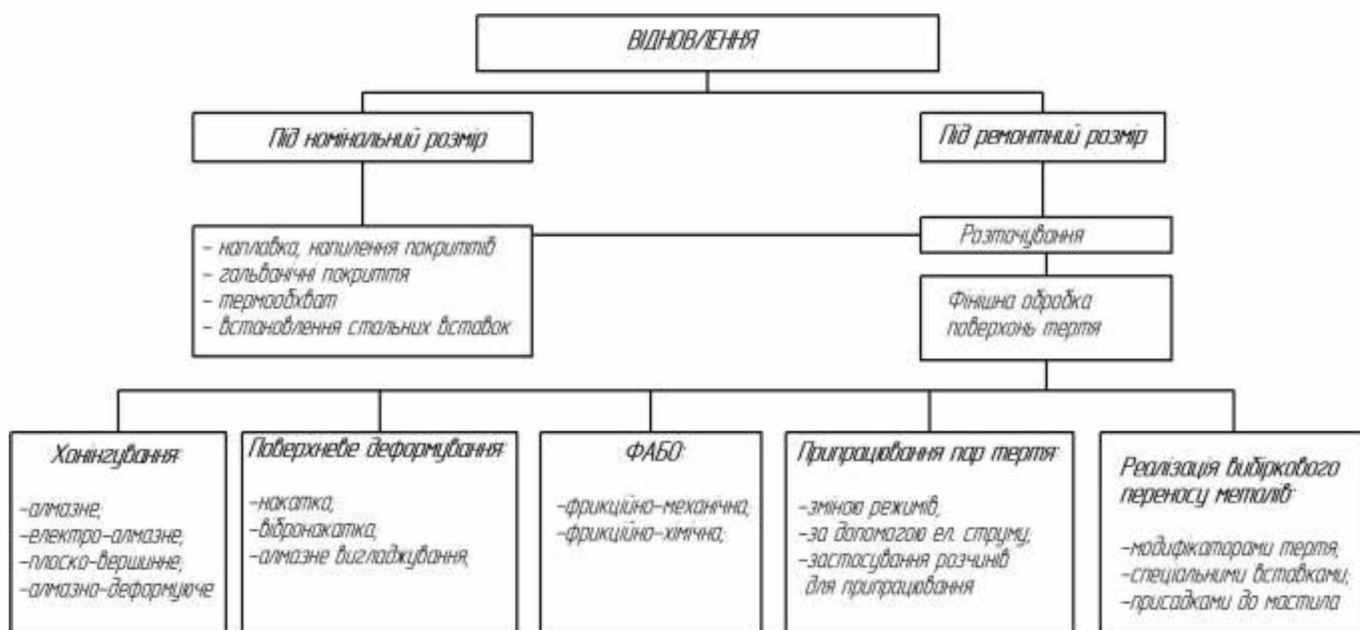


Рисунок 1.2 – Способи відновлення поверхонь тертя гільз циліндрів

На рис. 1.3 показана порівняльна вартість різних методів обробки деталей і шорсткість, яка при цьому досягається [20]. При більш низькій шорсткості і зі збільшенням точності вартість обробки різко збільшується. Найменша вартість відповідає обробці розточуванням і чистовим точінням. Разом з цим досягається висока шорсткість і продуктивність.

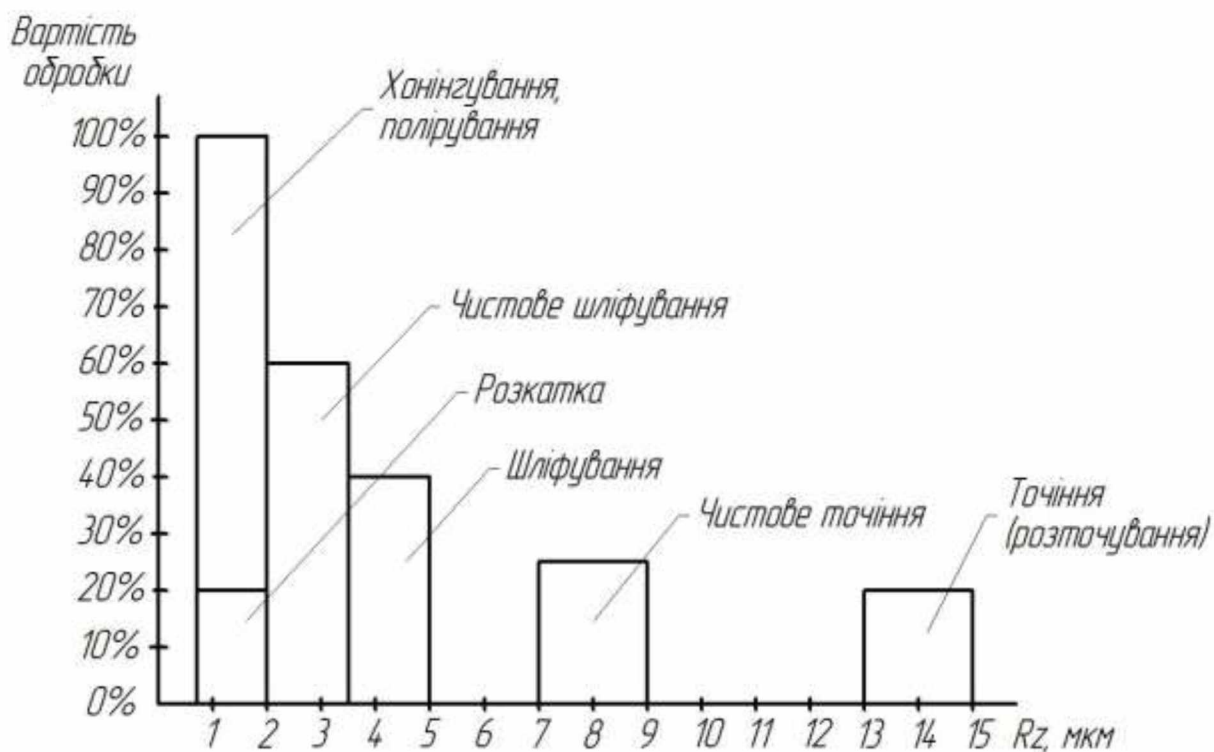


Рисунок 1.3 – Економічна оцінка способів обробки

Аналіз літературних джерел [21, 22, 27] дозволив класифікувати основні методи підготовки поверхонь тертя до експлуатації при відновленні гільз циліндрів і виділити недоліки і переваги (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 - Порівняльна оцінка способів відновлення гільз циліндрів

Спосіб	Переваги	недоліки
Розточування під ремонтний розмір	-простота технології ремонту; -низька собівартість; -не потребує спеціальних установок для нарощування металу;	-необхідність застосування поршнів і кілець ремонтних розмірів; -витрата матеріалу гільзи при розточуванні; -низький ресурс розточеної гільзи (60% від нової)
Наплавка, напилення покриттів	-висока зносостійкість; -збільшення строку ресурсу;	-низька надійність через недостатню міцність з'єднання покриття з основним металом
Хромування (хромування верхньої частини гільз, встановлення хромованих вставок)	-висока зносостійкість (200...250% від нових гільз); -висока корозійна стійкість;	-низька продуктивність; -недостатня змочуваність і приробляємість; -необхідність спеціального гальванічного обладнання
Залізнення	-висока продуктивність (порівняно зі способами хромування) -низька собівартість (в 2-3 рази нижче ніж у хромування)	-низька корозійна стійкість; -поверхня погано піддається обробці; -низька зносостійкість (60% від нової); -підвищений знос поршневих кілець
Застосування вставок	-можливість багаторазового відновлення гільз	-висока трудомісткість і собівартість; -підвищений знос поршневих кілець; -низька зносостійкість відновлених гільз (87% від нової)
Термообжим	-висока продуктивність; -не потребує застосування додаткових матеріалів;	-необхідність термобробки (відпуску) для зняття внутрішніх напружень; -зміна розмірів внутрішнього діаметру гільзи після обробки через неповного зняття внутрішніх напружень під час відпуску; -низька зносостійкість відновлених гільз (80% від нової)

Технологія відновлення під ремонтний розмір полягає в розточенні гільзи по внутрішньому діаметру під збільшений ремонтний розмір. Для цієї технології для ремонту застосовуються гільзи, що мають знос внутрішнього діаметра не більше 0,35 мм на діаметр і овалоподібність зовнішніх посадочних поясів не більше 0,14 мм.

Відповідно до технічних умов на виготовлення, твердість робочої поверхні гільз повинна бути не нижче HRC 40. Проведені дослідження [23] показали, що твердість коливається в межах HRC 33...36, що призводить до зниження моторесурсу відновлених гільз.

Відновлення запресовкою зносостійких сталевих стрічок полягає в запресовці зносостійких термооброблених стрічок товщиною 0,2 ... 0,7 мм по внутрішньому діаметру гільзи.

Спосіб відновлення гільз циліндрів металізацією полягає в нанесенні на підготовлену поверхню гільзи зносостійкого металевого шару електродуговою металізацією. Цей спосіб дає високу зносостійкість гільзам циліндрів.

Сутність гальванічного способу відновлення полягає в осадженні на зношену поверхню гільзи зносостійких металів з металовмісних електролітів. Існують наступні способи гальванічними покриттями: залізнення, хромування всієї внутрішньої поверхні гільзи, пористе хромування, хромування верхньої частини гільзи, запресовування хромованих втулок у верхню частину гільзи.

Спосіб відновлення наплавленням внутрішньої поверхні гільз зносостійкими порошковими матеріалами полягає в наступному. Гільза закріплюється в патроні механізму з горизонтальною віссю обертання, на внутрішню поверхню насипається порошковий матеріал, всередину гільзи вводиться індуктор і здійснюється нагрівання при обертанні гільзи. При досягненні заданої температури відбувається сплавлення порошку і матеріалу гільзи. Цей спосіб відрізняється високою зносостійкістю і надійністю в роботі [23].

Сутність способу відновлення гільз нагріванням (термопластичне деформування) полягає у зменшенні внутрішнього діаметра гільзи при швидкому нагріванні зовні і одночасному охолодженні з внутрішньої боку.

В роботі [24] пропонуються способи обробки гільз циліндрів, як фосфатування, лудіння і сульфідуювання. Основні переваги фосфатного покриття як припрацьовочного шару - значна його товщина (до 50 мкм), достатня міцність і невелика твердість. Для кращого припрацьовання тертьових деталей ЦПГ широко застосовують лудіння і сульфідуювання. Сульфідуювання проводять у рідкому, твердому або газовому середовищах, що містять сірку. Воно може бути низько-, середньо- і високотемпературним. Відповідно температурні режими 150...450 °С, 540...580° С і 850...950°С. Переваги сульфідуювання ті, що плівка має меншу міцність, ніж основний метал, відносно легко руйнується при терті і легко відділяється від основи, запобігаючи схоплюванню поверхонь тертя.

Лудіння гільз циліндрів проводять в розплаві олова. Характерно, що покриття оловом чавуну забезпечує коефіцієнт тертя в 14 раз менше, ніж без покриття.

Азотування значно підвищує твердість і зносостійкість поверхневого шару дзеркала циліндра, збільшує його опірність корозії в багатьох активних середовищах. Азотування проводиться в атмосфері аміаку при температурі 520...540 °С. Ступінь дисоціації аміаку становить 35-45%.

Електролітичне хромування забезпечує збільшення терміну служби в 2...3 рази, хорошу зчіплюваність покриття з основним металом (до 600 МПа), високу твердість [25]. Однак хромуванню характерне погане припрацьовання дзеркала циліндра і погана його змочуваність мастилом.

Метод електролітичного травлення в розчині хромового ангідриду дозволяє скоротити час припрацьовання 3,5 рази і зменшує знос кілець і гільз на 20%. Застосування цього методу ускладнюється необхідністю використання складного обладнання та малою продуктивністю.

У літературі [21,26], присвяченій різним способам зміцнення (лазерне, ультразвукове, високовольтний розряд, електроіскрове, іонне та ін.) описані зміни, що відбуваються у вихідному матеріалі. Як правило, дослідження фіксують наявність зміненого підшару – велика щільність дислокацій і зростання мікротвердості безпосередньо під шаром, на який впливали тим чи іншим чином.

Відомий спосіб поверхневого зміцнення [27] шляхом електронатирання після попереднього формування поверхні методом накатки і нанесення припрацьовочного покриття сульфіду «молібдену на внутрішню поверхню гільзи циліндрів. Але його недолік – низька продуктивність і використання дорогого устаткування.

При всій різноманітності способів відновлення гільз циліндрів, найбільшого поширення в ремонтну виробництві отримав спосіб розточення під ремонтний розмір. Один з недоліків відновлення таким чином - зниження (на 30 - 40%) їх ресурсу через зменшення твердості поверхні.

Застосування окремих розробок і процесів, незважаючи на їх ефективність, не дозволяє значно підвищити зносостійкість деталей і ресурс двигунів. Сучасні досягнення трибології відкривають нові можливості для підвищення ресурсу відремонтованих двигунів.

1.3. Аналіз процесу відновлення гільз циліндрів постановкою додаткової деталі

В даний час на передній план висуваються способи і методи відновлення деталей, які не потребують значних капіталовкладень. З цієї точки зору спосіб відновлення гільз постановкою згорнутих втулок в порівнянні з усіма іншими відомими способами (за винятком способу ремонтних розмірів) при сучасному рівні завжди буде актуальним.

Даний метод має ряд переваг в порівнянні з іншими:

- можливість відновлювати сильно зношені деталі під номінальні або ремонтні розміри;
- відсутність нагрівання основної деталі, завдяки чому термічна обробка сталевих деталей не порушується;
- можливість отримати високу якість відновленої робочої поверхні;
- спосіб надійний, загальнодоступний, що не вимагає складного устаткування.
- можливість неодноразового відновлення;
- собівартість процесу не більше 30% ціни нової гільзи;
- довговічність деталі більш ніж в три рази вище довговічності деталі, виготовленої з чавуну і відновлюваної традиційними способами;
- ремонтпридатність деталей навіть в випадку порівняння з найпростішим базовим варіантом - обробкою під ремонтний розмір - виявляється на порядок вище.

При виборі об'єкта дослідження нами враховувалося те, що знос циліндро-поршневої групи лідирує серед причин відмов двигуна і частка відмов з цієї причини досягає 30% від усієї кількості відмов.

Одним з головних умов успішного освоєння відновлення гільз постановкою згорнутих втулок є належна технологічна підготовка. При цьому доводиться вирішувати велике коло питань, починаючи від вибору конструктивних параметрів з'єднання «гільза-втулка» і кінчаючи вибором технологічного обладнання, проектуванням необхідної технологічної оснастки і призначенням оптимальних режимних параметрів для кожної технологічної операції.

Багато з цих питань не є специфічними для даного способу і вирішуються виходячи з конкретних технологічних можливостей даного підприємства. До них належать питання очищення, дефектації, механічної обробки, контролю та ряд інших питань, вже добре відомих і які отримали задовільні рішення в ремонтній практиці.

До числа таких питань не можна віднести вибір конструктивних параметрів з'єднання «гільза-втулка», оскільки це питання є специфічним, притаманним лише даного способу відновлення. Від правильного вирішення саме цього питання в першу чергу залежить працездатність відновленої гільзи і, як буде показано нижче в наступних розділах, рівень виробничого браку в процесі відновлення.

При виборі і розрахунку конструктивних параметрів з'єднання «гільза-втулка» необхідно отримати рішення по наступних питаннях:

- підбір матеріалу для виготовлення згорнутої втулки, що забезпечує заданий ресурс циліндро-поршневої групи;

- вибір товщини стрічки, яка забезпечувала б працездатність з'єднання «гільза-втулка» аж до досягнення максимально допустимого радіального зносу дзеркала циліндра;

- вибір значень радіуса розточення гільзи і відповідної йому довжини заготовки для згорнутої втулки, які забезпечували б необхідну щільність посадки втулки в гільзі і необхідну величину припуску для фінішної обробки дзеркала циліндра і в той же час не приводили б до перенапруження в матеріалі втулки;

- призначення оптимальних допусків на всі розміри з'єднання, які (допуски) забезпечували б прийнятний рівень ймовірності виникнення браку в процесі відновлення.

З відомих нам літературних джерел найбільш повне і системне висвітлення цих питань міститься в роботі Н.І. Соболева та Б.А. Тітуніна [28]. У зазначеній роботі автори призводять великі матеріали по методикам розрахунку, вихідним даними для розрахунків, результатами лабораторних досліджень. Але дана робота не дає відповідь на одне з важливих питань - оптимізацію технологічної точності при розгляді всього комплексу операцій механічної обробки.

Також є суперечливі дані по коефіцієнту тертя як в дані роботі так і іншій технічній літературі. Тому щоб отримати більш достовірну інформацію з цього

питання, слід провести експериментальні дослідження в умовах, максимально наближених до виробничих (матеріали тертьових поверхонь; шорсткість поверхонь; умови навантаження, форму і розміри деталей і т.п.).

Висновки, мета і завдання досліджень

Вивчення літературних джерел та їх аналіз дозволяє зробити наступні висновки:

– приведені літературні дані про застосовані технології відновлення свідчать про недостатню їх обґрунтованість для конкретних деталей;

– метод підвищення зносостійкості гільз циліндрів автотракторних двигунів постановкою додаткової деталі, не знайшов належного застосування в ремонтному виробництві при їх відновленні через відсутність достатніх даних по його використанні.

На основі аналізу даних літературних джерел поставлена мета: дослідити параметри технології відновлення гільз циліндрів автотракторних двигунів постановкою додаткових елементів.

Для реалізації поставленої мети в даній роботі поставлені наступні задачі.

1. Провести аналіз та виявити можливість відновлення гільз циліндрів автотракторних двигунів постановкою додаткових елементів.

2. Виконати теоретичне обґрунтування відновлення гільз циліндрів автотракторних двигунів постановкою додаткових елементів при різних технологічних процесах їх відновлення.

3. Обґрунтувати оптимальні параметри технологічного процесу відновлення гільз циліндрів автотракторних двигунів постановкою додаткових елементів.

4. Виконати економічне обґрунтування запропонованих розробок.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Методика проведення лабораторних досліджень

В основу методики вивчення об'єктів досліджень покладено системний підхід, що полягає в комплексі теоретичних та експериментальних досліджень. При розгляді теоретичних питань двигун розглядали як складну трибомеханічну систему, що складається з підсистем, що взаємодіють один з одним. Комплексність підходу полягала в проведенні лабораторних і експлуатаційних випробувань. Для вирішення проблеми підготовки відремонтованих двигунів до експлуатації з підвищеним ресурсом шляхом вдосконалення процесу обробки деталей розглядали фізичні, хімічні, теплові та інші явища і процеси, що впливають на властивості поверхонь деталей, що труться.

В якості об'єктів досліджень прийняті гільзи циліндрів двигунів ЯМЗ-238.

На першому етапі вивчали фактичний рівень довговічності відремонтованих двигунів, показали доцільність використання комплексу заходів щодо вдосконалення обробки деталей відремонтованих двигунів. В результаті цього були визначені завдання дослідження та намічено шляхи їх практичної реалізації.

На другому етапі на основі останніх досягнень трибології робили теоретичне обґрунтування методів розв'язання задач. Для цієї мети використовували методи трибологічних досліджень. При розрахунках і дослідженнях широко використовували програмування і моделювання процесів. Теоретичні дослідження зумовлювали коло експериментальних робіт, розробку нових способів і технологій, що вирішують поставлене завдання.

У комплекс експериментальних досліджень входили:

- лабораторні випробувань зразків деталей, що моделюють умови роботи поверхонь тертя деталей;

- дослідження фізико-механічних характеристик поверхонь тертя зразків та основних деталей;

На основі аналізу, узагальнення та систематизації експериментальних випробувань, а також результатів трибологічних випробувань розроблена класифікація вимог і умов, що висуваються до лабораторних і експлуатаційних випробувань.

При лабораторних випробуваннях зразків деталей двигунів необхідно: шорсткість поверхонь тертя зразків забезпечувати відповідно до технічних умов на ремонт досліджуваної марки двигуна, точність виготовлення зразків забезпечувати вище точності модельованих деталей на один клас, навантаження і швидкість ковзання встановлювати рівні або кратні робочому двигуну; контролювати, температуру масла, знос зразків, шорсткість поверхонь тертя, зміну фізико-механічних властивостей поверхонь тертя зразків.

Для отримання об'єктивної оцінки обробки деталей відремонтованих двигунів необхідний комплекс параметрів, які всебічно характеризують одержуваний результат.

Оцінку якості обробки проводять на зразках деталей в лабораторних умовах і на реальних деталях. Це можуть бути методи безпосередні та непрямі. До безпосередніх методів слід віднести такі, які відображають стан поверхні деталі (мікрогеометрія та фізико-механічні властивості). До непрямих відносять методи, що відображають стан пар тертя, вузлів, двигунів (механічні втрати на тертя, питома витрата палива, величина компресії, тиск масла, ефективна потужність та ін.).

2.2 Установка для проведения трибологических испытаний

Трибологические испытания проводили на машине тертя МИ-1М (рис.2.1) . Машина тертя МИ-1М предназначена для испытания материалов на изнашивание и определения их антифрикционных свойств при терти ковзання і терті кочення. Испытания можно проводить при наличии смазки и без смазки.

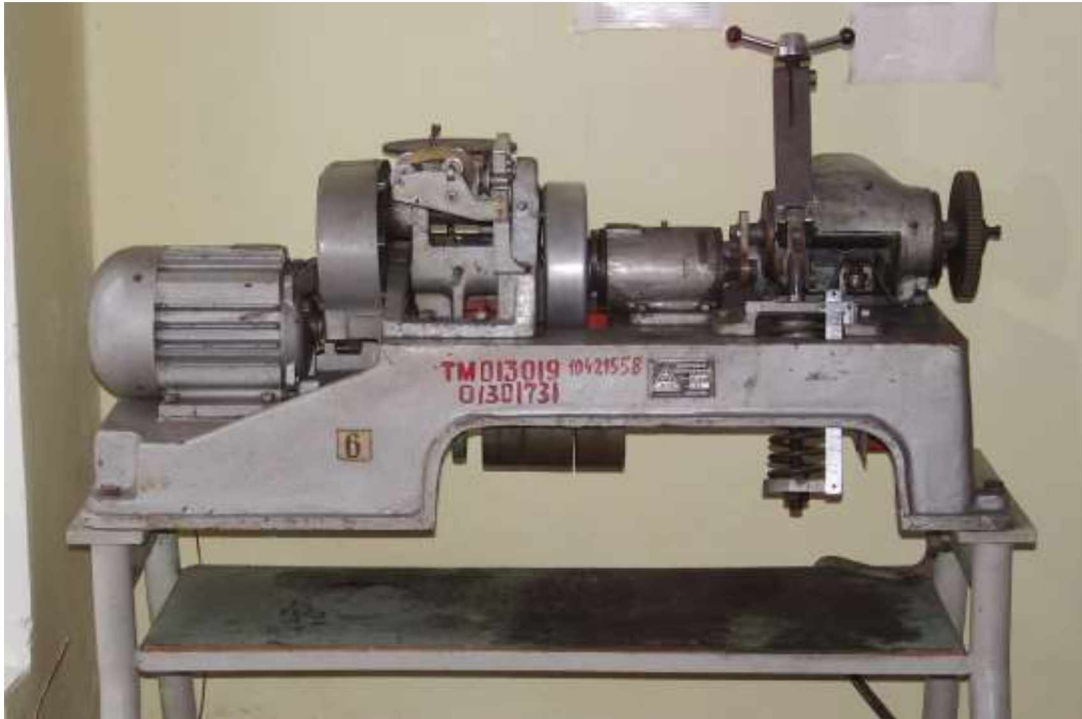


Рисунок 2.1 - Загальний вигляд машини тертя МИ-1М

Технічна характеристика машини тертя МИ-1М:

- діаметр випробуваних зразків 30 і 50 мм;
- ширина випробуваних зразків 10 мм;
- частота обертання зразків за хвилину:
- нижнього 425;
- верхнього 0; 385; 360; 340;
- похибка частоти обертання - 10%;
- найбільше навантаження на зразки 2500 Н;
- межі вимірювання моменту тертя 0...1500Н·м;

- число ступенів вимірювання моменту тертя 0-100;0-500;0-1000;0-1500 Н·м;

- маса машини 235кг.

На машині МИ-1М зразки випробовуються під навантаженням і працюють у парі слідуючим чином: при терті кочення один зразок обкочується по другому з певним проковзуванням; при терті ковзання ролик обертається, а колодка нерухома.

Засоби вимірювання зносу зразків у машині не передбачені. Визначення зносу зразків виконується вимірюванням зразків до і після випробуванням, зважуванням або методом вирізаних лунок.

Випробування зразків проводили при $n=300, 500, 1000, 1500 \text{ хв}^{-1}$, навантаження змінювали від 0 до 2500 Н.

Зразки пар тертя виготовляли із матеріалу двигуна ЯМЗ-238. Досліджувались з'єднання «гільза-поршневе кільце». Колодки виготовляли із матеріалу поршневих кілець. Ролики виготовляли із матеріалу гільз циліндрів двигуна ЯМЗ-238 (СЧ24): шорсткість робочої поверхні $Ra=0,32 \text{ мкм}$, пару зразків випробовували один раз, повторюваність дослідів трьохкратна.

Обробку поверхонь тертя гільз циліндрів проводили з використанням розточувального, хонінгувального і свердлильного верстатів. Розточку і хонінговку здійснювали відповідно до заводської технології ремонту гільз.

Провівши різну обробку гільз циліндрів, отримали кілька різних пар тертя деталей. Для порівняння використовували також гільзу, що була в експлуатації. Загальний вигляд експериментальних гільз показаний на рис.2.2.

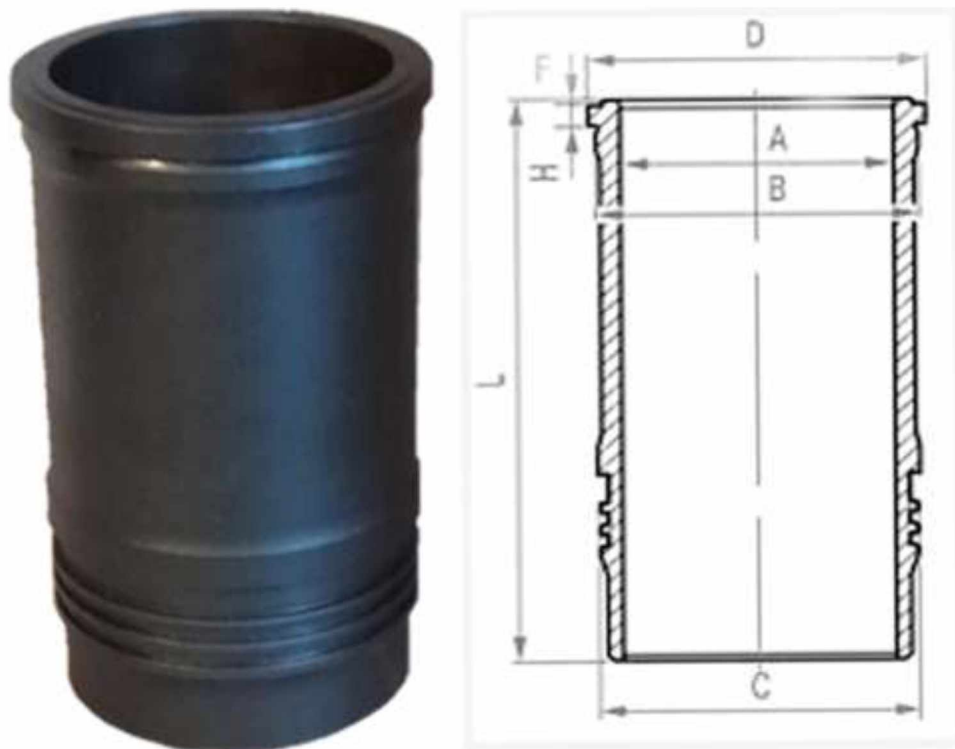


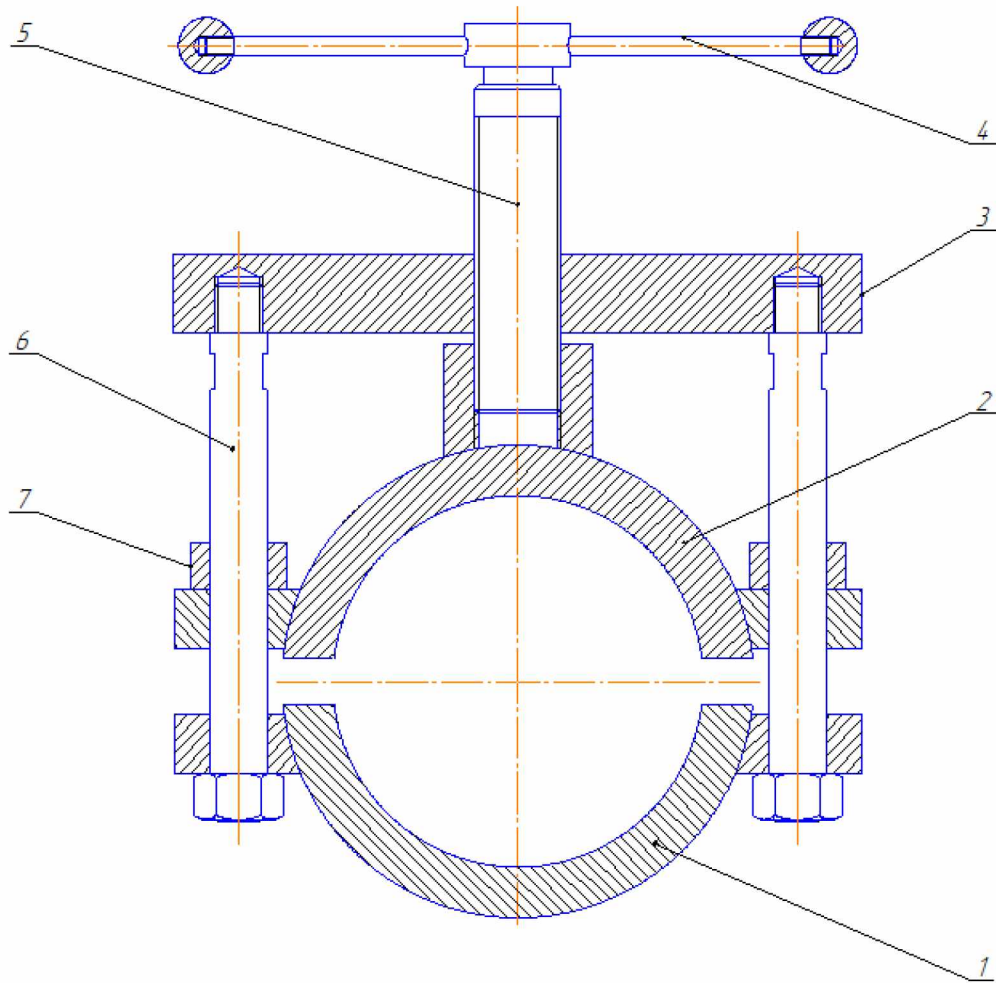
Рисунок 2.2 – Загальний вигляд гільзи

Для відновлення гільз циліндрів автотракторних двигунів ремонтною вставкою потрібно виготовити матрицю в якій буде надаватись циліндрична форма вставці. Матриця також призначена для запресування вставки в попередньо підготовлену гільзу.

Схема матриці для приготування ремонтної вставки приведена на рис. 2.3.

Матриця складається з напівкільць, які пов'язані між собою двома вісями, що рухаються по направляючих втулках. У верхнє напівкільце приварена втулка з різьбою, в яку вгвинчується гвинт з ручкою. На гвинтові встановлена траверса, що дозволяє рівномірно формувати ремонтну вставку потрібного розміру.

Для виготовлення ремонтної вставки потрібно попередньо вирізати пластину відповідного розміру, що відповідає типу відновлювального двигуна, далі пластина вставляється в на півкільця і за допомогою ручки відбувається формування вставки.



1 – нижнє півкільце; 2 – верхнє півкільце; 3 – траверса; 4 – ручка; 5 – гвинт; 6 – вісь; 7 – направляюча

Рисунок 2.3 – Схема матриці для формування ремонтної вставки

Наступним етапом є запресування вставки в гільзу. При цьому ремонтна вставка не виймається з матриці, а за допомогою додаткової насадки відбувається запресування. Даний процес відбувається на пресі, при цьому зверху гільзи вставляється матриця, а на матрицю додаткова насадка.

2.3 Визначення фізико-механічних властивостей поверхонь тертя

Шорсткість є одним з найважливіших параметрів, за яким оцінюють якість обробки. Шорсткість поверхонь тертя, яка отримується в результаті роботи вузла тертя, не залежить від вихідної технологічної шорсткості деталей. Після припрацювання в процесі роботи встановлюється мікрорельєф, що залежить тільки від умов тертя, який називають рівноважним. Якщо вихідна шорсткість грубіше рівноважної, то на вершинах мікровиступів розвиваються великі напруги, що перевершують межу пружності, внаслідок чого відбувається швидке руйнування мікронерівностей, висота їх зменшується. У міру вигладжування поверхонь в плямах контакту пластичні деформації поступають місцем пружним. Інтенсивність зношування і тепловиділення від тертя зменшується, зменшується змочуваність поверхонь маслом. Водночас зниження висоти мікронерівностей веде до зменшення обсягу западин між ними, які служать резервуарами масла, а також до зниження випромінюючої здатності поверхні і погіршення тепловідведення від неї. Нарешті, може настати момент, коли вигладжування поверхонь призведе до появи в окремих плямах контакту мікрозадирів, що викличе деяке огрубіння поверхні, після чого відновляться нормальні умови тертя, а процес буде коливатися біля якогось рівноважного стану.

Візуальний огляд деталей після обробки також є важливою оцінкою її якості, незважаючи на деяку суб'єктивність оцінки. Візуальний огляд дозволяє встановити наявність задирів, подряпин і т.п. Вихідна шорсткість поверхонь тертя чинить великий вплив на значення подальшого зносу. Чим більше шорсткість, тим вище інтенсивність зношування.

Для визначення шорсткості використовували профілометр портативний моделі 253.

Прилад (рис. 2.4) складається з таких вузлів: датчик, привід, електронний блок, пристрій, що складається із стояка, призми із столиком.

датчик перетворює лінійні коливання голки, які відповідають нерівностям поверхні в електричні сигнали.



Рисунок 2.4 – Загальний вигляд обладнання для вимірювання шорсткості

Профілометр портативний моделі 253 є високочутливим вимірювальним приладом для вимірювання шорсткості металевих і неметалевих виробів (пластмаса, скло та ін.) без пошкодження їх поверхні.

Дія приладу ґрунтується на принципі обмацування алмазною голкою датчика досліджуваної поверхні і перетворення коливань голки в змінну напруги за допомогою механотронного перетворювача.

На передній панелі електронного блоку розміщено: прилад для показань, кнопка вимкнення мережі, сигнальне вічко, перемикач діапазонів вимірювань і кнопка пуску. Стояк використовується для закріплення приводу з датчиком при вимірюванні високих деталей.

При вимірюванні шорсткості циліндричних деталей на плиту стояка встановлюється призма.

На початку експлуатації відбувається відносно швидка втрата маси деталей, зміна задирів у з'єднаннях. Інтенсивність зношування в міру припрацювання зменшується і стабілізується на деякому рівні. У добре підготовлених поверхнях деталей інтенсивність зношування залишається постійною і при зміні швидкісних і навантажувальних режимів. Знос визначають за втратою маси деталей або мікрометражем. Про знос деталей в двигуні можна судити також за змістом металів в мастилі після нормованого періоду роботи з'єднання.

Для визначення зносу перед випробуванням проводили зважування зразків на аналітичних вагах моделі ВЛА-200 г-М (АДВ-200М) з точністю вимірювань 1×10^{-3} г [29].

Фізико-механічні властивості визначаються по мікротвердості і твердості поверхонь тертя.

В процесі обробки деталей і наступного припрацювання з'єднань виникає зміна механічних властивостей поверхні матеріалу на глибину 3...80 мкм. Мікротвердість визначається по відбитку алмазної піраміди з квадратною основою при навантаженні 50 г за формулою [29]:

$$H_{\mu} = \frac{1854P}{C^2}, \quad (2.1)$$

де P – навантаження, г;

C – діагональ відбитку, мкм.

Для визначення мікротвердості готують мікрошліфи поверхонь тертя зразків. Для цього роблять похилий зріз під кутом 20° до поверхні тертя.

Випробування мікротвердості проводять на приладі ПМТ-3. Зразок розміщують на столику приладу. Спостерігаючи в окуляр зі шкалою виконують наведення на різкість за допомогою мікрометричних гвинтів. Обертанням барабана встановлюють перехрестя ниток (подвійний штрих).

Пересуваючи столик рукоятками зразок підводять до перехрестя ниток. На шток приладу, що навантажує ставлять вантаж. Рукояткою плавно повертають предметний столик в ліве положення до упора, а також плавно

навантажують зразок протягом 2-3 секунд повертаючи на себе рукоятку, витримують 5 сек. Після витримування зразок плавно розвантажують, повертаючи рукоятку від себе. Потім плавно повертають столик в праве положення до упору (не допускаючи удару об упор) та окулярним мікрометром вимірюють діагональ отриманого відбитку з точністю $\pm 0,5$ поділки шкали. Для цього перехрестя шкали підводять впритул спочатку до правого кута відбитку, суміщаючи нитки зі сторонами відбитку і записують перше значення на барабані. Після цього перехрестя шкали підводять впритул до лівого кута відбитка та записують друге значення на барабані. Для визначення довжини діагоналі в поділках потрібно від першого значення відняти друге. Ціна поділи лімбу барабана дорівнює 0,3 мм. Тому для визначення довжини діагоналі (в мкм) отриману різницю множать на 0,3. Для зручності відліку барабану до початку вимірювання потрібно встановити на нульову поділку барабана.

Твердість поверхонь тертя деталей визначали за допомогою твердоміра портативного комбінованого ТД-32М (рис. 2.5.).



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд твердоміра ТД-32М

Твердомір портативний комбінований ТД-32М призначений для вимірювання твердості в лабораторних і польових умовах по шкалах твердості: Брінелля (НВ), Роквелла (HRC), Віккерса (HV) і Шора (HSD). В твердомірі передбачені інші шкали, що дозволяють визначити твердість чавуну, алюмінію і інших кольорових металів, визначити межу міцності на розтяг деталей із вуглецевих сталей перлітної структури шляхом автоматичного перерахування зі шкали твердості по Брінеллю. Твердомір оснащений мікропроцесором, який дозволяє визначити середнє значення із серії проведених вимірювань і переносити дані із пам'яті процесора в пам'ять персонального комп'ютера.

Принцип роботи комбінованого твердоміра, при вимірюванні ультразвуковим способом, оснований на визначенні змін частот вільних коливань індентора (акустичний резонатор з алмазною пірамідою Віккерса), що знаходиться під дією постійного навантаження – метод ультразвукового контактного імпеданса. Суть методу в наступному: при каліброваному навантаженні алмазна піраміда, що закріплена на металічному коливальному стержні, втискується в матеріал виробу. Частота коливання стержня пропорційна площі відбитку на об'єкті контролю, тобто твердості.

При вимірюванні динамічним способом визначається відношення швидкостей індентора (ударний елемент з твердостлавим сферичним наконечником) до і після удару з поверхнею, що контролюється

Портативні твердоміри дозволяють визначити твердість без видимого відбитку на поверхні виробу (дзеркальні поверхні, шийки колінчастих валів і т.п.), на деталях складної конфігурації в різних просторових положеннях (зубці зубчастих коліс, шліци).

Для визначення зносу деталей при випробуваннях на стендах проводять мікрометраж і зважування головних деталей до обкатки і після випробувань. Визначення зносу поршневих кілець проводять за втратою маси під час випробувань. Для цього використовують аналітичні ваги ВЛА-200 г-М (АДВ-200М).

Знос гільз циліндрів визначають мікрометражем. Мікрометраж гільз циліндрів проводять за допомогою індикаторного нутроміра з точністю виміру 0,002 мм. Мікрометраж гільз циліндрів проводять в площинах та в перерізах, що показані на рис. 2.6.

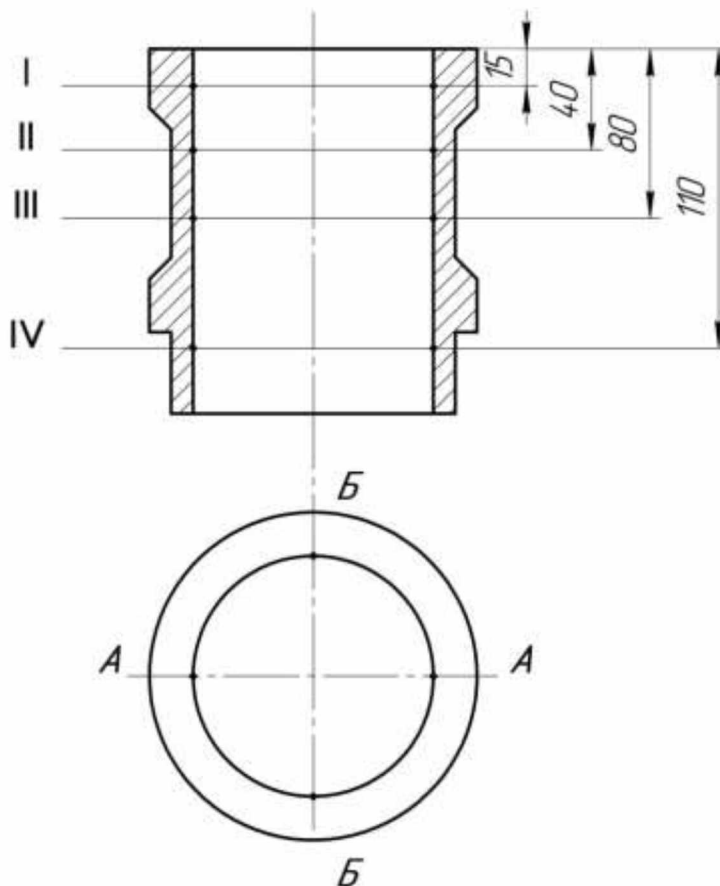


Рисунок 2.6 – Схема мікрометражу гільз циліндрів.

Методикою вимірів передбачено визначення розмірів внутрішньої поверхні гільзи циліндрів в чотирьох перерізах по двох взаємно перпендикулярних площинах.

Висновки

Опрацювавши і проаналізувавши літературу, було розроблено послідовність проведення лабораторних і експлуатаційних випробувань, встановлено систему вимог до них.

Так при лабораторних випробуваннях потрібно створювати максимально наближені до реальної експлуатації умови: використання відповідного моторного мастила, матеріали повинні відповідати матеріалам досліджуваних деталей, шорсткість поверхонь зразків повинна забезпечуватися відповідно до технічних умов на ремонт досліджуваної марки двигуна.

Для проведення досліджень було виокремлено найбільш суттєву групу показників, за якими можна охарактеризувати стан поверхні тертя, а саме шорсткість, твердість, мікротвердість і величина зносу.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Вибір матеріалу для виготовлення пластин

Для відновлення циліндрів використовуються пластини із тонкої, зносостійкої, холоднокатаної, термообробленої пружної сталльної полоси. Така полоса має високу твердість, відповідну шорсткість, необхідну точність розмірів і невелику товщину.

Найбільш пригодна для відновлення циліндрових втулок і блоків двигунів внутрішнього згорання полоса марок У8А, У10А, сталь 65Г, сталь 70С2ХА, сплав 36НХТЮ, сплав 40КХНМ [30].

Фізико-механічні властивості сталльної полоси вказаних марок приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Фізико-механічні властивості сталльної полоси, що можуть використовуватися для виготовлення змінних пластин

Матеріал полоси	Межа текучості, МПа	Межа міцності, МПа	Відносне видовження %	Відносне звуження, %	Твердість	
					HV	HRC
У8А, У10А	100	115	8	30	486-600	48-54
Сталь 65Г	80	100	8	30	486-600	48-54
Сталь 70С2ХА	160	180	5	20	486-600	48-54
Сплав 36НХТЮ	80	-	6	-	330-380	35-38
Сплав 40КХНМ	80	-	6	-	330-380	35-45

Для відновлення циліндрів автотракторних двигунів доцільно використовувати пластини із світлої сталльної полоси 3 класу міцності, високої точності по товщині і ширині з твердістю по HRC 45-55.

Товщина змінної пластини вибирається в залежності від допустимої величини максимальних напруг при згинанні після згортання її в циліндр, відновлюваного діаметра і величини максимального зносу циліндра з урахуванням наступних факторів:

- нижня границя товщини пластини повинна бути такою, щоб забезпечувалася працездатність її зі збереженням пружних властивостей при досягненні граничних зносів:

$$h_n > (1,3 - 1,5) i_{r \max}, \quad (3.1)$$

де h_n - товщина пластини, мм;

$i_{r \max}$ - максимальний радіальний знос циліндра, мм;

- пластина повинна бути досить товстою для того, щоб за рахунок пружних властивостей вона добре утримувалася в циліндрі;

- максимальна товщина повинна визначатися межею міцності максимальних напруг при згинанні пружної пластини [31]:

$$\sigma = \frac{E \cdot h_n}{2R_n(1 - \mu^2)}. \quad (3.2)$$

При відомих значеннях σ товщина пластини розраховується по формулі:

$$h_n = \frac{\sigma 2R_n(1 - \mu^2)}{E}, \quad (3.3)$$

де R_n - радіус кривизни пластини, що вставлена в циліндр;

E - модуль пружності;

μ - коефіцієнт Пуассона, $\mu = 0,3$ [31].

Залежність товщини змінної пластини від відновлювального діаметра циліндра приведена на рис. 3.1 і таблиці 3.2.

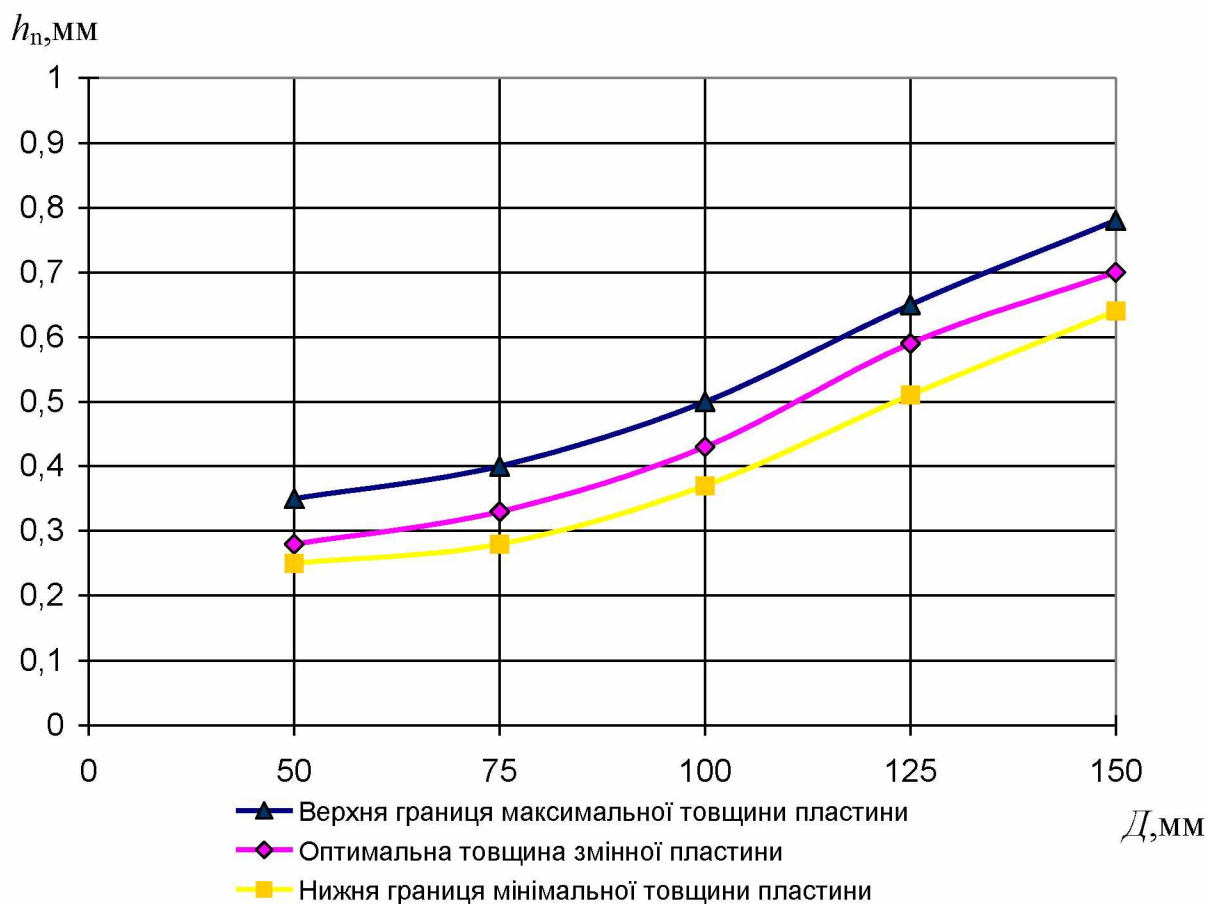


Рисунок 3.1 – Залежність товщини змінної пластини від діаметру гільзи циліндра відновлюваної деталі

Таблиця 3.2 – Залежність товщини змінної пластини від відновлюваного діаметру

Деталь	Номінальний розмір, мм	Товщина пластини, мм		
		0,19	0,36/0,26	0,35
Гільза компресора	35	0,19	0,36/0,26	0,35
Гільза ГАЗ-53	92	0,5	0,61/0,51	0,5
Гільза ЗІЛ-130	100	0,55	0,66/0,56	0,6
Гільза ЯМЗ-238	130	0,72	0,78/0,68	0,7

Під час роботи встановлена в циліндр змінна пластинка не повинна зміщатися. Надійне кріплення пластинки забезпечується посадкою з натягом. Згорнута пластинка представляє собою пружний елемент із незамкнутим

контуром. Тому надійність посадки збільшується за рахунок сил пружності пластини від її вигину і від того, що сила нормального тиску цілком передається на загальну площу циліндра, при цьому виникаюча сила тертя між згорнутою пластиною і стінкою основного металу підсилюється. Числові коефіцієнти тертя ковзання між поршнем, кільцями і дзеркалом циліндра значно менше числових значень коефіцієнтів тертя між пластиною і стінкою деталі.

Отже, посадка в сполученні із силами пружності від вигину і силою тертя, що виникає від сили нормального тиску, забезпечує надійну посадку змінного дзеркала в циліндрі. При будь-яких умовах роботи циліндро-поршневої групи осьові сили, що утворюються, не здатні змістити встановлену з натягом змінну пластину.

3.2 Визначення величини натягу при запресуванні

Величина натягу і зусилля при запресуванні вибираються оптимальними, згідно рис. 3.2.

Вихід за верхнє граничне значення викликає деформацію стінки циліндричної деталі, нижнє значення визначає гарантовану посадку з натягом.

Найбільше зусилля запресування залежить від величини натягу, властивостей матеріалу деталей, шорсткості поверхні і може бути визначена по залежності:

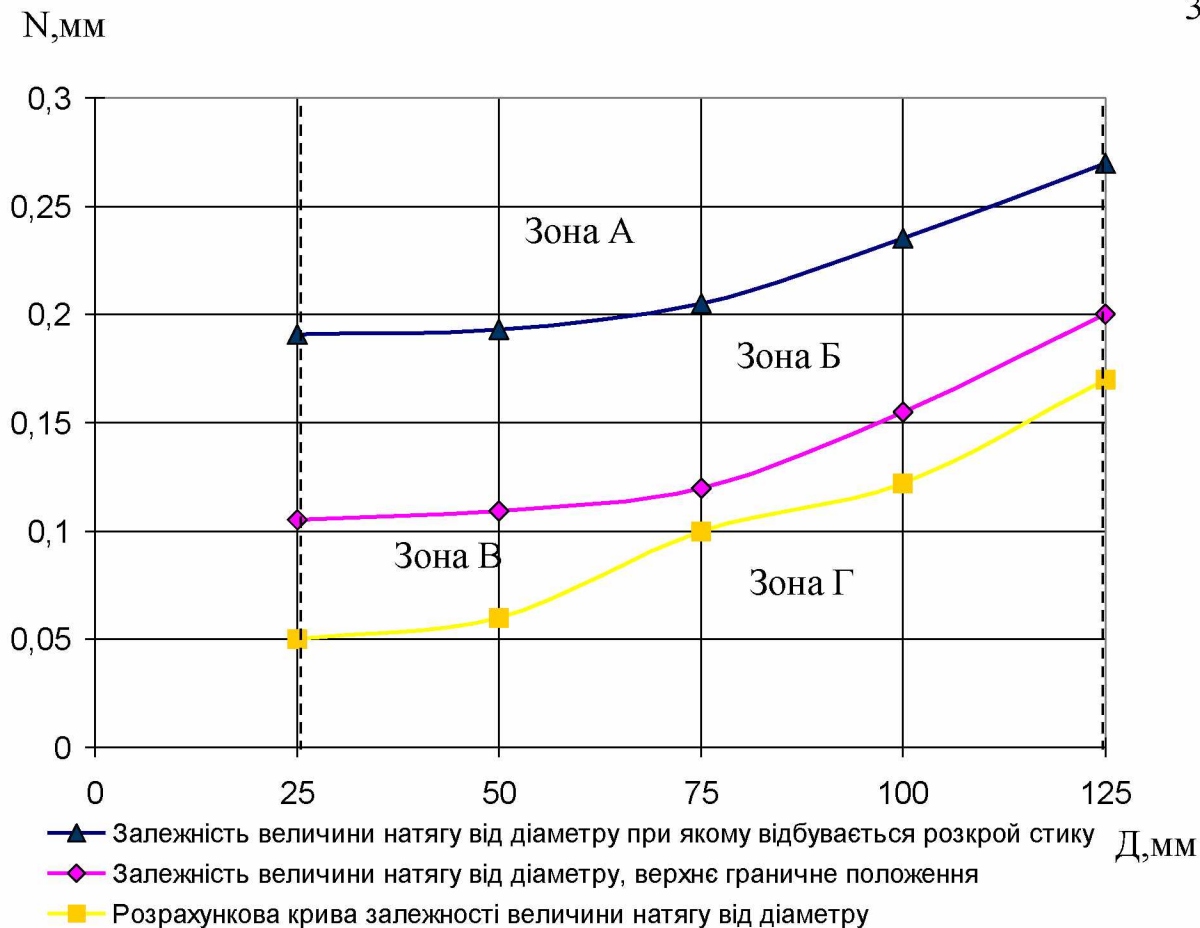
$$P = f \cdot \pi \cdot d \cdot l \cdot p , \quad (3.4)$$

де f - коефіцієнт тертя при запресуванні;

l - довжина запресування, мм;

d - діаметр деталей, що з'єднуються, мм;

p - питомий тиск на контактній поверхні, МПа.



А – зона натягу, що викликає порушення посадки змінної пластини в циліндрі; Б – зона натягу, що викликає деформацію циліндра, стінок або перемичок; В – зона оптимального натягу; Г – зона натягу, що викликає порушення посадки з натягом

Рисунок 3.2 – Залежність величини натягу від діаметру гільзи циліндра при запресуванні змінних пластин

Величина питомого тиску розраховується за формулою [32]:

$$p = \frac{1}{d} \cdot \frac{N_p \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right)}, \quad (3.5)$$

де N_p - розрахунковий натяг, мкм;

C_1, C_2 – конструктивні коефіцієнти, що визначаються за формулами (табл. 3.3):

$$C_1 = \frac{1 + (d_n/D)^2}{1 - (d_n/D)^2} + \mu_1, \quad (3.6)$$

$$C_2 = \frac{1 + (d_1/d)^2}{1 - (d_1/d)^2} - \mu_2, \quad (3.7)$$

де d_1 – внутрішній діаметр вала; якщо вал суцільний тобто $d_1 = 0$, то $C_2 = 1 - \mu_2$;

Таблиця 3.3 - Значення коефіцієнтів C_1, C_2

$\frac{d_0}{d}$ або $\frac{d}{D}$	Коефіцієнти	
	C_1	C_2
0	0,7	-
0,1	0,72	1,32
0,2	0,78	1,38
0,3	0,89	1,49
0,4	1,08	1,68
0,5	1,37	1,97
0,6	1,83	2,43
0,7	2,62	3,22
0,8	4,25	4,85
0,9	9,23	9,83

При відновленні гільз циліндрів чавунних деталей охватувана і охватуюча деталі отримують пружні деформації. Умови, при яких деформації залишаються пружними, визначаються залежностями:

- для охватуючої деталі (пластини)

$$p \leq 0,58\sigma_{1T} \left[1 - \left(\frac{d_0}{d} \right)^2 \right]; \quad (3.8)$$

- для охватуваної деталі (гільза, гальмівний циліндр)

$$p \leq 0,58\sigma_{2T} \left[1 - \left(\frac{d}{D} \right)^2 \right]. \quad (3.9)$$

Таким чином, отримані залежності дозволяють розрахувати необхідний питомий тиск в залежності від початкових конструктивних параметрів деталей, що відновлюються.

3.3 Випробування гільз циліндрів на знос

При проведенні досліджень були використані зразки гільз циліндрів. Поверхня тертя типових зразків була оброблена хонінгувальними брусками АСМ 20/14 МС1 100% до шорсткості $R_a=0,32\text{мкм}$.

В якості контрзразків використовували ролики з матеріалу поршневих кілець з шорсткістю $R_a = 2,4\text{ мкм}$, оброблені шліфуванням.

Були підготовлені три серії зразків для випробувань на машині тертя МІ-1М. Кожен дослід проводили трьома парами зразків. Знос зразків визначали по зміні маси зразків за час випробувань. Масу роликів визначали на аналітичних вагах моделі ВЛА-200 г-М (АДВ-200М) з точністю вимірювань $1 \times 10^{-3}\text{ г}$.

Результати випробувань на знос наведені на рис. 3.3.

Знос, г

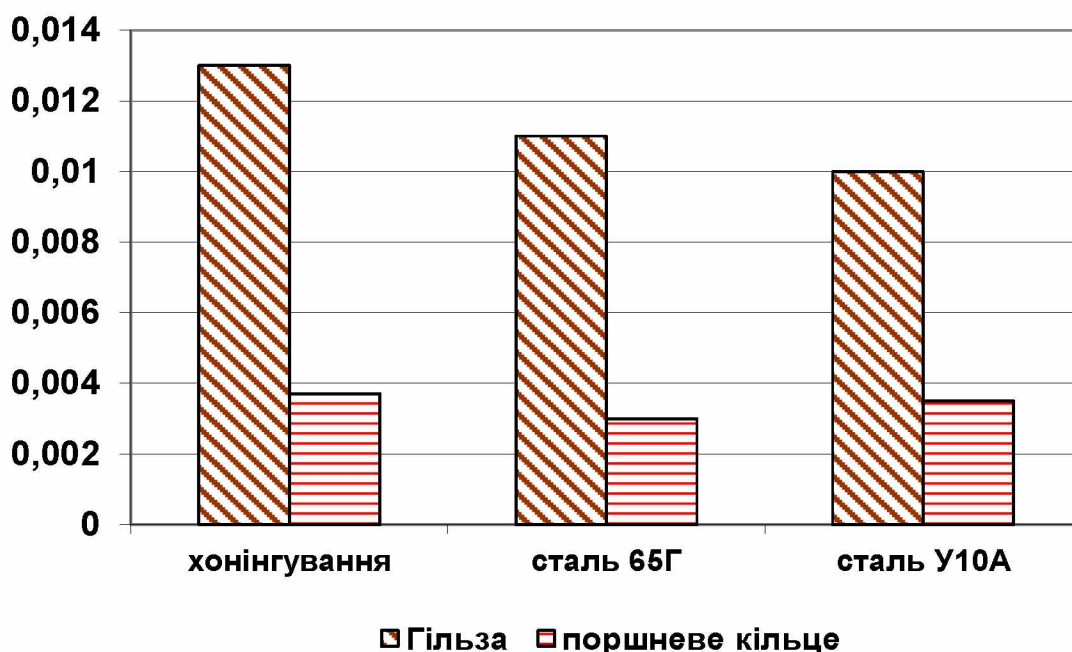


Рисунок 3.3 – Результати випробувань зразків на знос

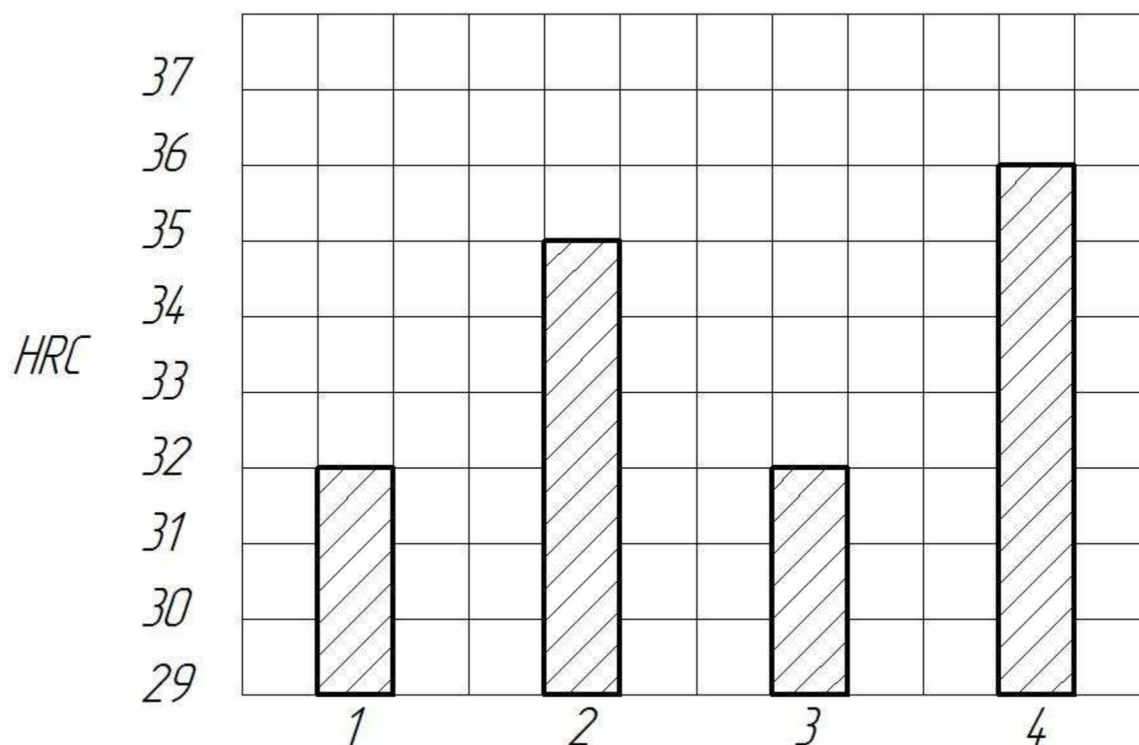
Аналіз результатів випробувань зразків на маслі М-8-В показує, що найбільший сумарний знос спостерігається в парі тертя з колодками після

хонінгування. Пари тертя після відновлення запресуванням ремонтної вставки мають менший знос в порівнянні з хонінгувальними колодками на 16 ... 28%.

3.4 Вивчення фізико-механічних властивостей поверхонь тертя гільз циліндрів

Визначення твердості проводили за допомогою твердоміра портативного комбінованого ТД-32М.

Твердість визначали у гільз після розточки і після запресування ремонтної вставки. За результатами всіх замірів твердості побудовані діаграми твердості поверхні тертя гільз після різних видів обробки і після експлуатаційних випробувань (рис. 3.4).



1 – після розточування; 2 – після запресування ремонтної вставки; 3 – після хонінгування; 4 – після експлуатації

Рисунок 3.4 – Твердість поверхонь тертя гільз циліндрів після різних видів обробки

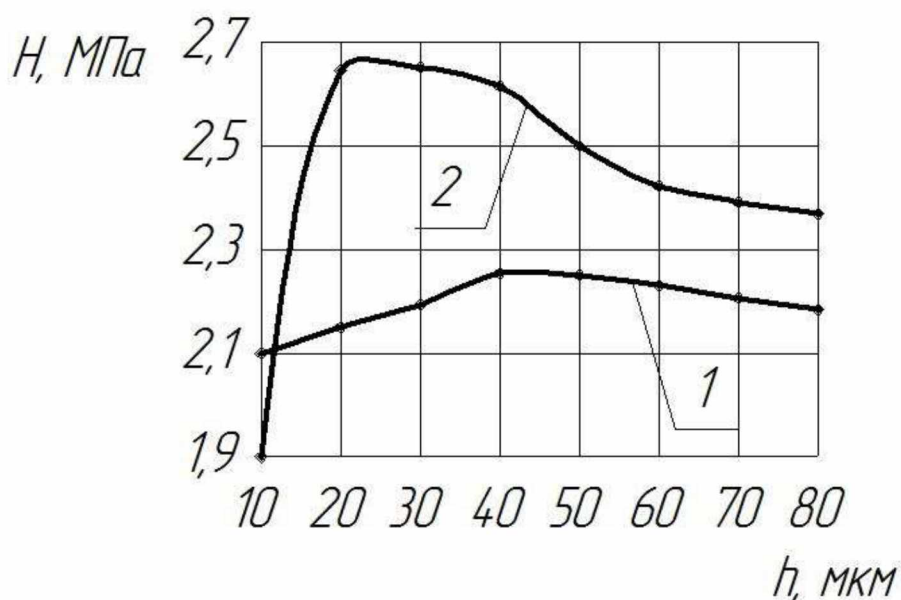
За результатами вимірювань можна зробити висновок про підвищення твердості поверхні тертя гільзи після запресовки ремонтної вставки на 9% порівняно з розточеною гільзою. Твердість гільзи після хонінгування і розточування однакова і дорівнює 3200 МПа.

Порівняння твердості поверхонь тертя гільз циліндрів після запресовки ремонтної вставки і гільз після експлуатації показує, що у них близькі значення твердості. Це дозволяє зробити висновок про те, що даний вид обробки найбільшою мірою готує поверхні тертя до експлуатації.

Були проведені випробування зразків на маслі М-8В, що імітують умови роботи деталей ЦПГ двигуна для порівняльної оцінки ефективності різних методів обробки по зміні мікротвердості поверхонь тертя.

Один з показників, за яким визначають можливість підвищення ресурсу двигунів, це мікротвердість поверхонь тертя. Застосування різних методів обробки призводить до процесів, які забезпечують зміну структури поверхневого шару металу в процесі тертя під дією температури і навантаження. Мікротвердість зразків гільз циліндрів після випробувань протягом 60 хвилин визначали за допомогою приладу ПМТ-3. Для визначення мікротвердості робили мікрошліфи поверхонь тертя зразків. Так як глибина деформації зразків невелика, при підготовці мікрошліфів робили косий зріз поверхні тертя. Результати визначення мікротвердості наведені на рис 3.5.

Після випробування деталей на мастилі М-8В спостерігаємо збільшення мікротвердості на глибині 20...30 мкм в порівнянні з хонінговою гільзою максимально на 22% (додаток А табл. А.3).



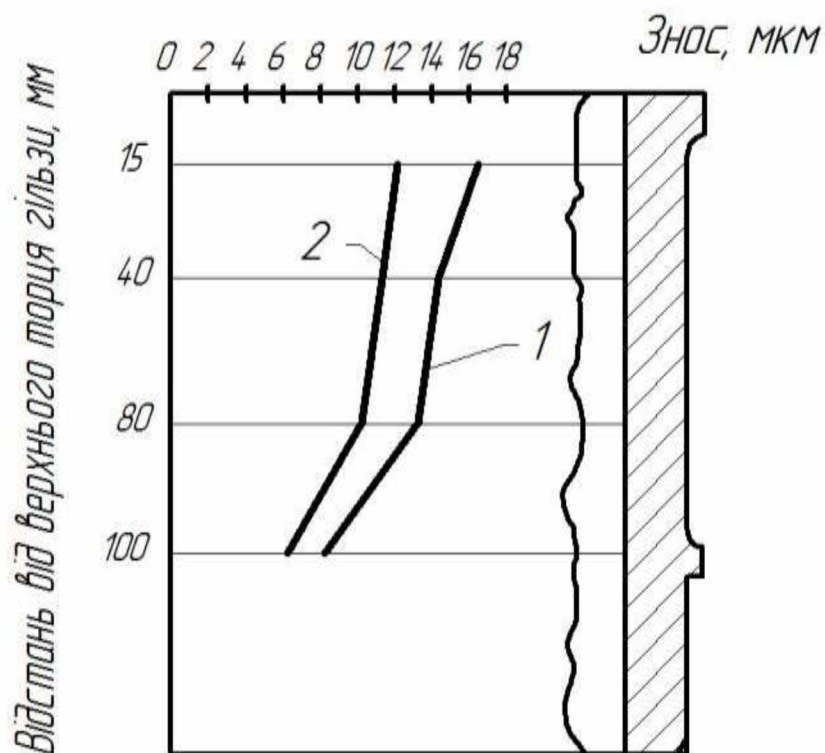
1 – після хонінгування; 2 – після запресовки ремонтної вставки

Рисунок 3.5 – Залежність зміни мікротвердості поверхонь тертя зразків гільз циліндрів

Після випробувань двигуни розбирали і проводили відповідно до методики мікрометраж гільз циліндрів і зважування поршневих кілець. За даними мікрометражу гільз побудовані залежності зносу гільз циліндрів (рис.3.6).

Аналіз кривих показує, що експериментальні гільзи циліндрів мають середній знос в 1,3 рази менше в порівнянні з типовими.

Дані вагового зносу верхніх поршневих кілець двигунів показують, що у двигунів з ремонтною вставкою знос поршневих кілець менше порівняно із зносом кілець в парі з хонінгувальними гільзами в 1,81 рази. Це можна пояснити меншим тертям при наявності на поверхні гільзи.



1 – з гільзами після хонінгування;

2 – з гільзами після запресовки ремонтної вставки

Рисунок 3.6 – Залежність зносу гільзи циліндрів двигунів

Висновки

1. Теоретичні дослідження показали, що для отримання якісного покриття при запресуванні в гільзу змінної пластини остання повинна мати товщину 0,7 мм, забезпечуючи при цьому натяг 0,2...0,27 мкм.

2. Дані досліджень показали, що при відновленні гільз циліндрів ремонтною вставкою мікротвердість на глибині 20...30 мкм збільшується в порівнянні з хонінгованою гільзою максимально на 22%.

3. Знос верхніх поршневих кілець з ремонтною вставкою менше порівняно із зносом кілець в парі з хонінгувальними гільзами в 1,81 рази.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна експертиза в Україні - вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, реалізація і дія яких може негативно впливати або впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, і спрямована на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання й відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Метою екологічної експертизи є запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях і об'єктах.

Об'єкти, суб'єкти, види екологічної експертизи висвітленні у законі України «Про екологічну експертизу» (9.02.1995р.) [33].

Екологічна експертиза може бути державна, громадська та інша.

Державна екологічна експертиза проводиться експертними підрозділами чи спеціально створюваними комісіями спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів та його органів на місцях на основі принципів законності, наукової обґрунтованості, комплексності, незалежності, гласності та довгострокового прогнозування.

Для участі в проведенні державної екологічної експертизи можуть залучатися відповідні органи державного управління України,

представники науково-дослідних, проектно- конструкторських, інших установ та організацій, вищих навчальних закладів, громадськості, експерти міжнародних організацій.

Висновок державної екологічної експертизи після затвердження спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів є обов'язковим для виконання.

Позитивний висновок державної екологічної експертизи є підставою для відкриття фінансування всіх програм і проектів.

Реалізація програм, проектів і рішень без позитивного висновку державної екологічної експертизи забороняється.

Громадська екологічна експертиза здійснюється незалежними групами спеціалістів з ініціативи громадських об'єднань, а також місцевих органів влади за рахунок їх власних коштів або на громадських засадах.

Громадська екологічна експертиза проводиться незалежно від державної екологічної експертизи.

Висновки громадської екологічної експертизи можуть враховуватися органами, які здійснюють державну екологічну експертизу, а також органами, що заінтересовані у реалізації проектних рішень або експлуатують відповідний об'єкт.

Інші екологічні експертизи можуть здійснюватися за ініціативою заінтересованих юридичних і фізичних осіб на договірній основі із спеціалізованими еколого-експертними органами і формуваннями.

Завданням екологічної експертизи є:

а) визначення екологічної безпеки господарювання та іншої діяльності, яка може нині або в майбутньому прямо або посередньо негативно вплинути на стан навколишнього середовища;

б) встановлення відповідності передпроектних, передпланових, проектних та інших рішень вимогам законодавства про охорону навколишнього середовища;

в) оцінка повноти й обґрунтованості передбачуваних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища та здоров'я населення, яка здійснюється Міністерством охорони навколишнього природного середовища разом із Міністерством охорони здоров'я України.

Об'єктом даної екологічної експертизи є досліджувана технологія гільз автотракторних двигунів за допомогою постановки додаткових елементів.

При ремонті і відновленні деталей двигуна основними факторами, що впливають на оточуюче середовище є:

- металевий пи́л, що утворюється при обробці деталей на токарних, шліфувальних, хонінгувальних верстатах;
- різноманітні хімічні речовини та їх розчини, що використовуються при відновленні деталей шляхом нанесення покриттів;
- ПММ та продукти їх згорання, що утворюються під час обкатки двигунів;
- шум та вібрація при роботі металообробних верстатів, обкатувальних стендів та ін.

Дана технологія порівняно із традиційним способом відновлення гільз циліндрів дозволяє:

1) зменшити час обкатки, при цьому зменшуються витрати ПММ на обкатку і забруднення ними і відпрацьованими газами оточуючого середовища;

3) зменшити втрати на тертя в двигуні (пара гільза-поршневе кільце), що позитивно впливає на екологічні властивості двигуна та його економічність, а, отже, і на кількість продуктів згорання.

4) збільшити міжремонтний ресурс гільз, що сприяє зменшенню забруднення навколишнього середовища при їх відновленні

4.2. Охорона праці та безпека з надзвичайних ситуацій

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE [34]. Безпека життя та праці сьогодні формується як меганаука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою

залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

При відновленні гільз циліндрів основними технічними засобами охорони праці в цьому випадку є захисні пристрої.

Для запобігання захоплення, удару робочими механізмами всі види передач різних верстатів і установок, які використовуються при відновленні гільз і нанесенні покриттів 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 при нормальному режимі роботи електроустановок необхідно забезпечити захисне заземлення.

При виявленні нагріву третьових деталей, 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 його не можна ліквідувати наявними на ділянці засобами, робітники будуть евакуюватися через заздалегідь передбачену необхідну кількість дверей.

Поряд з хімічними небезпечними і шкідливими факторами технологічний процес характеризується і фізичними факторами: шумом, вібрацією, запиленістю та ін.

Щоб захистити працюючих від запиленості, шуму і вібрації потрібно встановити в приміщенні вентиляцію, кондиціонери, звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки, які виготовляють із щільного матеріалу.

Також для працівників повинні проводитись всі потрібні інструктажі і навчання з охорони праці, повинен бути журнал з проведення інструктажів, з відповідними замітками.

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактора визначається як травма.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;
- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону внаслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія (А), травма (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно (рис.4.1).

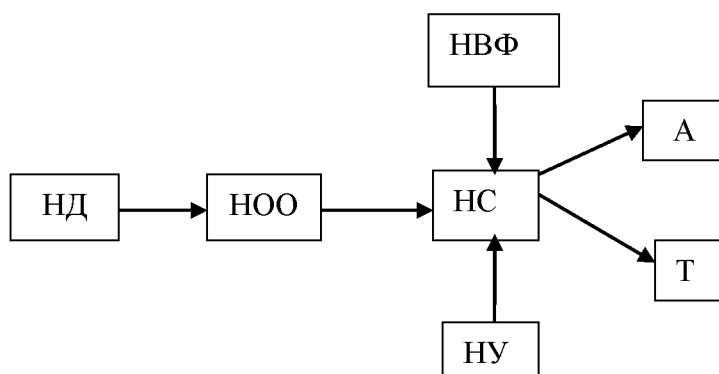


Рисунок 4.1 - Блок-схема формування та виникнення травмонебезпечних аварійних ситуацій: НВФ – небезпечний виробничий фактор; НУ – небезпечні умови; НД – небезпечні дії; НО – небезпечні обставини; НС – небезпечна ситуація; А – аварія; Т – травма.

Основні небезпеки, які виникають під час відновлення гільз циліндрів автотракторних двигунів приведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1 - Аналіз процесів формування травмонебезпечних ситуацій в технологічному процесі

Вид робіт, виробничий підрозділ, робоче місце, виробниче обладнання, склад агрегату	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова НУ	Небезпечна дія НД	Небезпечна ситуація НС		
1	2	3	4	5	6
Приготування змінної пластини	Розгортання, виривання пластини НУ	Працівник доторкнув- ся до пластини НД	Подразне- ння,удар	Травма Т	Провести інструктаж з питань охорони праці. Робота з змінними пластинами.

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6
Нанесення зносостійкого покриття на поверхню гільзи	Поява на корпусі верстата електричного струму НУ-1 Робота з рухомими частинами верстата НУ-2	Працівник доторкнувся до корпусу НД-1 Працівник доторкнувся до швидко-обертової частини верстата НД-2	Ураження електричним струмом НС-1 Механічна дія рухомої частини верстата на тіло працівника НС-2	Травма Т	Регулярна перевірка стану заземлення установки та ізоляція проводів. Встановлення захисного обладнання на верстаті. Проведення інструктажу з питань охорони праці

Запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;
- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;
- 3) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;
- 4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;

4.3. Техніко-економічне обґрунтування ефективності відновлення гільз циліндрів запресуванням ремонтної вставки

Техніко-економічна оцінка проведена у відповідності з рекомендаціями щодо визначення економічної ефективності підвищення довговічності сільськогосподарських машин [34].

Річний економічний ефект від впровадження розробленої технології визначали за формулою:

$$E = [(c_1 + E_n \kappa_1) - (c_2 + E_n \kappa_2)] B_T, \quad (4.19)$$

де c_1 і c_2 – собівартість нової та відновленої гільзи;

$E_n = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень [34];

B_T – річний обсяг відновлених деталей за розробленою технологією, шт.

Затрати C_y на виготовлення установки для відновлення гільз циліндрів визначали за такою залежністю:

$$C_y = C_k + C_{od} + C_{nd} + C_{cb} + C_{zv}, \quad (4.20)$$

де C_k – вартість виготовлення корпусних деталей, грн.;

C_{od} – витрати на виготовлення оригінальних деталей, грн.;

C_{nd} – ціна великих покупних деталей і вузлів, грн.;

C_{cb} – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих на складанні конструкції, грн.;

C_{on} – загальновиробничі накладні витрати на виготовлення конструкції, грн.

Розраховані за вказаною формулою витрати склали 3250 грн.

Питомі капіталовкладення визначали по залежностях [34]:

$$k_1 = \frac{C_{O1}}{B_{T1}} \text{ де } C_{O1} \text{ і } C_{O2} \text{ – вартість основних виробничих фондів за діючої}$$

технології виготовлення і розробленої технології відновлення;

B_{T1} і B_{T2} – річна програма виготовлення та відновлення за розробленою технологією.

Питомі капіталовкладення склали $k_1 = 1,67$ грн.; $k_2 = 1,22$ грн.

Собівартість відновлення C деталі визначали по наступній формулі:

$$C = C_{z.n.} + C_m + C_{p.f.} + C_{n.p.} + C_{i.v.}, \quad (4.22)$$

де $C_{z.n.}$ – заробітна плата виробничих робітників, зайнятих в процесі відновлення, грн.;

C_m – витрати на використанні при відновленні матеріали, грн.;

$C_{p.f.}$ – вартість ремонтного фонду з урахування витрат на придбання обладнання, грн.;

$C_{n.p.}$ – накладні витрати, грн.;

$C_{i.e.}$ – інші витрати, грн.

Собівартість однієї гільзи складає $C_1 = 470$ грн., а відновленої $C_2 = 120$ грн.

Економічний ефект від впровадження розробленої технології складе:

$$E = [(470 + 0,15 \cdot 1,67) - (120 + 0,15 \cdot 1,22)] \cdot 80 = 28020 \text{ грн.},$$

де 80 – річний обсяг відновлення корпусних деталей різної сільськогосподарської техніки.

Економічний ефект на одиницю продукції становить 350 грн.

Основні показники техніко-економічної ефективності відновлення чавунних деталей наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Показники техніко-економічної ефективності

Показники економічної ефективності	Значення показників	
	Існуюча технологія	Запропонована технологія
1. Річний обсяг відновлення, шт.	80	80
2. Собівартість однієї деталі, грн.	470	120
3. Питомі капітальні вкладення, грн.	1,67	1,22
4. Річний економічний ефект, грн.		28020
5. Економічний ефект на одиницю продукції, грн.		350

Висновки

1. Вартість однієї гільзи циліндра, відновленої по розробленій технології в 3,9 рази нижча ніж вартості нової деталі.

2. Економічний ефект від впровадження розробленої технології склав 28020 грн. при річному обсязі впровадження 80 деталей.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Метод відновлення посадок з'єднань деталей дизельних двигунів постановкою додаткових елементів в сучасних умовах є кращим, оскільки його можна реалізувати на технологічному обладнанні діючих ремонтних підприємств.

2. Теоретичні дослідження показали, що для отримання якісного покриття при запресуванні в гільзу циліндра змінної пластини остання повинна мати товщину 0,7 мм, забезпечуючи при цьому натяг 0,2...0,27 мкм.

3. Дослідження показали, що при відновленні гільз циліндрів ремонтною вставкою мікротвердість на глибині 20...30 мкм збільшується в порівнянні з хонінговою гільзою максимально на 22%. Знос верхніх поршневих кілець з ремонтною вставкою менше порівняно із зносом кілець в парі з хонінгувальними гільзами в 1,81 рази.

4. Технологічний процес відновлення циліндра змінним дзеркалом включає в себе наступні основні операції: розточення циліндра під запресовку змінною пластини; підготовку змінною пластини певної форми і розміру до постановки в циліндр; установку змінної пластини в направляюче пристосування і згортання її в циліндр; установку пристосування зі згорнутої пластиною на деталь і запресовку пластини в циліндр; обробку сталеві пластини в циліндрі.

5. Вартість однієї гільзи циліндра, відновленої по розробленій технології в 3,9 рази нижча ніж вартості нової деталі. Економічний ефект від впровадження розробленої технології склав 28020 грн. при річному обсязі впровадження 80 деталей.